



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

MONTAJE, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

Axel Gabriel Rodríguez Chinchilla

Asesorado por el Ing. José Víctor Orozco Fuentes

Guatemala, julio de 2008.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MONTAJE, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS
PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

AXEL GABRIEL RODRÍGUEZ CHINCHILLA

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ VÍCTOR OROZCO FUENTES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JULIO DE 2008.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. José Ismael Véliz Padilla
EXAMINADOR	Ing. Hector Alexander Juárez Reyes
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**MONTAJE, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS PARA MEZCLA
ASFÁLTICA EN CALIENTE,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, el 24 de julio de 2007.

A handwritten signature in dark ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above the printed name.

Axel Gabriel Rodríguez Chinchilla

Guatemala, 14 de Noviembre de 2,007

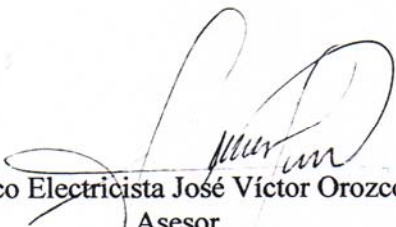
Ingeniero Fredy Mauricio Monroy Peralta
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Estimado Ingeniero Monroy:

Por medio de la presente sírvase tomar nota que he revisado el trabajo de graduación del estudiante Axel Gabriel Rodríguez Chinchilla, quien se identifica con el carné 1996-17202, titulado: "MONTAJE, OPREACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE".

En mi calidad de asesor, considero que el trabajo presentado por el estudiante Rodríguez Chinchilla, llena los objetivos planteados y me dirijo a Usted para que se sirva dar visto bueno para que el presente trabajo sea presentado a las máximas autoridades de la Facultad, a fin de que continúe con los trámites correspondientes para su aprobación.

Agradeciendo la atención a la presente, se suscribe atentamente:




Ing. Mecánico Electricista José Víctor Orozco Fuentes
Asesor
Colegiado 2,692



FACULTAD DE INGENIERIA

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado MONTAJE, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, del estudiante **Axel Gabriel Rodríguez Chinchilla**, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área

Guatemala, enero de 2008.

/behdei



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria al Trabajo de Graduación titulado **Montaje, operación y mantenimiento de plantas para mezcla asfáltica en caliente**, del estudiante **Axel Gabriel Rodríguez Chinchilla**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
DIRECTOR



Guatemala, julio de 2008

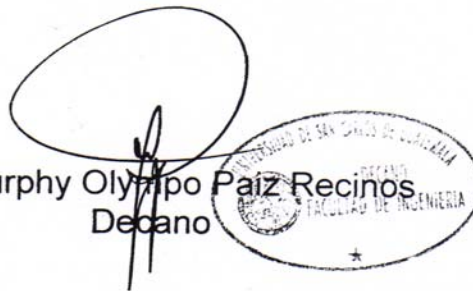
/behdei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **MONTAJE, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**, presentado por el estudiante universitario **Axel Gabriel Rodríguez Chinchilla**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, julio de 2008

ACTO QUE DEDICO A

DIOS: A ti Dios mío y señor mío, fuente inagotable de amor, la fuerza más grande del universo. Permíteme ser instrumento tuyo y permanecer en ti.

LA VIRGEN MARÍA Madre y señora nuestra, cúbrenos con tu manto.

SANTO TOMÁS DE AQUINO Y SAN RAYMUNDO DE PEÑAFORT

MIS PADRES Gabriel Rodríguez Díaz
Amelia Sabina Chinchilla Chávez
Gracias por confiar en mí.

MIS HERMANOS Rodolfo, Lety, Ery, Maucelio, Otto, Eduardo, Verónica, Tere e Iliana. Los quiero mucho.

MI NOVIA Vicky, por su amor, ternura y comprensión.

**MIS SOBRINOS Y
CUÑADOS** Gracias por su cariño.

**LA FACULTAD DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA.**

AGRADECIMIENTOS A:

El Ing. José Víctor Orozco Fuentes, por su asesoría y apoyo incondicional en la realización de este trabajo.

El Arq. César Alvarado, por su apoyo y colaboración.

SIGMA CONSTRUCTORES, S.A., por darme la oportunidad de poner en práctica mis conocimientos dentro de su organización.

ERICO, S.A., por ayudarme a desarrollarme en el campo de la ingeniería.

Los Ingenieros: Ery Rodríguez Chinchilla.

Pedro Pablo De León.

Carlos Sosa.

Edwin Flores Arrazola.

Por compartir sus conocimientos y experiencia con mí persona.

Todos los ingenieros de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Mis compañeros y amigos, en especial a: Julio Torres, Edgar Murga y Oswaldo Zelaya Mira.

Mis amigos, por los momentos compartidos.

Todas las personas que han compartido experiencias conmigo durante mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XIII
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN.....	XXVII

1. GENERALIDADES SOBRE PLANTAS PARA ASFALTO, Y LA PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

1.1 Plantas para mezcla asfáltica en caliente.....	1
1.2 Surgimiento de las plantas para mezcla asfáltica en caliente.....	2
1.3 Clasificación de las plantas para mezcla asfáltica en caliente.....	4
1.4 Mezcla asfáltica.....	6
1.4.1 El asfalto.....	8
1.4.2 Agregados.....	13
1.4.2.1 Los áridos.....	15
1.4.2.2 Trituración.....	17
1.4.3 Métodos de fabricación de mezcla asfáltica.....	17
1.4.4 Producción en frío.....	18
1.4.5 Producción en caliente	19
1.5 Descripción de los componentes principales de las plantas para mezcla asfáltica en caliente.....	19
1.5.1 Sistema de alimentación y dosificación de agregados.....	20
1.5.2 Secador de agregados.....	22
1.5.3 Sistemas colectores de polvo.....	23
1.5.4 Sistemas de cribado.....	24

1.5.5	Silos de almacenamiento de agregados cribados.....	25
1.5.6	Sistema de alimentación de relleno mineral.....	25
1.5.7	Sistema de almacenamiento y calentamiento de CA.....	25
1.5.8	Sistema dosificador de cemento asfáltico.....	27
1.5.9	Mezclador.....	28
1.5.10	Tambor secador-mezclador.....	29
1.5.11	Sistema de control.....	30
1.5.12	Transportador escalonado y silo de almacenamiento.....	32

2. MONTAJE DE LAS PLANTAS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

2.1	Consideraciones generales para puesta en marcha de una planta para mezcla asfáltica en caliente.....	35
2.1.1	Consideraciones legales.....	35
2.1.2	Estudio de mercado.....	36
2.1.3	Estudio económico-financiero.....	36
2.1.4	Estudio técnico.....	36
2.1.5	Consideraciones ambientales.....	37
2.2	Selección de la planta.....	38
2.3	Ubicación de la planta.....	38
2.4	Posicionamiento de la planta.....	39
2.5	Cimentaciones.....	41
2.6	Montaje de la planta.....	43
2.7	Realización de rampa para alimentación de agregados.....	45
2.8	Instalación del sistema de aire comprimido.....	46
2.8.1	Instalación de compresores.....	47
2.8.2	líneas de aire comprimido.....	48
2.9	Montaje del sistema de almacenamiento, alimentación y calentamiento del cemento asfáltico.....	50

2.9.1	Tanques de cemento asfáltico.....	50
2.9.2	Tuberías de cemento asfáltico.....	51
2.9.3	Instalación de la caldera.....	54
2.10	Montaje del sistema de alimentación de combustible.....	55
2.10.1	Tanques de combustible.....	56
2.10.2	Tuberías de combustible.....	57
2.11	Montaje de caseta de control.....	57
2.12	Montaje de silo y transportador escalonado.....	58
2.13	Montaje de báscula.....	60
2.14	Instalación de generadores.....	62
2.15	Instalación de sistemas de iluminación.....	64
2.16	Protección contra descargas electroatmosférica.....	65
2.17	Desmontaje y transporte de plantas para mezcla asfáltica en caliente	67

3. OPERACIÓN DE LAS PLANTAS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

3.1	Proceso de producción de mezcla asfáltica en caliente.....	71
3.1.1	Producción en plantas intermitentes.....	72
3.1.2	Producción en plantas continuas de tambor secador mezclador.....	74
3.1.3	Proceso de producción de mezcla asfáltica en caliente con reciclado.....	76
3.2	Funcionamiento del sistema de alimentación de agregados.....	78
3.2.1	Dosificación de agregados.....	80
3.2.2	Utilización de vibradores en tolvas.....	81
3.2.3	Bandas transportadoras.....	82
3.3	Proceso de secado y mezclado.....	84
3.3.1	Tambor secador-mezclador.....	85

3.3.2	Conjunto del quemador.....	91
3.4	Sistema colector de finos.....	99
3.4.1	Colector de polvo vía húmeda.....	99
3.4.2	Colector de finos vía seca.....	100
3.5	Sistema de almacenamiento y alimentación de combustible.....	107
3.5.1	Medición de volúmenes de combustible.....	109
3.6	Funcionamiento del sistema de almacenamiento, calentamiento y dosificación de cemento asfáltico.....	110
3.6.1	Calentamiento de los tanques de cemento asfáltico.....	111
3.6.1.1	Aislamiento.....	113
3.6.1.2	Control de temperatura.....	113
3.6.1.3	Sistema de carga-descarga de cemento asfáltico....	114
3.6.2	Caldera.....	114
3.6.3	Dosificación de cemento asfáltico.....	116
3.6.4	Medición de contenido de cemento asfáltico.....	118
3.7	Funcionamiento del transportador escalonado y silos de almacenamiento.....	120
3.8	Funcionamiento de los sistemas de control.....	123
3.8.1	Instalación del <i>Hardware</i>	126
3.8.2	Instalación del <i>Software</i>	130
3.8.3	Identificación de pantallas.....	131
3.8.4	Código de acceso y registro de usuarios.....	134
3.8.5	Calibración de la planta.....	135
3.9	Funcionamiento de elementos complementarios.....	136
3.9.1	Cargador frontal.....	136
3.9.2	Camiones.....	137

4. MANTENIMIENTO DE LAS PLANTAS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

4.1	Importancia del mantenimiento de las plantas para mezcla asfáltica en caliente.....	139
4.2	Implementación del mantenimiento predictivo para plantas de mezcla asfáltica en caliente.....	140
4.2.1	Planificación.....	142
4.2.2	Mantenimiento preventivo.....	142
4.2.2.1	Rutinas de mantenimiento.....	143
4.2.2.1.1	Lubricación.....	143
4.2.2.1.2	Servicios y reparaciones menores.....	147
4.2.2.1.3	Mantenimiento de motores eléctricos.....	152
4.2.2.1.4	Inspecciones “VOSO”.....	153
4.2.2.1.5	Mantenimiento de los elementos de medición.....	154
4.2.2.1.6	Limpieza.....	154
4.2.2.1.7	Pintura.....	156
4.2.2.2	Control de condición.....	158
4.2.2.2.1	Análisis de vibración.....	158
4.2.2.2.2	Termografía.....	161
4.2.2.2.3	Análisis de aceite.....	161
4.2.3	Mantenimiento correctivo.....	163
4.2.3.1	Calibración del quemador.....	164
4.2.3.2	Ajuste de la presión del combustible.....	164
4.2.3.3	Reparaciones de bombas.....	165
4.2.3.4	Reparaciones mayores.....	166
4.2.4	Mantenimiento por avería.....	166
4.2.5	Análisis predictivo.....	167
4.3	Eficiencia y eficacia del mantenimiento.....	167

4.3.1	Frentes de mantenimiento.....	168
4.3.2	Capacitación de personal de mantenimiento.....	169
4.3.3	Capacitación de personal operario.....	169
4.4	Suministros, herramienta y equipo de mantenimiento básico a utilizar en las plantas para mezcla asfáltica en caliente.....	170
4.4.1	Lubricantes y grasas.....	170
4.4.2	Correas.....	173
4.4.3	Taller de reparaciones.....	173

5. IMPACTO AMBIENTAL, SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL, EN LA OPERACIÓN DE PLANTAS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

5.1	Plantas para mezcla asfáltica en caliente y su impacto al medio ambiente.....	181
5.1.1	Área de influencia.....	182
5.1.2	Consideración de los recursos ambientales.....	183
5.1.2.1	Hídrico.....	183
5.1.2.2	Edáfico.....	184
5.1.2.3	Lítico.....	184
5.1.2.4	Sistema atmosférico.....	185
5.1.2.5	Biótico.....	185
5.1.2.6	Elementos audiovisuales.....	185
5.1.2.7	Recursos culturales.....	186
5.1.3	Medidas de mitigación sobre la ubicación de la planta.....	186
5.1.3.1	Recuperación ambiental.....	187
5.1.3.2	Programa de control ambiental.....	188
5.1.4	Operación de las plantas para mezcla asfáltica en su impacto al medio ambiente.....	189
5.1.4.1	Manejo de desechos.....	191

5.1.4.1.1	Residuos líquidos.....	191
5.1.4.1.2	Residuos sólidos.....	194
5.1.4.2	Vibraciones.....	195
5.1.4.3	Olores.....	195
5.1.4.4	Contaminación visual.....	198
5.1.4.5	Ruido.....	198
5.1.4.6	Polvo.....	199
5.1.4.7	Emanación de gases.....	199
5.1.5	Plan de contingencias.....	200
5.2	Seguridad y salud ocupacional.....	201
5.2.1	Actividades peligrosas dentro de la planta.....	203
5.2.2	Procedimientos para la salud y salud ocupacional.....	204
5.2.2.1	Manejo de derivados del petróleo.....	205
5.2.2.2	Manejo de altos voltajes.....	205
5.2.2.3	Manipulación de gases comprimidos.....	208
5.2.2.4	Manejo de herramienta y equipo.....	211
5.2.2.5	Tránsito dentro de la planta.....	212
5.2.2.6	Lineamientos de higiene y comportamiento del personal dentro de la planta.....	214
5.2.3	Medidas y dispositivos de seguridad.....	215
5.2.3.1	Alarmas.....	215
5.2.3.2	Iluminación.....	216
5.2.3.3	Equipo de protección personal.....	216
5.2.3.4	Sistema de protección contra incendios.....	218
5.2.3.5	Señalización.....	221
5.3	Plan de reducción de accidentes.....	222
5.3.1	Capacitación de personal.....	223
5.3.2	Análisis de riesgos.....	224
5.3.3	Administración del recurso humano.....	224

CONCLUSIONES.....227
RECOMENDACIONES.....231
BIBLIOGRAFÍA.....233
ANEXOS.....237

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Identificación de componentes del sistema de alimentación y dosificación de ilustraciones.....	21
2. Sistema de dosificación de una planta de tambor mezclador, de tres tolvas, vista lateral.....	22
3. Calentamiento de cemento asfáltico por combustión directa y sub-sistema de calentamiento de aceite térmico.....	22
4. Bomba de engranes, dosificadora de cemento asfáltico.....	27
5. Vista exterior de un tambor secador-mezclador.....	29
6. Muestra de una pantalla de trabajo, para una planta de tambor mezclador.....	31
7. Conjunto de transportador escalonado y silo de almacenamiento.....	33
8. Vista en planta de la instalación típica, de una planta de tambor mezclador.....	40
9. Diagrama de la posición de cimientos.....	42
10. Montaje para operación de un tambor mezclador.....	44
11. Rampa de carga de agregados.....	45
12. Construcción de caseta para compresores.....	47
13. Filtro y lubricador de línea neumática.....	49
14. Tuberías encamisadas.....	52
15. Instalación independiente de caldera.....	55
16. Báscula camionera.....	61
17. Apilamiento de agregados.....	79
18. Compuerta dosificadora.....	80
19. Motovibrador y su sistema de accionamiento.....	82
20. Elementos para tensionar las bandas.....	84

21. Vista interior del tambor, lado de entrada.....	86
22. Vista interior del tambor, lado de salida.....	87
23. Dimensiones de las zonas de un tambor secador-mezclador.....	88
24. Posición de rodos del tambor.....	89
25. Esquema de los componentes de un quemador.....	93
26. Posición clásica de un quemador.....	98
27. Componentes del filtro de mangas.....	102
28. Funcionamiento del filtro de mangas.....	104
29. Sistema de alimentación de combustible.....	109
30. Diagrama del funcionamiento del sistema de calentamiento del cemento asfáltico.....	112
31. Componentes principales de la caldera.....	115
32. Transportador escalonado, sin silo de almacenaje.....	121
33. Sistema de control, componentes.....	124
34. Componentes físicos del sistema de control.....	128
35. Pantalla principal del sistema de control.....	131
36. Parámetros registrados en pantalla principal.....	132
37. Parámetros de monitoreo constante de pantalla principal.....	134
38. Tensión de las correas.....	149
39. Colocación correcta de las correas según el cause.....	150
40. Revisión de los motores eléctricos.....	152
41. Inspecciones “VOSO”.....	153
42. Análisis de vibración.....	159
43. Calibración de la presión del combustible.....	165
44. Aplicación de soldadura.....	175
45. Equipo de protección personal.....	217

TABLAS

I. Parámetros de medición de la calidad de agregados.....	15
II. Métodos de diseño de fabricación de mezcla asfáltica.....	17
III. Relación de presión de los combustibles.....	92
IV. Rangos de temperatura según el material de la manga.....	106
V. Capacidad de las calderas.....	115
VI. Factores de corrección de volumen para asfalto.....	118

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Amperios
CA	Cemento asfáltico
CC	Corriente continua
CPM	Ciclos por minuto
CPU	Unidad de procesamiento de datos
°C	Grados centígrados
EPP	Equipo de protección personal
Gls.	Galones
Gls. / min.	Galones por minuto
Kg.	Kilogramo
Kgf / cm ²	Kilogramos fuerza sobre centímetro cuadrado
Lbs.	Libras
Lts.	Litros
m.	Metros
mg / m ³	Miligramo por metro cúbico
mm.	Milímetros
m ³	Metros cúbicos
Ohms	Ohmios
PH	Dureza del agua
Psi	Libras por pulgada cuadrada
PVC	Cloruro de polivinilo
RPM	Revoluciones por minuto
Seg.	Segundos
S.S.U.	Segundos Saybolt Universales
Ton / Hora	Toneladas por hora
Vcc	Voltaje corriente continua

GLOSARIO

Agregados	Materiales duros e inertes, áridos utilizados en la fabricación de mezcla asfáltica.
Agregado pétreo	Árido compuesto de partículas duras, de forma y tamaño estable.
Árido	Material pétreo compuesto de partículas duras, de forma tamaño estable.
Asfalto	Sustancia negra, bituminosa, sólida o semisólida, dependiendo de la temperatura, cuyos componentes predominantes son betúmenes que se dan en la naturaleza o por la destilación de petróleo, utilizado en la fabricación de cementos asfálticos.
Atomizador	Elemento utilizado para dividir en partes sumamente pequeñas, especialmente un líquido.
Bachada	Volumen que genera un mezclador de planta intermitente por período.
Calibración	Ajuste de la planta de asfalto con el fin que tenga la precisión deseada al operar.

Canastas	Estructura metálica que se utiliza para el anclaje de elementos que queda fundida en los cimientos.
Cemento asfáltico	Material obtenido por refinación de residuos de petróleo, y que debe satisfacer requerimientos establecidos para su uso en la fabricación de mezcla asfáltica en caliente. Para su trabajabilidad es necesario su calentamiento.
Cribado	Seleccionar por tamaños los agregados pétreos por medio de sistemas mecánicos de cribas; tamices.
Emulsión asfáltica	Dispersión por medios mecánicos de asfalto en agua, a la cual se incorpora un emulsificador para mantener estable la dispersión.
Energización	Alimentar con energía eléctrica un circuito o cualquier elemento conductor.
Extractor	Sistema mecánico compuesto por un ventilador y ducto; accionado por un motor eléctrico, encargado de retirar los gases de combustión del secador.
Filler	Agregado extremadamente fino.

Granulometría	Distribución porcentual en masa de los distintos tamaños de partículas que constituyen un árido, determinada de acuerdo con método normalizado de agregados pétreos: método para tamizar y determinar la granulometría.
Luminaria	Elemento de diversas formas y tipos que contiene determinado número de lámparas, utilizado para proyectos de iluminación.
Mangas	Elementos de forma cilíndrica y larga de nomex o poliéster, que sirven para el filtrado de partículas finas en los filtros vía seca.
Mampostería	Sistema de construcción tradicional, a base de piedras y morteros de cal y cemento.
Manufacturado	Producto obtenido de la transformación de materias primas por medios mecánicos.
Mitigación	Disminución, suavización o limitación de los impactos ambientales adversos.
Overol	Traje de tela gruesa, de una sola pieza, que cubre la mayor parte del cuerpo.
Palpador	Pieza metálica o de otro material, utilizada para controlar algún proceso, estando en contacto directo.

Pin Master	Elemento mecánico utilizado para el enganche entre el remolque y el tractocamión.
Plantas de asfalto	Plantas utilizadas para la producción de mezcla asfáltica en caliente.
Predictivo	Mantenimiento con actividades y tareas específicas. Pretende predecir posibles fallas.
Proceso MAG	Proceso de soldadura, llamado de esta manera por sus siglas en inglés <i>Metal Active Gas</i> .
Proceso MIG	Proceso de soldadura, llamado de esta manera por sus siglas en inglés <i>Metal Inert Gas</i> .
Proceso TIG	Proceso de soldadura, llamado de esta manera por sus siglas en inglés <i>Tungsten Inert Gas</i> .
Quemador	Dispositivo mecánico, utilizado para crear una llama de combustión estequiométrica.
Quinta rueda	Chapa montada sobre el tractocamión que sirve de enganche entre éste y el remolque a través del <i>pin master</i> .

Segregación	Pérdida de la homogeneidad de la mezcla, que se da por la separación de agregados de diferente granulometría.
Sistema neumático	Sistema que opera a base de presión de aire comprimido.
Tribología	Estudio de todo lo relacionado a la lubricación, fricción y desgaste, especialmente en lo que se refiere a elementos de máquinas.
Tarado	Parte del peso de un producto que corresponde al envase o medio de transporte, éste último en el caso de la mezcla asfáltica.

RESUMEN

Las “Plantas de Asfalto” son el conjunto de elementos, dispositivos, mecanismos, equipos y sistemas dispuestos de tal manera para producir mezcla asfáltica en caliente. La mezcla asfáltica en caliente, es la capa de superficie para pavimentos constituida de agregados pétreos mezclados con material bituminoso, en planta central y en caliente. Puede ser de textura abierta o cerrada según las características de graduación de los agregados pétreos. Las mezclas asfálticas en caliente están constituidas por cemento asfáltico y agregados pétreos. Los agregados pétreos se dividen en: gruesos, finos y rellenos minerales; el cemento asfáltico es un ligante denso que se emplea en la preparación de las mezclas y necesita calentarse para obtener fluidez.

El principio básico de las plantas para mezcla asfáltica en caliente es la dosificación exacta de los agregados, regularmente por peso, al igual la dosificación del cemento asfáltico. Las plantas de asfalto pueden clasificarse de acuerdo a: forma de producción, su capacidad de producción y de acuerdo a su movilidad. Por su forma de producción, se dividen en continuas (convencionales y de tambor secador-mezclador) e intermitentes (de bachada). Según su capacidad de producción, ésta se da en Toneladas por hora y de acuerdo a su movilidad en portátiles y estacionarias.

Las plantas continuas como su nombre lo indica, producen de manera continua, en las de tambor secador-mezclador el proceso de secado y mezclado se realiza conjuntamente en el tambor, no así en las convencionales, donde los materiales son previamente secados antes de ser mezclados. Las

intermitentes producen por bachada; los agregados son secados y posteriormente son mezclados con el cemento asfáltico en un recipiente (mezclador), después la mezcla es vertida al camión.

Muchos de los elementos que componen las plantas de asfalto son similares en su concepción, no importando el tipo de plata, las variantes se dan en los elementos que se utilizan en el secado y mezclado y en la forma de estos procesos, otra variante es el equipo utilizado en la recolección de polvos.

Para la implementación y posterior montaje de una planta debe tomarse en cuenta: las consideraciones legales, mercado, estudio económico-financiero, estudio técnico y las consideraciones ambientales. Esto con el fin de lograr la correcta selección y ubicación de la planta. El montaje debe realizarse de forma planificada tomando en consideración las medidas de seguridad industrial necesarias.

En la actualidad, las plantas de mayor uso son del tipo de Tambor secador-mezclador, se ha logrado llegar a producir hasta 600 ton/hora pudiendo producir todos los diferentes tipos de mezcla y volúmenes. El proceso de producción de mezcla inicia con la correcta dosificación de los agregados en frío, posteriormente son secados y elevados hasta los silos de material cribado en caliente para luego ser depositados en el mezclador, para conformarse la mezcla, luego ésta es vertida al camión o al transportador escalonado. Si la planta es de tambor secador-mezclador, el secado se realiza en la primera sección del tambor, éste cuenta con un quemador en el extremo de entrada y por la acción de las tabllas y el giro de éste, los agregados son secados, en la segunda sección y por el mismo efecto, son mezclados con el cemento asfáltico. Los sistemas de control cada día son más sofisticados, controlan la dosificación de los agregados y la del cemento asfáltico. Además monitorean

las temperaturas de mezclado y del filtro de mangas, si se cuenta con este tipo de colector de polvo, la cantidad de humedad de los agregados, la cantidad de producción de mezcla en ton / hora parcial y total y la temperatura final de salida de la mezcla.

La implementación del mantenimiento predictivo como proceso nos lleva a la necesidad de actividades propias del proceso, como: monitoreo de condición, análisis predictivo; además de integrar los mantenimientos, preventivo, correctivo y por avería. Las consideraciones respecto al personal tanto de mantenimiento como de operación son necesarias, entre las que destacan: frentes de mantenimiento y capacitación de personal.

Por último, hay que tomar en cuenta, el hecho de que toda actividad humana, conlleva a que se den impactos ambientales benéficos como dañinos. La contaminación ambiental, es cualquier deterioro de la calidad ambiental este o no presente algún riesgo para la salud pública. Por la naturaleza del proceso de producción de mezcla asfáltica en caliente, son considerables los impactos ambientales, debiendo identificar el área de influencia, daños a los recursos ambientales, para establecer las medidas de mitigación sobre la ubicación de la planta, inicialmente, y pensar en la recuperación ambiental. Durante la operación de la planta será necesario respetar los procedimientos: manejo de desechos, control de la contaminación de agua, vibraciones, olores, contaminación visual, ruido, polvo y emanación de gases, como mínimo, y establecer un plan de contingencias y medidas de mitigación. La seguridad y salud ocupacional nos lleva a evaluar los riesgos en la operación de la planta y seguir procedimientos importantes como: manejo de derivados del petróleo, manejo de altos voltajes, manipulación de gases, manejo de herramienta y equipo, tránsito dentro de la planta, entre otros; esto con el fin de preservar la salud y seguridad de los trabajadores.

OBJETIVOS

GENERAL

Realizar un estudio que especifique, todas las consideraciones básicas sobre el montaje, operación y mantenimiento de plantas para la producción de mezcla asfáltica en caliente.

ESPECÍFICOS

1. Dar a conocer las generalidades, sobre las plantas de asfalto y la mezcla asfáltica en caliente.
2. Distinguir los procesos de producción de mezcla asfáltica, tanto en frío como en caliente.
3. Conocer la constitución, formas y estructuras de los distintos equipos y sistemas que conforman las plantas de asfalto, pudiendo identificar las principales diferencias, según el tipo de planta.
4. Presentar todas las consideraciones que deben tomarse en cuenta para la implementación de una planta de asfalto, con el fin de evitar problemas posteriores a su montaje, instalación y operación.
5. Describir las consideraciones básicas para la correcta selección y ubicación de una planta y los lineamientos para las actividades del montaje de las plantas de asfalto.

6. Describir la relación que existe en el buen funcionamiento y operación de todos los equipos, mecanismos, sistemas de la planta y la calidad en la producción.
7. Establecer las ventajas de las plantas continuas del tipo tambor secador-mezclador, en relación al proceso de producción de mezcla asfáltica en caliente.
8. Describir el funcionamiento y operación de los principales sistemas de las plantas de tambor secador-mezclador.
9. Establecer la importancia del mantenimiento en sí, y de la implementación del mantenimiento predictivo como proceso, en las plantas de mezcla asfáltica en caliente, describiendo las actividades que lo conforman.
10. Describir los suministros y herramientas básicas para el proceso de mantenimiento predictivo en las plantas.
11. Poner de manifiesto el posible impacto ambiental que conlleva el mantenimiento y operación de las plantas de asfalto, describiendo aspectos como: la consideración de los aspectos ambientales, área de influencia, medidas de mitigación ambiental, recuperación y programas de control ambiental.
12. Describir las medidas de seguridad e higiene industrial necesarias, que deben seguirse en la operación y mantenimiento de las plantas de asfalto.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del presente trabajo, se enfoca en especificar las consideraciones básicas, para el correcto montaje, operación y mantenimiento de las plantas para mezcla asfáltica en caliente. Sin dejar de mencionar las generalidades sobre la mezcla en sí y las consideraciones sobre el impacto ambiental. Con esto se pretende ayudar a la instalación de nuevas plantas, y promover de esta forma el desarrollo a través de la construcción de proyectos viales.

Desde el inicio de los tiempos, el hombre ha sido un agente modificador, aprovechando los recursos para mejorar su calidad de vida; creando instrumentos, artefactos, dispositivos y equipos para este fin. El surgimiento de las “Plantas de Asfalto”, no es la excepción; además, la aparición del automotor con rodaje neumático, que obtuvo el favor del público y que reclamó buenos caminos, conjuntamente con el transporte comercial que creó la dependencia “camino-camión”, esto llevó a la necesidad de mecanizar el proceso de producción de mezcla asfáltica. En la actualidad, los proyectos viales son trascendentales para el desarrollo de una nación, permitiendo el intercambio comercial, socio-cultural, además de promover el desarrollo en todas sus concepciones, este hecho reclama la producción de mezclas en caliente, principalmente por sus características.

En Guatemala existen pocas empresas involucradas en la producción de mezcla asfáltica en caliente, la información es limitada, existe poco personal calificado; estos hechos conllevan a malos procedimientos durante el montaje, operación y mantenimiento; generando altos costos de producción, limitándose la oferta y demanda del producto.

Las generalidades contenidas en el primer capítulo, pretenden mejorar la comprensión de la naturaleza de las plantas de asfalto y de la mezcla en sí; en el segundo capítulo, se exponen todas las consideraciones sobre la implementación de las plantas y su montaje; posteriormente, el tercer capítulo contiene todo lo relacionado a los procesos de producción y operación, consideraciones básicas, pero a la vez esenciales, que nos muestra el funcionamiento principalmente de las plantas de tambor secador-mezclador, por el hecho de que éstas son las más utilizadas hoy en día por su gran capacidad de producción y versatilidad. Por supuesto, todo proceso manufacturero no puede realizarse sin el correcto mantenimiento de todos los equipos participantes; por esta razón, en el cuarto capítulo se describen todas las actividades necesarias para la implementación del mantenimiento predictivo como proceso. Por último en el quinto capítulo, se establece todo lo relacionado al impacto ambiental, generado por el montaje, operación y mantenimiento de las plantas para mezcla asfáltica en caliente, exponiendo los factores ambientales que están en riesgo y las medidas de mitigación a tomar para reducir y/o eliminar los impactos ambientales adversos. Además, se tratan temas sobre la seguridad y salud ocupacional, que es sin duda, un tema esencial de todo proceso.

1. GENERALIDADES SOBRE PLANTAS PARA ASFALTO Y LA PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

Plantas para mezcla asfáltica en caliente

Las “Plantas de asfalto”, como comúnmente suele llamárseles en el mercado, tanto por los fabricantes, comerciantes y operadores de estos equipos, la mayoría de veces refiriéndose a Las Plantas para la producción de mezcla asfáltica en caliente, difieren de las plantas para la producción de asfalto en frío, en que los agregados son secados y mezclados a temperaturas de entre 150 °C a 180° C, dependiendo esto de las condiciones de diseño de la planta y de las especificaciones para el tipo de mezcla a producir.

Técnicamente, podríamos describir una “Planta de Asfalto” como el conjunto de elementos, dispositivos, mecanismos, equipos y sistemas dispuestos de alguna manera para producir mezcla asfáltica en caliente.

El principio básico de las plantas para mezcla asfáltica en caliente, es la dosificación exacta de los agregados, siendo, ésta por peso, al igual que la de el cemento asfáltico en una forma fluida, siendo esto en los límites de temperatura requeridos, de esta forma se obtiene una mezcla de gran calidad según el diseño establecido.

Para poder lograr esto, es necesario cuidar el buen desempeño de todos los elementos que integran la planta, desde el montaje, operación-control y mantenimiento.

1.2 Surgimiento de las plantas para mezcla asfáltica en caliente

Con el aporte intensivo del asfalto en obras viales que ocurrió a principios del siglo XIX, esto debido a dos acontecimientos casi simultáneos: El primero la aparición del automotor con rodado neumático, que sustituyó a la llanta maciza de caucho y segundo la explotación masiva del petróleo y cuya industrialización convirtió a este en productor principal de asfaltos y tomando en consideración que en el primer caso el automóvil obtuvo pronto el favor del público que reclamó buenos caminos para mayor seguridad y comodidad, además el transporte carretero comercial creó la dependencia "camino-camión" exigiendo amplias carreteras para más y mejores vehículos, en el segundo caso el petróleo produjo grandes volúmenes de asfalto aptos para un directo uso vial (cementos asfálticos) y asfaltos diluidos con las fracciones livianas (*cut-back*). Las emulsiones bituminosas de tipo aniónico aparecieron por entonces (1905) como paliativo del polvo, mientras que las catiónicas lo hicieron entre 1951 y 1957 en Europa y EE.UU. respectivamente; en Argentina las aniónicas comenzaron a producirse a mediados de la década del '30 y las catiónicas a fines del '60. Tanta actividad volcada al campo vial hizo que se hablara de la "era del automóvil y la construcción de carreteras". Los primeros trabajos asfálticos en calles y caminos fueron hechos con procesos sencillos para distribuir tanto el ligante como los áridos (a mano), apareciendo luego lanzas con pico regador y bomba manual.

El ritmo de las obras viales y la necesidad de mejorar los trabajos y reducir costos hizo progresar la operación vial. Los métodos manuales se mecanizaron apareciendo: regadores de asfalto a presión, distribuidores de piedra, aplanadoras vibrantes, rodillos con neumáticos de presión controlada, etc. Las mezclas asfálticas en sitio cambiaron niveladoras y rastras por moto niveladoras y plantas móviles o fijas. Las primeras mezclas calientes irrumpieron en el

mercado alrededor de 1870 con plantas intermitentes (pastones) de simple concepción. Hacia 1900 se había mejorado su diseño incluyendo tolvas de árido, elevadores de materiales fríos y calientes, secadores rotativos, tanques para acopiar asfalto, mezcladoras que permitían cargar vagones a camiones. Entre 1930 y 1940 se incorporan cintas transportadoras, colectores de polvo y otros aditamentos, en las décadas del 50 y 60 se desarrollan plantas de mayor capacidad, hacia 1970 se introducen sistemas computarizados para dosificación y controles de elaboración, polvo y ruido. Todo este proceso mantuvo la operatoria fundamental: secado-cribado-proporcionado-mezclado.

Para 1910 existían en EE.UU. pequeñas plantas en caliente, de mezclado en tambor que hacia 1930 fueron reemplazadas por las de mezclador continuo, de mayor producción. En 1960 el procedimiento de secado y mezclado en tambor fue rescatado y actualmente estas plantas (tambor mezclador) producen mezclas de gran calidad y compiten además en el reciclado de pavimentos. Los silos para acopio de mezcla caliente forman parte de las plantas de tambor mezclador; también suelen encontrarse estos sitios en instalaciones discontinuas para independizar las operaciones de carga de los camiones, o silos de gran capacidad, dotados de revestimiento aislante, permiten al acopio de mezcla caliente durante varios días conservando su trabajabilidad.

En la actualidad como se mencionó anteriormente tienen gran importancia los sistemas de control, que monitorean la mayoría de los parámetros de operación de las plantas, en su mayoría son plantas de tambor mezclador, dado que estas presentan características innovadoras, una de ellas es que estas están dotadas de colectores de polvo húmedos o secos, que las hace más limpias que las convencionales.

1.3 Clasificación de las plantas para mezcla asfáltica en caliente

Las plantas para mezcla asfáltica en caliente pueden clasificarse de la siguiente manera:

1. De acuerdo a la forma de producción:

Continuas:	Convencionales Tambor mezclador
Intermitentes:	De bachada por peso de mazada

2. Según su capacidad de producción: Se clasifican según su capacidad de producción en Ton / hora

3. De acuerdo a su movilidad:

Portátiles
Estacionarias

Las plantas continuas tanto convencionales como de tambor mezclador pueden ser portátiles o estacionarias. Las plantas intermitentes o de bachada son regularmente estacionarias. La capacidad es independiente de las otras clasificaciones.

Plantas continuas

Como su nombre lo indica, en este tipo de plantas llegan al mezclador cada uno de los agregados: agregado grueso, agregado fino, relleno mineral y el cemento asfáltico en forma continua. Los mecanismos de alimentación están

sincronizados con el objeto de que la cantidad de material suministrada en todo momento guarde las proporciones debidas. La diferencia fundamental entre las plantas continuas del tipo convencional y las de tambor mezclador se centra en que en las plantas convencionales el secado de los agregados ocurre antes del mezclado, de forma independiente, y en las plantas de tambor mezclador los procesos de secado y mezclado ocurre en el mismo barril; siendo más simple en las segundas.

Plantas Intermitentes

En este tipo de plantas, la dosificación de los agregados se realiza pesando en un recipiente interno (mezclador) cada uno de los agregados calientes, almacenados en los silos del agregado cribado de manera sucesiva y acumulativa, en un orden predeterminado hasta obtener el peso total para ser mezclado. Este peso total esta determinado por la capacidad del mezclador y los pesos de cada uno de los agregados, por la proporción establecida de granulometría prevista en el diseño del tipo de mezcla.

La dosificación del cemento asfáltico en este tipo de plantas puede realizarse de las siguientes maneras:

- a) Por peso: Se pesa en un recipiente y luego se vierte sobre el mezclador.
- b) Por medida directa del volumen: El cemento asfáltico se vierte en un recipiente de volumen conocido, que generalmente sirve de cuerpo de bomba para su inyección.
- c) Por medida indirecta del volumen: Mediante bombas continuas de caudal constante que suministra la cantidad de cemento asfáltico durante un tiempo establecido.

1.4 Mezcla asfáltica

“Es la capa de superficie para pavimentos, constituida de agregados pétreos, mezclados con material bituminoso; en planta central, en caliente o en frío, o bien en el camino. La mezcla puede ser de textura abierta o cerrada dependiendo de las características de graduación de los agregados pétreos”

Las mezclas asfálticas en caliente están constituidas por dos materiales: agregados pétreos y cemento asfáltico. Los agregados pétreos se clasifican por tamaños, generalmente divididos en tres grupos: Agregados gruesos, agregados finos y rellenos minerales.

Cada uno de los componentes de la mezcla tiene una función especial y depende del diseño y de la dosificación de los mismos, asegurar que no se descuide ninguna de esas funciones. La función del agregado pétreo es soportar las cargas aplicadas a la estructura del pavimento, donde intervienen las resistencias al desgaste por fricción y la adherencia entre los fragmentos individuales de los agregados. Los agregados con formas angulosas y superficie áspera hacen más estables las mezclas asfálticas.

En las mezclas se utilizan agregados que están natural o artificialmente bien graduados, esto significa que existirán espacios determinados, entre estos; el agregado fino sirve para rellenar estos vacíos. El agregado fino influye en la densidad, y por lo tanto en la resistencia, la granulometría influye en la manejabilidad. Cuando se utiliza un exceso de agregado grueso, la mezcla se hace áspera y dura para manejarse. Cuando se usa un exceso de relleno mineral la mezcla se hace viscosa y también difícil de manejar.

El cemento asfáltico es el encargado de unir entre si, los agregados pétreos; todas las partículas y de impermeabilizar el pavimento. Para cualquiera de los métodos de diseño uno de los objetivos principales es la obtención de la mejor proporción del cemento asfáltico, para cada combinación predeterminada de los agregados. Conocer la proporción correcta de cemento asfáltico influye mucho en todos los factores que permiten obtener una buena mezcla, además de reducir los costos, debido a la correcta utilización principalmente del cemento asfáltico.

Considerando la mezcla de agregados sin asfalto, todo el espacio entre sus partículas esta vacío, el volumen de estos vacíos de los agregados depende de la granulometría y puede variar; Cuando se añade el cemento asfáltico se llena una porción de estos vacíos llenos de aire, los que son muy importantes para las características de la mezcla. Se usa el termino vacíos llenos de aire, ya que estos no pesan y se expresan como porcentaje total de la mezcla compactada.

El cemento asfáltico experimenta cambios de volumen, dependiendo de la temperatura y si la carpeta asfáltica no tiene vacíos llenos de aire cuando se coloca, o los pierde por efecto del tránsito, entonces al dilatarse el asfalto, brotará en la superficie, condición llamada afloramiento.

Las pérdidas de cemento asfáltico por afloramiento debilitan la carpeta asfáltica y reducen el índice de rugosidad de la superficie, haciéndola resbaladiza y por ende peligrosa. Un exceso de cemento asfáltico en la mezcla incide también en la estabilidad de ésta ya que puede generar desplazamiento de partículas por lo cual es incorrecto elaborar mezclas ricas en contenido de cemento asfáltico. Por otra parte el volumen de vacíos llenos de aire debe ser generalmente de 2% o 3% y no debe excederse del 5%. Un exceso de vacíos

lentos de aire provocará la desintegración del pavimento, debido que permite la penetración de agua; acelerando el proceso de desintegración, además con la presencia de exceso de aire, el cemento asfáltico endurece y envejece afectando su elasticidad y con esto su durabilidad.

En resumen las proporciones de los agregados y del cemento asfáltico influyen directamente en las características de la mezcla según sea el caso del diseño de la misma.

1.4.1 El Asfalto

Existen varias referencias al asfalto en la Biblia, aunque la terminología usada puede ser bastante confusa. En el libro del Génesis se refiere al impermeabilizante del Arca de Noe, el cual fue preparado con y sin alquitrán y de la aventura juvenil de Moisés en "Un Arca de Espadaña, pintarrajeada con lodo y con alquitrán".

Aun más confusas son las descripciones de La Torre de Babel. La Versión Autorizada de la Biblia dice: "Ellos tenían ladrillos por rocas y lodo para mortero", la nueva versión autorizada dice: "Ellos usaron ladrillos en vez de piedra y alquitrán en vez de mortero". La traducción de Moffat en 1935 dice: "Ellos usaron ladrillos en vez de piedras y asfalto en vez de mortero"; así como en la nueva versión oficial de la Biblia en español. Tampoco es desconocido que los términos bitumen, alquitrán y asfalto son intercambiables.

En las vecindades de depósitos subterráneos de crudo de petróleo, láminas de estos depósitos pueden verse en la superficie. Esto puede ocurrir por fallas geológicas; la cantidad y naturaleza de este material que se observa naturalmente depende de un número de procesos naturales, los cuales pueden modificar las propiedades del material. Este producto puede ser considerado un

"asfalto natural", a menudo siendo acompañado por material mineral, y la mezcla y dependiendo de las circunstancias por las cuales hayan sido mezcladas.

Los sumerios, 3.800 a.c., usaron asfalto y se recuerda este como el primer uso de este producto. En Mohenjo Daro, en el valle Indus, existen tanques de agua particularmente bien preservados los cuales datan del 3.800 a.c. En las paredes de este tanque, no solamente los bloques de piedra fueron pegados con un asfalto "natural" sino que también el centro de las paredes tenían "nervios" de asfalto natural.

Los antiguos usos "naturales" del asfalto descritos arriba no persisten en dudas en aquellas partes habitadas del mundo donde estos depósitos de asfalto natural estaban fácilmente disponibles. En consecuencia esto parece haber sido poco desarrollo del arte en algún otro sitio. No fue hasta el fin del siglo XIX que alguno de los presentes usos del asfalto fueron introducidos. Sin embargo, esto parecía haber sido algún conocimiento de carpetas alternativas en el periodo intermedio como esta en la grabación que Sir Walter Raleigh, en 1595 proclamó el lago de asfalto que encontró en Trinidad para hacer el mejor impermeabilizante utilizado en el acollado de barcos. En la mitad del siglo XIX se intenta que el asfalto fuera manufacturado para utilizarse en superficies de carreteras. El mismo provenía de depósitos naturales europeos. Así fue como se comenzaron a utilizar productos naturales que se obtenían del suelo, dando la llegada al carbón, alquitrán y luego el asfalto manufacturado a partir del crudo de petróleo. Durante el siglo XIX el uso del asfalto estaba limitado por su escasa disponibilidad, no obstante lo cual a mediados del mismo, la roca asfáltica participaba en la pavimentación de calles en Europa y después de 1.870, en USA. El aporte intensivo del asfalto en obras viales ocurrió a principios del siglo XIX.

Asfaltos Naturales

Los asfaltos son materiales aglomerantes de color oscuro, constituidos por complejas cadenas de hidrocarburos no volátiles y de elevado peso molecular. Estos pueden tener dos orígenes; los derivados de petróleos y los naturales. Los asfaltos naturales, se han producido a partir del petróleo, pero por un proceso natural de evaporación de las fracciones volátiles, dejando las asfálticas solamente.

Estos pueden encontrarse como escurrimientos superficiales en depresiones terrestres, dando origen a lagos de asfalto, como los de las islas Trinidad y Bermudas. También aparecen impregnando los poros de algunas rocas, denominándose rocas asfálticas, como la gilsonita. Así también se encuentran mezclados con elementos minerales, como pueden ser arenas y arcillas en cantidades variables, debiendo someterse a posteriores procesos de purificación, para luego poder ser utilizadas en pavimentación. En la actualidad, no es muy utilizado este tipo de asfalto por cuanto adolece de uniformidad y pureza.

Composición del Asfalto

El asfalto es considerado un sistema coloidal complejo de hidrocarburos, en el cual es difícil establecer una distinción clara entre la fase continua y la dispersa. Las primeras experiencias para describir su estructura, fueron desarrolladas por Nellensteyn en 1924, cuyo modelo fue mejorado más tarde por Pfeiffer y Saal en 1940, en base a limitados procedimientos analíticos disponibles en aquellos años. El modelo adoptado para configurar la estructura del asfalto se denomina modelo micelar, el cual provee de una razonable explicación de dicha estructura, en el cual existen dos fases; una discontinua (aromática) formada por dos asfáltenos y una continua que rodea y solubiliza a

los asfáltenos, denominada maltenos. Las resinas contenidas en los maltenos son intermediarias en el asfalto, cumpliendo la misión de homogeneizar y compatibilizar a los de otra manera asfáltenos insolubles. Los maltenos y asfaltenos existen como islas flotando en el tercer componente del asfalto, los aceites.

Asfaltos derivados de petróleo

Los asfaltos más utilizados en el mundo hoy en día, son los derivados de petróleo, los cuales se obtienen por medio de un proceso de destilación industrial del crudo. Representan más del 90 % de la producción total de asfaltos. La mayoría de los petróleos crudos contienen algo de asfalto y a veces casi en su totalidad. Sin embargo existen algunos petróleos crudos, que no contienen asfalto. Con base a la proporción de asfalto que poseen los petróleos se clasifican en:

Petróleos crudos de base asfáltica.

Petróleos crudos de base parafínica.

Petróleos crudos de base mixta (contienen parafina y asfalto).

El asfalto procedente de ciertos crudos ricos en parafina no es apto para fines viales, por cuanto precipita a temperaturas bajas, formando una segunda fase discontinua, lo que da como resultado propiedades indeseables, tal como la pérdida de ductilidad. Con los crudos asfálticos esto no sucede, dada su composición.

El petróleo crudo extraído de los pozos, es sometido a un proceso de destilación en el cual se separan las fracciones livianas como la nafta y kerosén de la base asfáltica mediante la vaporización, fraccionamiento y condensación

de las mismas. En consecuencia, el asfalto es obtenido como un producto residual del proceso anterior. El asfalto es además un material bituminoso pues contiene betún, el cual es un hidrocarburo soluble en bisulfuro de carbono (CS₂). El alquitrán obtenido de la destilación destructiva de un carbón graso, también contiene betún, por lo tanto también es un material bituminoso pero no debe confundirse con el asfalto, ya que sus propiedades difieren considerablemente. El alquitrán tiene bajo contenido de betún, mientras que el asfalto está compuesto casi enteramente por betún, entre otros compuestos. El asfalto de petróleo moderno, tiene las mismas características de durabilidad que el asfalto natural, pero tiene la importante ventaja adicional de ser refinado hasta una condición uniforme, libre de materias orgánicas y minerales extraños.

Existen muchos tipos y grados de asfalto que son utilizados actualmente como asfaltos para pavimentación, estos se dividen principalmente en:

Asfaltos líquidos de curado lento (Road Oils), SC. Son aceites residuales asfálticos, que contienen pocos o ningún elemento volátil, o pueden proceder de una mezcla de cemento asfáltico y aceites residuales.

Asfaltos de curado medio, MC. Se obtienen fluxando el cemento asfáltico con kerosina, que es un producto altamente volátil. La kerosina hace al asfalto trabájale a temperaturas relativamente más bajas y se evapora al exponerse al aire o al calor, dejando libre el cemento asfáltico.

Asfaltos de curado rápido, RC. Al igual que el asfalto de curado medio se obtiene en este caso fluxtuando cemento asfáltico con nafta o gasolina, productos mucho más volátiles que la kerosina. Estos destilados se evaporan mucho más rápido que la kerosina, por eso se le llama a este tipo de *Cut-back*, de curado rápido. Para los RC se emplean cementos asfálticos de menor penetración que para los MC.

Cementos asfálticos, CA. Es un ligante denso que se emplea en la preparación de mezclas asfálticas. Se designa seleccionando una graduación de penetraciones de dureza adecuada, para cada tipo de construcción, condiciones climatológicas, clase y naturaleza del tráfico que ha de soportar el pavimento. Los cementos asfálticos se refinan por destilación al vapor de los residuos más pesados del proceso de fraccionamiento, continuándose la destilación hasta que se obtiene la penetración deseada. Los cementos asfálticos necesitan calentarse para adquirir la fluidez que les haga trabajables, al contrario de la mayor parte de otros materiales asfálticos, cuya docilidad depende de las materias volátiles o agentes fluxantes.

Emulsiones asfálticas. Para mezclar dos sustancias que no son solubles una en la otra, es necesario añadir un tercer ingrediente, para retardar la separación de estos. Las emulsiones asfálticas no son más que la mezcla de agua y cemento asfáltico, para dicha mezcla se utilizan agentes emulsionantes que retardan la separación. Se emplean numerosos agentes emulsionantes, orgánicos e inorgánicos, tales como: silicatos solubles o insolubles, arcilla coloidal, jabón, y aceites vegetales entre otros.

1.4.2 Agregados

Los agregados pétreos o agregados simplemente, lo constituyen los áridos de partículas duras de forma y tamaños establecidos. Los agregados se dividen principalmente en tres grupos: agregados gruesos, agregados finos y rellenos minerales. La mayoría de los agregados duros son: arenas, piedra triturada, grava natural y escoria, en Guatemala es de mucho uso las arenas, material de grano fino, procedente de la desintegración natural de las rocas o de la desintegración de areniscas fáciles de desmenuzar; también es de uso común las arenas artificiales procedentes de la trituración de materiales.

Los agregados para pavimentos asfálticos son generalmente clasificados de acuerdo a sus orígenes o fuente; de la forma siguiente:

Agregados naturales

Para su obtención se han utilizado pocos o ningún proceso, solo para la extracción del banco de materiales. Se encuentran hechos de partículas producidas por procesos puramente naturales como lo son la erosión natural, procesos de degradación tales como la acción del viento, agua, movimiento del hielo.

Agregados procesados

Son todos aquellos que para su utilización han sido molidos. Existen dos fuentes básicas de agregados procesados: Gravas naturales, que son molidas para hacerlas más apropiadas para su uso en la producción de mezclas asfálticas y fragmentos de roca sólida de tamaño considerable que deben ser reducidas antes de utilizarlas.

Agregados sintéticos

Algunos son el producto de procesos químicos o procesamiento físico de materiales, otros de procesos industriales como refinería, y otros son producidos específicamente para ser utilizados como agregados, por medio de procesamiento de materia prima. La escoria, producida en el proceso de fundición de hierro en un alto-horno, es el agregado de mayor uso, la escoria es reducida a pequeñas partículas, por apagamiento en agua y triturándola después de que se ha enfriado. Los agregados sintéticos manufacturados, son relativamente nuevos en la industria de producción de mezcla asfáltica, dentro de estos tenemos: arcilla incinerada, roca empaquetada de barro, tierra diatomeas procesada, vidrio volcánico, escoria procesada y otros materiales. Estos productos son de peso liviano y usualmente tienen alta resistencia,

generalmente se utilizan en cubiertas de puentes de piso pavimentado, y capas de pavimento donde la resistencia al deslizamiento debe ser máxima.

Previo a la utilización de los agregados en la elaboración de mezcla asfáltica, estos deben ser probados, la calidad del agregado esta afectada por el proceso empleado en su obtención y se medirá con los parámetros siguientes entre otros:

Tabla I: Parámetros de medición de la calidad de agregados

ENSAYO	NORMA
Resistencia a la abrasión	AASHTO T 96
Desintegración al sulfato de sodio	AASHTO T 104
Caras fracturada o partículas planas	Especificaciones D.G.C.
Impurezas	AASHTO T 11
Análisis granulométrico	AASHTO T 19
Peso unitario	AASHTO T 27 Y T 37
Límites de consistencia	AASHTO T 89 Y T 90
Equivalente de arena	AASHTO T 176
Resistencia al desvestimiento	Método D.G.C.
Gravedad específica	AASHTO T 84 Y T 85

1.4.2.1 Los Áridos

Se les llama áridos a los materiales granulares (pequeños trozos de roca), utilizados en las construcciones, de obra civil y que tienen también aplicación o uso en diversas actividades industriales. Los áridos son materias primas minerales fundamentales para la sociedad, son considerados materiales de bajo costo, abundantes, y de fácil acceso a los centros de consumo. Los áridos presentan composiciones y texturas muy diversas y características muy distintas, esta diversidad comienza con el tipo de yacimiento y el enclave geológico y continua por el método utilizado en la explotación del banco de material y los procesos de trituración.

Las reservas de áridos son prácticamente ilimitadas, pero muchos de los bancos no pueden ser explotados por distintos motivos: áreas protegidas, costos elevados de transporte y explotación, inaccesibilidad, impactos ambientales considerables.

Los agregados utilizados para construir pavimentos, se obtienen de rocas naturales o escorias que son procesadas y se clasifican según su origen.

Ígneas: Son aquellas formadas por el enfriamiento de magna, se clasifican de acuerdo al tamaño de sus partículas:

Gruesas (mayor de 2mm)

Medias (2 a 2 mm)

Finas (Menor a 2 mm)

Sedimentarias: Son las formadas por el transporte de materiales granulares insolubles, que resultan de la desintegración de rocas ya existentes o los restos inorgánicos de los animales marinos. Se clasifican según el mineral predominante:

Calcáreas: Compuesta por calcita (CaCO_3), Cuando se calcina da lugar a cal (óxido de calcio).

Silíceas: El sílice (óxido de silicio) es el contribuyente principal.

Arcillosas: Las mas abundantes, su tamaño grano es inferior a 0.06mm. Compuestas por minerales arcillosos que provienen de la alteración química de los feldespatos.

Metamórficas: Rocas ígneas o sedimentarias que han sido sometidas a grandes temperaturas y presión, lo cual ha dado lugar a la formación de minerales y texturas diferentes a la roca original.

1.4.2.2 Trituración

Consiste en el proceso de fragmentación o quebrado por métodos artificiales de las rocas y otros materiales como granito, pedrín, caliza, etc., Utilizando maquinaria especial; con el fin de obtener la granulometría deseada de estos áridos y convertirlos en agregados que cumplan los requerimientos necesarios para ser utilizados en la producción de mezcla asfáltica o para otros fines en la construcción.

Se puede obtener distintos materiales:

- **Roca triturada graduada:** Puede producirse en cualquier graduación que se desee, utilizando diferentes tipos de cono de trituración y cribado de materiales.
- **Residuos finos de trituración:** Conocidas como arenas artificiales o polvo de trituración.
- **Piedra triturada revuelta:** El material sale de la trituradora sin ser seleccionado por tamaño.

1.4.3 Métodos de fabricación de mezcla asfáltica

Para producir mezcla asfáltica se deben cumplir con los requisitos establecidos en alguno de los métodos de fabricación de diseño, establecidos en las especificaciones para la construcción de carreteras y puentes de Guatemala, los cuales se describen en la tabla II:

Tabla II: Métodos de diseño de fabricación de mezcla asfáltica

MÉTODO	NORMA
MARSHALL	ASTM D 1559
HVEEN	ASTM D 1560
HUBBERD-FRELD	AASHTO T 169

Uno de los métodos mas utilizados para el diseño de la mezcla es el método Marshall. Este fue desarrollado por Bruce Marshall, ingeniero bituminoso del Departamento de Carreteras del estado de Mississippi, este tiene como objetivo determinar el contenido de asfalto óptimo para una mezcla particular de agregados, provee información acerca de las propiedades del asfalto de la mezcla caliente y establece la densidad óptima y el contenido de vacío que debe ser encontrado durante la construcción del pavimento. Este método se aplica únicamente a mezclas en caliente, usando agregados con tamaños máximos de 25mm o 1 pulgada.

1.4.4 Producción de mezcla en frío

Se denomina de esta manera, por que la mezcla asfáltica puede fabricarse, extenderse y compactarse a la temperatura ambiente. Las mezclas en frío son utilizadas como carpetas de rodamiento en la pavimentación urbana y poseen capacidad portante, se obtienen de la correcta dosificación de áridos gruesos, áridos finos, rellenedor (*filler*), emulsión asfáltica y agua. Regularmente los áridos gruesos utilizados, provienen de la trituración, y poseen un T_{max}. no menor de 10mm y de hasta 20mm, los áridos finos conviene que vengan de arenas de la trituración que ofrecen la trabazón necesaria y el rellenedor puede de ser cualquiera de los comúnmente utilizados en mezclas asfálticas, tales como cal, cemento etc.

Las emulsiones utilizadas, dependerá del tipo de agregados, generalmente se utilizan emulsiones aniónicas con áridos calcáreos y emulsiones catiónicas con áridos graníticos.

Se utilizan regularmente en la pavimentación de arterias urbanas, que serán sometidas a bajo volumen de tránsito, donde este será exclusivamente de vehículos livianos.

La producción de mezclas en frío, generalmente se realiza en plantas especiales, su producción es de bajo consumo energético, lo cual las hace económicas, y recomendables para los lugares donde no se justifica la operación de plantas para mezcla en caliente; Si se elaboran siguiendo todos los parámetros necesarios, resultan muy eficientes, además tienen la ventaja de poder ser almacenadas por varios días, y se recomienda su utilización en obra en un rango de temperatura de 20 °C a 40 °C.

1.4.5 Producción de mezcla en caliente

Consiste en el proceso de elaboración de mezcla, en planta y en caliente (Temperatura de 150 °C), donde la dosificación de los agregados: agregado grueso, agregado fino, rellenedor (*filler*), polvo mineral y cemento asfáltico se realiza por medio de métodos estrictamente controlados; dando lugar a la obtención de una mezcla homogénea que se tiende y se compacta en caliente para formar una capa densa y uniforme.

1.5 Descripción de los principales componentes de las plantas para mezcla asfáltica en caliente

A continuación se describirán los distintos componentes de las plantas para mezcla asfáltica en caliente, tomando en consideración que la mayoría de estos elementos son comunes para todos los tipos de planta, haciéndose mención de las variantes y componentes exclusivos para algún tipo de planta cuando se considere necesario. Las consideraciones sobre el montaje, operación y mantenimiento sobre cada uno de estos elementos se dará a conocer en los capítulos posteriores.

1.5.1 Sistema de alimentación y dosificación de agregados en frío

Este sistema es el encargado de la captación de los agregados, a temperatura ambiente, está compuesto principalmente por tres, cuatro o hasta seis tolvas, dependiendo el tipo y los requerimientos del tipo de planta.

En la parte inferior de las tolvas se encuentra la correa dosificadora, esta es accionada por uno de los rodos guías, el cual recibe potencia a través de correas de un motoreductor que es accionado por un motor eléctrico. En algunos casos la velocidad de la correa transportadora es constante aunque en las plantas de tambor mezclador puede ser de velocidad variable.

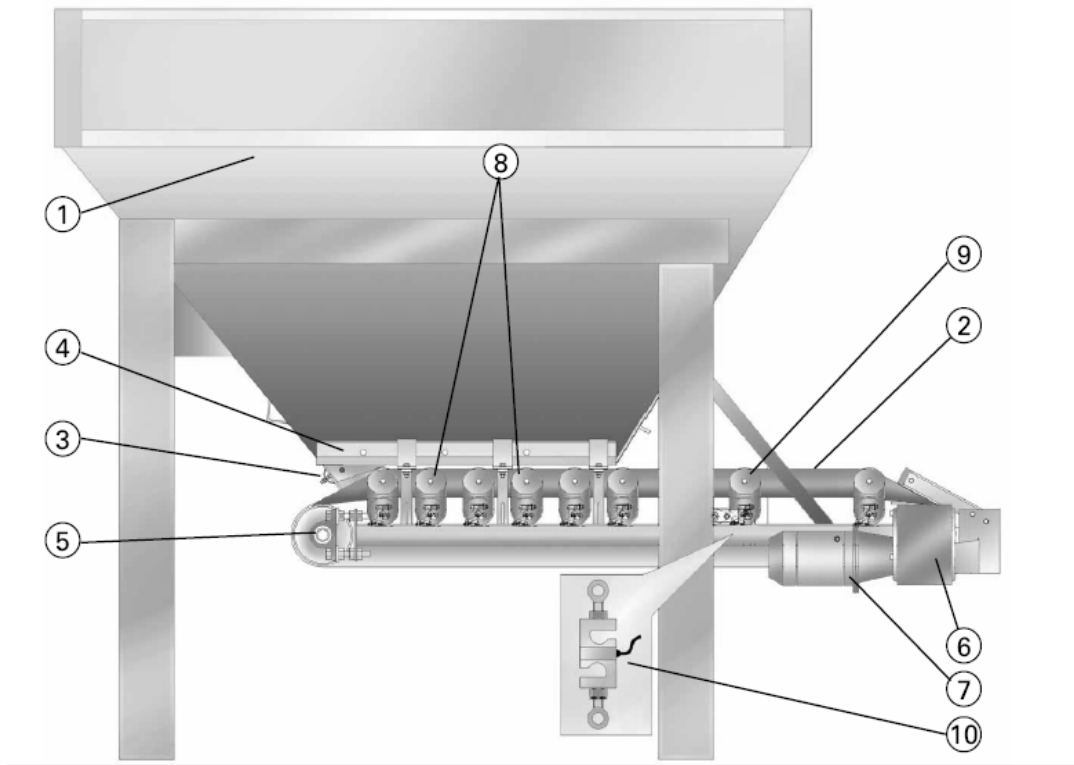
Tolvas: Son elementos en forma de tronco piramidal invertidos, con capacidades de entre 5m³ hasta 8m³. En estas es depositado cada uno de los agregados pétreos. En la parte inferior, en el lado de salida y en dirección donde corre la banda dosificadora están provistas de compuertas encargadas de limitar la salida del agregado y por ende hacer la dosificación necesaria.

Célula de Pesaje: En la mayoría de sistemas de dosificación, este proceso se realiza pesando la cantidad de los agregados, esto se realiza por medio de un dispositivo de control, el elemento primario lo constituye una célula la cual es instalada en la parte inferior de la correa dosificadora. La unidad de medida puede ser Ton / hora.

Transportador colector: La mayoría de plantas están equipadas con el transportador colector, este consiste en una correa transportadora donde son llevados los agregados ya dosificados en forma conjunta y uniforme.

Es de mucha importancia tomar en consideración que la correcta dosificación de los agregados, principalmente para las plantas de tambor mezclador, es uno de los factores más importantes para la calidad de la mezcla.

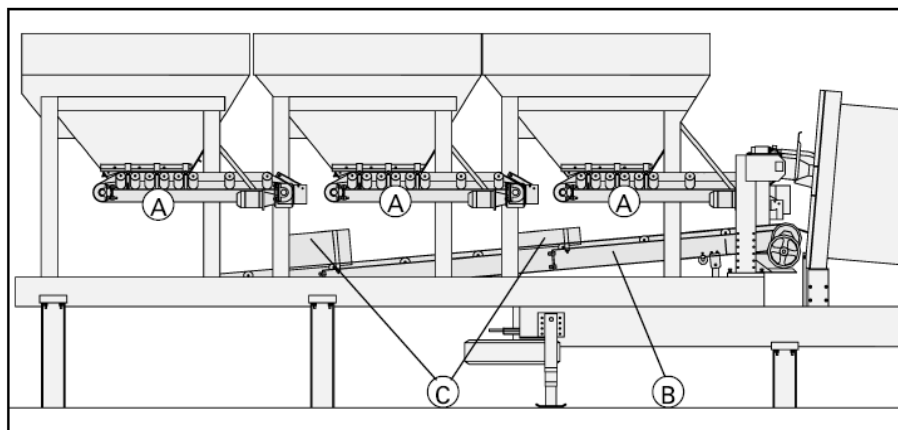
Figura. 1: Identificación de componentes del sistema de alimentación y dosificación de agregados



Fuente: CMI-Cifali. **Manual de plantas RD. 2003.** Módulo 01 Pág. 06

1. Tolva
2. Correa dosificadora
3. Guía trasera
4. Guías Laterales
5. Rodo guía tensor
6. Rodo accionador
7. Motorreductor
8. Rodos de carga
9. Rodo Balanza
10. Célula de carga

Figura. 2: Sistema dosificador de una planta de tambor mezclador de tres tolvas; Vista lateral



Fuente: MCI-Cifali. **Manual de plantas RD. 2003.** Módulo 05 Pág. 05

A) Correa dosificadora B) Transportador Colector C) Células de carga

1.5.2 Secador de agregados

Las plantas para mezcla asfáltica en caliente, todas están provistas de un secador, el cual tiene la función de secar los agregados pétreos y elevarlos a la temperatura de mezclado, necesaria para la elaboración de la mezcla.

Para las plantas intermitentes y convencionales el secador consiste en un cilindro metálico, que gira alrededor de su eje, en su interior posee aletas para arrastrar los agregados y exponerlos a la llama y gases calientes que produce el quemador de llama graduable que se encuentra en un extremo del cilindro. Los vapores producidos por la humedad contenida en los agregados, es removida por la circulación controlada de gas y aire producida por el ventilador.

Los secadores poseen termómetros encargados de registrar la temperatura de los agregados durante el proceso de secado.

En las plantas de tambor el secado de los agregados se realiza en el tambor secador-mezclador, este elemento se describe mas adelante.

1.5.3 Sistemas colectores de polvo

El sistema colector de polvo o de finos tiene como principal función la eliminación de partículas de los gases de escape que son liberados al medio ambiente, para evitar la contaminación. Las partículas que son producidas durante el proceso de secado provenientes de los agregados; son arrastradas por el flujo de aire producido por el ventilador extractor y luego son atrapadas y precipitadas por el sistema colector de polvo. Para los colectores de polvo o finos como suele llamárseles de vía húmeda el sistema esta constituido por un sistema de riego, tubo venturi, decantador y chimenea, además del ventilador. Los gases del proceso son extraídos por el ventilador extractor; ayudando también a la combustión dentro del secador, luego son regados con agua atomizada aproximadamente 80Gls. /min. dependiendo el diseño de la planta.

El agua y el flujo de gases abrumado de partículas finas en una forma de flujo ciclónico llegan al tubo venturi y la mezcla densa de agua y polvo se remueven y se transfiere a los estanques de asentamiento. Éstos están diseñados para permitir la remoción de las partículas sólidas del agua. El ventilador-extractor controlado por una válvula de entrada de aire, regula la circulación de gas de proceso y la caída de la presión. Los colectores de polvo logran eficacias de hasta 96%. Las partículas atrapadas en el colector de polvo y precipitadas en los tanques de asentamiento pueden ser reincorporadas a la mezcla.

Colector de finos vía seca

Una de las innovaciones en el proceso de colección de finos es el sistema de filtros secos para la recolección de partículas finas, conocidos como *bag*

house, o filtros de mangas. Las plantas mas modernas están equipadas con este tipo de filtros; estos son muy eficientes, regularmente las plantas equipadas con filtro de mangas son plantas del tipo de tambor secador-mezclador. Este sistema de colector de finos contribuye a la reducción de contaminación ambiental significativamente. La descripción del funcionamiento y las principales partes de este sistema serán descritas con mayor detalle en el capítulo 3.

1.5.4 Sistema de cribado

El sistema de cribado de materiales es un proceso regularmente exclusivo para plantas convencionales e intermitentes, consiste en hacer pasar los agregados ya secados a través de diferentes tamices, con el objeto de obtener la granulometría deseada para la mezcla.

Los dispositivos utilizados para el cribado consisten en una serie de cribas, (tamices) vibratorias, están colocadas a la salida del secador inmediatamente encima de los silos que reciben los agregados.

El sistema de cribado por lo regular en las plantas de tambor mezclador no es necesario puesto que la mayoría de veces las tolvas son alimentadas con agregados provenientes de el proceso de trituración y los agregados ya poseen la granulometría necesaria según el diseño de la mezcla a producir.

El cribado de material es utilizado en el proceso del reciclado de pavimento, lo cual debe ser controlado según el tipo de mezcla a producir.

1.5.5 Silos de almacenamiento de agregados cribados

Estos silos son exclusivamente utilizados en las plantas intermitentes, son depósitos intermedios para los agregados secos y cribados previamente a ser pesados y mezclados. Están diseñados para reducir al mínimo las segregaciones.

1.5.6 Sistema de alimentación de relleno mineral

El polvo recuperado por el colector de finos puede ser reincorporado al mezclador por medio de un alimentador y un elevador quedando apilado en el silo correspondiente. Para las plantas de tambor mezclador los finos recuperados en el filtro de mangas, son reincorporados en el tambor mezclador, siendo llevados por un tornillo de rosca sin fin, el sistema debe de estar en buen funcionamiento y libre de obstrucciones.

1.5.7 Sistema de almacenamiento y calentamiento del cemento asfáltico

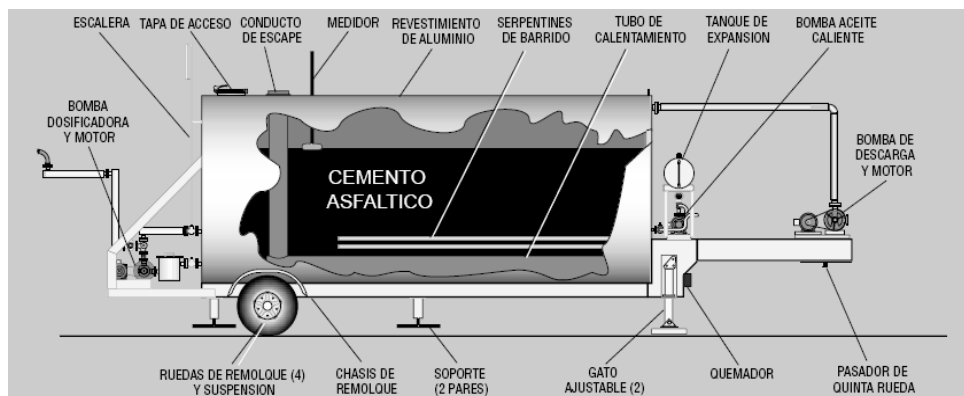
El sistema de almacenamiento del cemento asfáltico consiste en tanques de almacenamiento, provistos de dispositivos para calentar el cemento asfáltico hasta la temperatura de diseño, dependiendo del tipo de cemento asfáltico que se va a trabajar.

Las capacidades de los tanques de cemento asfáltico son variables y dependen de la capacidad de producción de la planta, para plantas pequeñas podemos hablar de tanques de 25,000 a 30,000 Litros, regularmente para la mayoría de plantas los tanques son depósitos cilíndricos metálicos con aislante térmico en la mayoría de los casos fibra de vidrio. En ausencia de tanques, se

pueden construir fosas de concreto debidamente impermeabilizadas, para evitar fugas; también equipadas con serpentines para mantener a la temperatura necesaria el cemento asfáltico.

El sistema de calentamiento está compuesto principalmente por una caldera, una bomba centrífuga que hace recircular el aceite térmico, tuberías enchavetadas (encamisadas), y serpentines que están directamente sumergidos en los depósitos de cemento asfáltico así también el sistema debe contar con los dispositivos de control necesarios, en este caso termómetros. La mayoría de calderas están provistas de un control automático que regulan la temperatura una vez programadas. En algunos sistemas también son utilizados el vapor o gases de combustión como fluido caliente. En caso de usar los sistemas de calefacción por gases calientes de quemadores de combustible líquidos, la cámara de combustión, debe estar fuera del tanque o protegida con material refractario; y es necesario un mejor control de la temperatura.

Figura. 3: Calentamiento de cemento asfáltico por combustión directa y subsistema de calentamiento de aceite térmico



Fuente: www.ceienterprises.com Enero 2007.

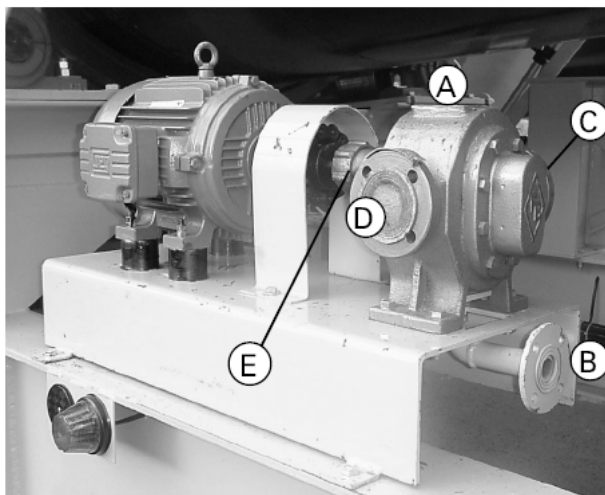
1.5.8 Sistema dosificador de cemento asfáltico

En las plantas continuas la dosificación del cemento asfáltico se realiza por medio de bombas a presión. Los tipos más utilizados son las bombas de volumen constante, pero también se utilizan las de volumen variable. Las bombas de caudal constante, mediante distintos juegos de piñones, se consigue ajustar la porción de asfalto a suministrar.

Los fabricantes de plantas tipo continuo dan generalmente los datos sobre la cantidad de asfalto suministrado por la bomba por cada vuelta que esta realiza, hay que tomar en consideración los datos de temperatura y condición de los engranes de la bomba.

Las bombas de engranajes para inyección de asfalto se encuentran de diferentes capacidades; para una planta de 100 Ton/Hora se utiliza una de 1.5 pulgadas y una de 2 pulgadas para una capacidad mayor. Estas bombas poseen una cámara externa, a través de la cual puede circular el aceite térmico para evitar el atascamiento de cemento asfáltico por endurecimiento.

Figura. 4: Bomba de engranes, dosificadora de cemento asfáltico



- A) Entrada de aceite térmico
- B) Salida de aceite térmico
- C) Entrada de cemento asfáltico
- D) Salida de cemento asfáltico
- E) Prensa empaque

Nota: Sentido de rotación anti-horario visto de frente

Fuente: MCI-Cifali. **Manual de Plantas.** 2003. Módulo 02D Pág. 08

1.5.9 Mezclador

Es el elemento de la planta donde después de haberse dosificado los agregados se realiza la mezcla homogénea de estos con el cemento asfáltico. Aunque el fundamento del mezclado sea el mismo, existen diferentes tipos de mezcladores, según sea el tipo de planta.

Las plantas tipo intermitente emplean mezcladores de ejes gemelos provistos con paletas, las cuales mezclan los agregados y el cemento asfáltico de cada mazada en forma homogénea. Al girar en sentido opuesto las paletas baten y revuelven la mezcla en todo el recipiente. Es muy importante para el buen funcionamiento de este tipo de mezclador que las paletas estén en buen estado mecánico.

En las plantas de tipo continuo, básicamente el funcionamiento del mezclador es idéntico al mezclador de las plantas intermitentes, con la diferencia de que el mezclador está abierto en uno de sus extremos por donde se efectúa la descarga continua y su longitud es mayor que el de un mezclador de tipo intermitente. Por un extremo entran los agregados y en la primera sección realiza un mezclado en seco, posteriormente se inyecta el cemento asfáltico y se completa el proceso de mezclado para luego realizarse la descarga. La precisión del mezclado varía con la altura o peso del material contenido en el mezclador, el cual puede regularse por medio de la compuerta de salida. La altura de los materiales no debe superar la altura de las paletas. El tiempo de mezclado está en función de la capacidad del mezclador y la producción.

Tiempo de mezclado en seg.= $\frac{\text{Capacidad del mezclador en Kilos}}{\text{Producción en Kilos / seg.}}$

En la siguiente sección se describe el proceso de mezclado para las plantas de tipo continuo de tambor mezclador, las cuales en la actualidad son las más utilizadas por su alto rendimiento.

1.5.10 Tambor secador-mezclador

La estructura del tambor consiste en un cilindro metálico y dos anillos de acero, en estos últimos es donde el cilindro se apoya para rodar sobre cuatro rodos de apoyo (ver figura 5). El tambor gira sobre su propio eje accionado por un moto reductor, el cual recibe potencia de un motor eléctrico. En la primera sección interior están dispuestas las tablillas que hacen que los agregados sean elevados y caigan obligatoriamente, a través del flujo de gases calientes provenientes del fuego del quemador, con esta función se logra quitar la humedad de los agregados así como calentarlos a la temperatura especificada para la mezcla. En su segunda sección, la inyección del cemento asfáltico es hecho por la bomba dosificadora, en esta sección las tablillas están dispuestas de tal forma para que los agregados se mezclen con el cemento asfáltico, así como retener parte de las partículas que son arrastradas por el sistema de extracción de gases calientes provenientes del quemador.

Figura. 5: Vista exterior de un tambor secador-mezclador.



Fuente: www.triasco.com Enero 2007.

El tambor mezclador o barril tiene en uno de sus extremos con un quemador, el cual produce una llama de intensidad graduable, la cual es la que hace posible el secado de los agregados y la elevación de la temperatura de la mezcla (ver figura 5). En el capítulo 3 se detalla el funcionamiento de las partes del tambor secador-mezclador y también la operación del quemador.

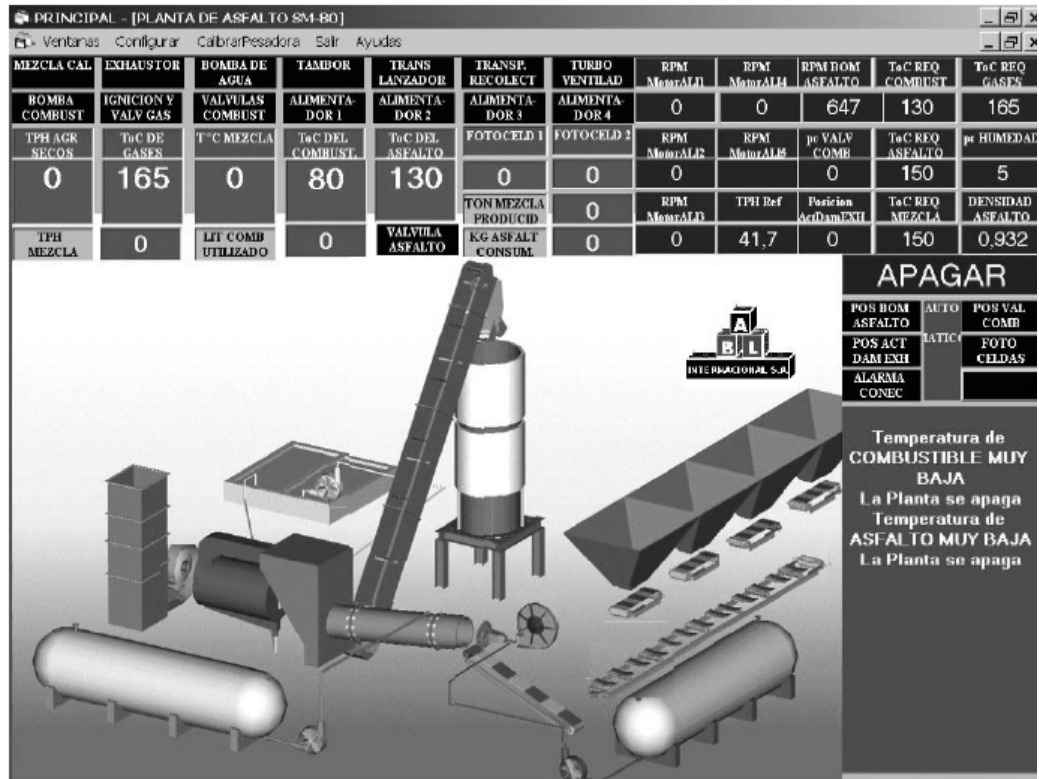
1.5.11 Sistema de control

El sistema de control está compuesto principalmente por el *Hardware* (componentes físicos) y *Software*. Parte de estos ubicados en una cabina de control, donde se encuentran todos los mandos de la planta y desde donde se pueden monitorear todas las operaciones de arranque, funcionamiento, acciones correctivas y paro de la misma.

El *Hardware* comprende desde las computadoras, impresora de reportes, y todos los controles electrónicos y eléctricos ubicados en la cabina de control y el sistema de control compuesto por los dispositivos eléctricos y electrónicos que reciben las señales de los distintos sensores ubicados en la planta y que envían y reciben operaciones de mando de los microprocesadores en cabina de control.

En la actualidad, la mayoría de plantas productoras de mezcla asfáltica utilizan sofisticados sistemas de control, el tipo de sistema de control dependerá directamente del tipo de planta y del fabricante. El *software* comprende los distintos programas para computadora, realizados para cada tipo de sistema de control, en la mayoría de ellos se puede observar en pantalla distintos parámetros como: temperatura de aceite térmico, temperatura del filtro de mangas, temperatura de la mezcla a la salida, etc. Desde allí se pueden realizar operaciones de mando sobre todo el proceso.

Figura. 6: Muestra de una pantalla de trabajo para una planta de tambor mezclador



Fuente: www.ablisa.com Enero 2007

En la Fig. 6 se puede observar la pantalla que permanece durante la operación y en ella se incluye:

- Diagrama mímico animado que señala los componentes que están en movimiento y las taras instantáneas de agregados mezcla, asfalto y combustible.
- Alarmas por valores irregulares de temperatura o ausencia de llama.
- Paradas por valores irregulares de temperatura o ausencia de llama.
- Sistema de manejo semiautomático.
- Interruptor para apagado secuencial.

En el tablero se registra (Fig.: 6)

- Secuencia de arranque
- Temperaturas programadas de asfalto, combustible, mezcla y gases
- Temperaturas actuales de asfalto, combustible, gases y mezcla
- Estado de fotoceldas
- Peso de agregados secos
- Toneladas consumidas de agregado seco
- Toneladas producidas de mezcla
- Consumo de asfalto
- Consumo de combustible
- Velocidad de los alimentadores
- Velocidad de la bomba de asfalto
- Porcentaje de apertura de la válvula de asfalto
- Porcentaje de apertura del damper de el extractor

1.5.10 Transportador escalonado y silo de almacenamiento

El transportador escalonado, tiene como función transportar la mezcla terminada, hacia el depósito de descarga o hacia un silo de almacenamiento, dependiendo si la planta está equipada con éste. El transportador escalonado consiste en un rectángulo metálico, que en su interior posee una cadena equipada con las paletas de arrastre, las que transportan la mezcla. Es colocado de forma inclinada a 45 hasta 55 grados según sea el caso. (ver Fig. 7).

Los silos de almacenamiento son depósitos cilíndricos recubiertos con un aislante térmico para mantener la temperatura de la mezcla, en algunos casos son equipados con serpentines para recirculación de aceite térmico, su diseño se realiza de tal forma de evitar la segregación de la mezcla. En la parte inferior

están equipados de una compuerta de accionamiento por medio de cilindros neumáticos, por medio de la cual se descarga directamente a camiones.

La utilización de los silos de almacenamiento para mezcla terminada, se hacen necesarios por la razón de mantener una capacidad de compensación para mantener una producción continua.

Figura. 7: Conjunto de transportador escalonado y silo de almacenamiento



Fuente: www.ablisa.com Enero 2007

En la sección 3, se describen con más detalles los componentes, tanto del transportador escalonado como de los silos de almacenamiento para mezcla terminada. En la figura 7 se puede observar el conjunto del transportador escalonado, con su respectivo silo de almacenamiento, la caseta de control, desde donde el operador de planta observa la posición de los camiones, para proceder a cargarlos.

2. MONTAJE DE LAS PLANTAS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

2.1 Consideraciones generales para la implementación de una planta para mezcla asfáltica en caliente.

Para la implementación, selección del tipo de planta, ubicación y puesta en marcha de una planta para mezcla asfáltica en caliente, deben de tomarse en consideración: los aspectos de mercado, aspectos legales; técnicos, financieros y ambientales, principalmente. De alguna manera todos estos aspectos están relacionados unos con otros y será necesario un adecuado estudio de cada uno de ellos, para definir las relaciones entre ellos y poder obtener resultados optimizados para la toma de decisiones.

Del estudio correcto de los aspectos mencionados anteriormente, dependerá el que se eviten problemas posteriores y por ende el éxito del proyecto sobre la implementación de la planta, que por supuesto se vera reflejado en que el proyecto sea rentable.

2.1.1 Consideraciones legales

Es el conjunto de normas que se deben de cumplir para la inscripción de la empresa y posterior autorización para operar. Dependiendo el lugar donde se desee implementar la planta se deberán cumplir con distintos requerimientos de las autoridades respectivas, esto implicará en muchos casos pagar los respectivos impuestos y cumplir con las leyes gubernamentales y/o municipales.

2.1.2 Estudio de mercado

El estudio de mercado consiste en evaluar y cuantificar la oferta y la demanda del producto, en este caso la mezcla asfáltica, tomando en cuenta el análisis de precio y los canales de comercialización, para poder evaluar la capacidad de penetración del producto en el mercado. Debemos analizar a quién venderemos nuestro producto, el precio y la cantidad promedio del mismo.

De este estudio dependerá mucho el tipo de planta que se desee implementar, influye significativamente en la capacidad de la misma. También el estudio de mercado nos hace ver si es factible económicamente implementar la planta.

2.1.3 Estudio económico-financiero

Consiste en calcular todos los costos de implementación de la planta, desde el transporte, montaje, operación y mantenimiento de la misma y también los costos de los insumos utilizados en la producción de la mezcla (costos de producción), incluyendo estos, la materia prima: cemento asfáltico y agregados; diesel, lubricantes y mano de obra, así también los gastos administrativos. Se debe tomar en consideración la vida útil del proyecto, las fuentes de financiamiento y las razones de rentabilidad.

2.1.4 Estudio técnico

Consiste en el estudio de los métodos de producción, evaluación de los recursos destinados para la producción con que se cuenta, análisis del proceso de producción, esto con el fin de establecer parámetros como el tipo de

maquinaria y equipos a utilizar. Con esto logramos: mejorar los estándares de calidad, reducir los costos y mejorar parámetros ambientales entre otros.

2.1.5 Consideraciones Ambientales

Son todas las consideraciones necesarias para preservar el medio ambiente, entre las que podemos mencionar:

Realización de un estudio de Impacto ambiental que incluye:

- Determinar área de influencia
- Determinar impactos ambientales
- Plan de seguridad para proteger el medio ambiente
- Medidas de mitigación
- Plan de recuperación ambiental
- Planes de seguridad y salud ocupacional

En la actualidad uno de los requisitos para la autorización de un proyecto de esta categoría, en este caso la implementación de una planta de asfalto es el realizar un estudio de impacto ambiental. Hay que tomar en consideración que muchos de los productos utilizados en la fabricación de la mezcla asfáltica necesitan ser manejados adecuadamente, además por la naturaleza del proceso se genera ruido y polvo que contaminan el ambiente. De alguna manera es necesario justificar los impactos ambientales por la implantación de la planta con los beneficios que traerá esta.

2.2 Selección de la planta

Los aspectos que hay que evaluar para la selección de una planta, dependerá exclusivamente del criterio de la empresa constructora que la implementará. Por lo regular un factor importante a considerar en la selección de un planta de asfalto es la capacidad en Ton/hora, esto se hace con la necesidad de cubrir los requerimientos de los proyectos de pavimentación que se realizarán utilizando la mezcla que esta planta producirá, además es importante mencionar que los costos de adquisición de una planta son elevados y es más conveniente muchas veces resolver los problemas de producción de otra forma.

2.3 Ubicación de la planta

Son varios los factores que se deben tomar en cuenta para determinar la ubicación de una planta de asfalto:

- Suficiente área para los equipos fijos y móviles
- Proximidad al mercado de mezcla asfáltica
- Proximidad a los proyectos a realizar
- Accesibilidad
- Disponibilidad cercana de materias primas
- Aspectos legales
- Consideraciones ambientales respecto al lugar

De alguna manera se deben integrar estos factores y buscar la opción optima para la ubicación de la planta. Hay que considerar que el área de trabajo comprende área para la planta en si, área para el apilamiento de agregados, área para el tráfico de camiones y maquinaria alimentadora de agregados, área

para rampa de carga de agregados, además áreas para: taller de mecánica, laboratorio, administración, seguridad entre otras.

2.4 Posicionamiento de la planta

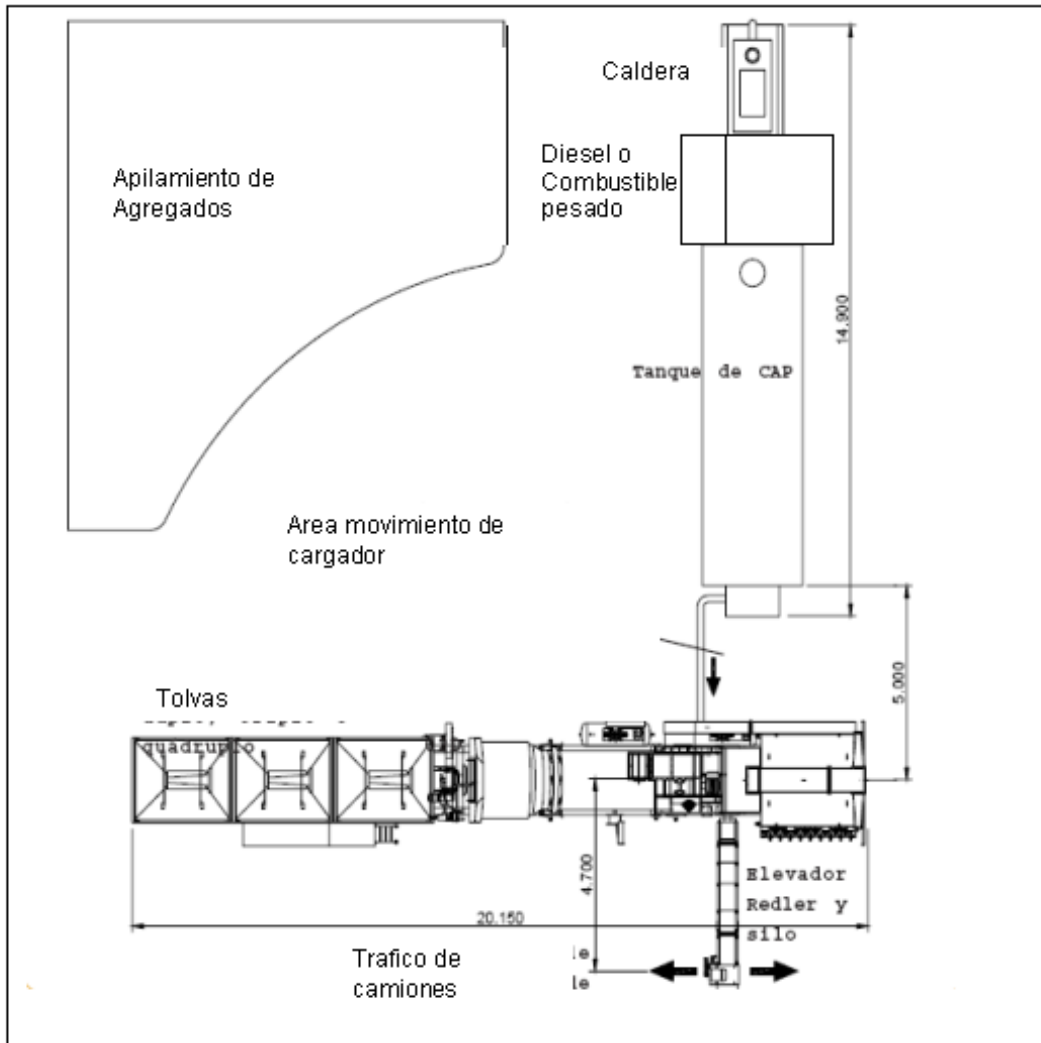
Luego de seleccionado el lugar para el montaje de la planta, esta deberá posicionarse de acuerdo al tráfico de los camiones, asimismo con la dirección del viento, que prevalezca en el lugar; de preferencia la cabina de control deberá situarse de manera que el viento arrastre el polvo lejos de ella al igual que de los motores eléctricos de la planta.

La mayoría de plantas traen esquemas sobre el posicionamiento de todos sus elementos principales, pero algunas veces es necesario hacer modificaciones debido a otros factores, como el área con que se cuenta para su montaje, o por la implementación de otros elementos de interés para la compañía, como una planta productora de emulsión por ejemplo.

Los tanques de combustible y de almacenamiento de cemento asfáltico deben situarse de tal forma que la longitud de las tuberías de alimentación sean las mínimas, y a la vez se facilite el abastecimiento de los mismos, sin que se estorbe el funcionamiento de la planta. Se debe establecer y señalar la forma del tránsito de los camiones dentro de la planta.

Las plantas de tambor mezclador, ocupan menos lugar que las plantas convencionales y resulta mucho más fácil colocarlas (Ver Fig. 8), de la forma más conveniente, máximo si se ubican en áreas urbanas o si es necesario talar árboles en el área rural.

Figura. 8: Vista en planta de la instalación típica de una planta de tambor mezclador



Fuente: CMI-Cifali. **Manual de plantas RD. 2003.** Módulo 05 Pág. 19

La gráfica anterior muestra el posicionamiento de una planta de tambor mezclador, de tamaño y producción de proporción media (100Ton/hora), se puede tomar una idea de las dimensiones necesarias, tomando en cuenta que hace falta las áreas para laboratorios, administración, taller y tráfico de camiones. En esta planta se observa que la cabina de control se ubica al lado de las tolvas y que carece de silo de almacenamiento de mezcla terminada.

2.5 Cimentaciones

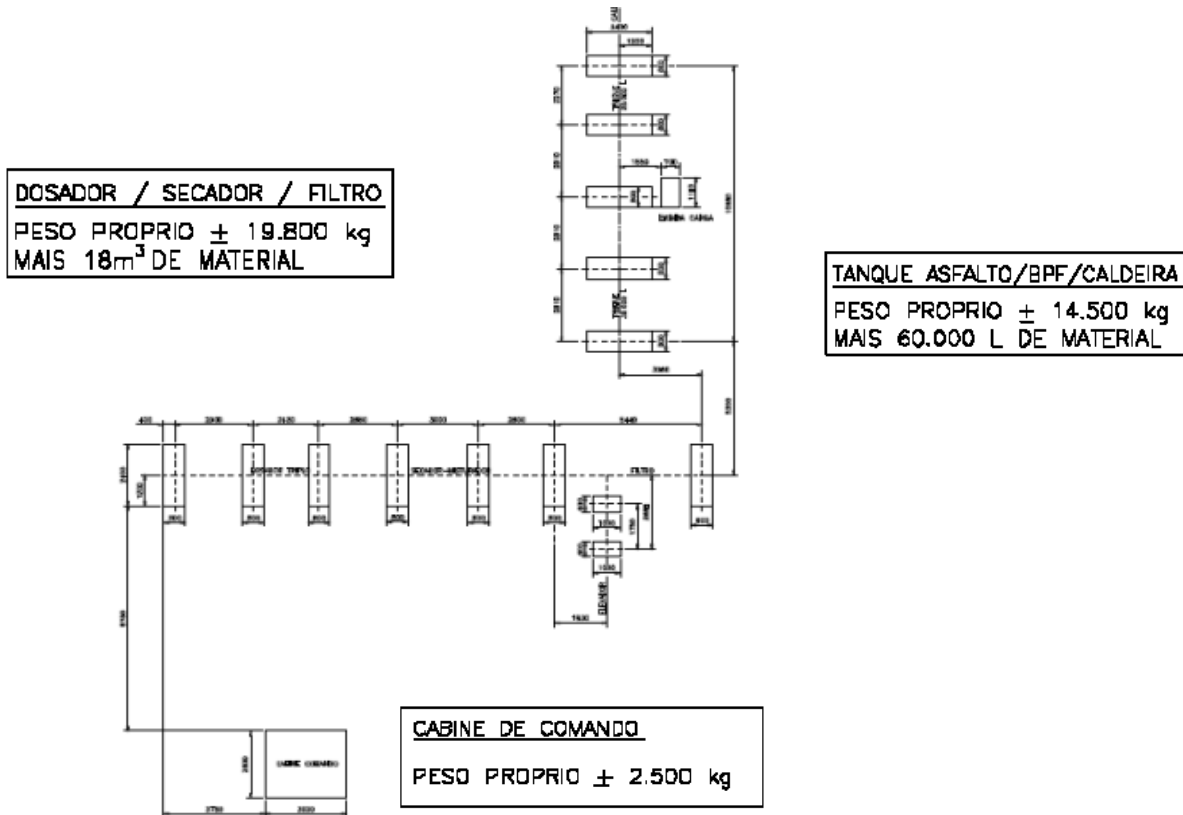
El fin principal de los cimientos es soportar las cargas concentradas de los puntos de apoyo de los distintos elementos de la planta, y distribuirlos sobre el suelo, cuidando que el esfuerzo unitario este dentro de los límites permisibles, para el tipo de suelo que se tenga. De no conocerse las características del suelo, debe efectuarse un estudio para establecer su valor de soporte. De encontrarse un suelo que no cumpla con el soporte adecuado, como un suelo orgánico, deberá hacerse un vaciado hasta encontrarse suelo firme o rellenar y compactar hasta lograr el nivel deseado, sin olvidar que esto influirá en el tipo y dimensiones de la cimentación. Si el suelo firme esta muy profundo se puede utilizar una cimentación sobre pilotes. Si es necesario para incrementar la capacidad de soporte del suelo se puede realizar una sub-base de mampostería sobre la que se apoyen los cimientos.

Por lo general los cimientos se hacen de concreto de alta resistencia, de ser necesario de concreto armado, de dimensiones establecidas según el tipo de suelo y la capacidad de carga ha soportar.

Las construcción de los cimientos se realiza previo al montaje de los distintos elementos; los cimientos se deben proyectar de una manera exacta según las posiciones de los distintos puntos de apoyo de los elementos, ajuste y nivelación, con una secuencia que permita y haga más fácil el montaje de todos los elementos y dispositivos de la planta.

El acabado de los cimientos debe de ser lo más fino posible tratando de conseguir la máxima adherencia entre el cimiento y la placa de apoyo o bastidor.

Figura. 9: Diagrama de la posición de cimientos.



En la figura 9 (ver Fig. 9) se puede observar el plano de la posición de los cimientos y sus dimensiones del cuerpo principal de una planta de tambor, y su tanque de almacenamiento de cemento asfáltico y combustible, ambos en el mismo tanque cilíndrico de tres compartimentos. Las plantas de tambor, por su versatilidad, por el hecho de estar diseñadas para su movilidad periódica, presentan grandes ventajas para su montaje, una de ellas es adaptarse fácilmente a las variaciones del terreno sin mayor dificultad; además son más livianas y ocupan poco espacio en comparación con las plantas convencionales.

2.6 Montaje de la planta

Para el montaje de las plantas convencionales es necesaria la utilización de grúas, y su montaje requiere de mucho tiempo, muchos de sus componentes vienen por separado y no en conjunto, lo que hace necesario armarlos posteriormente a su transporte. El montaje en este tipo de plantas es difícil y peligroso por lo que se deben tomar las medidas precautorias necesarias. Además es necesario contar con personal altamente calificado y con toda la herramienta necesaria.

El montaje de todos los elementos de la planta se realiza posteriormente a la cimentación, en plantas pequeñas, por lo regular plantas de tambor, únicamente es necesario la utilización de un cargador frontal para el montaje de la planta, tomando en consideración que la mayoría de los componentes de la planta son remolques: conjunto de tolvas y tambor, tanque de cemento asfáltico y combustible, generadores eléctricos, cabina de control; En estos casos el montaje principal de estos remolques, consiste en:

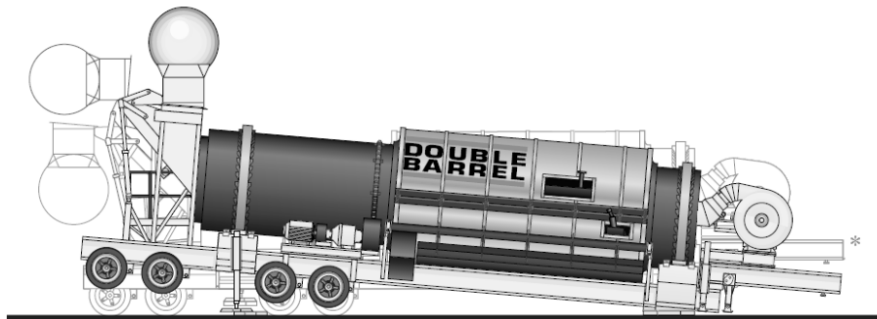
- Ubicarlos
- Bajar el bastidor del remolque y retirar el camión
- Colocar los apoyos de la planta
- Anclar
- Colocar todas las partes que fueron removidas para el transporte
- Realizar la conexión de tuberías
- Realizar las conexión Eléctricas

Estos pasos son los básicos, posteriormente se deberán realizar las revisiones de todo el equipo, reparaciones si fuera necesario, Colocación de dispositivos del equipo de control, calibrar y realización de pruebas.

Para las plantas más modernas e innovadoras en el mercado, el uso de grúas para su montaje quedó en el pasado, y sus fabricantes promocionan el montaje de estas en un tiempo mínimo, incluso de dos horas como campaña publicitaria desde luego, pero en realidad su montaje es rápido, fácil y por lo mismo económico; Este hecho se debe a que son diseñadas para ser móviles en su totalidad y todos sus elementos están dispuestos en conjuntos de remolque para camiones, y están equipadas con sistemas hidráulicos y neumáticos para su nivelación y elevación. En algunos casos no es necesaria la realización de cimientos, únicamente un terreno plano y firme.

Una vez que se colocan en posición los camiones, las máquinas se nivelan provisionalmente usando la suspensión neumática, los equipos de soporte se bajan por manivela para soportar las cargas después de haber desenganchado el camión remolcador y antes de bajar las placas de cemento. La elevación y nivelación finales se hacen con los gatos hidráulicos incorporados y los tornillos elevadores. La posición de operación de casi todos los elementos de la planta pueden ser lograda por medio de sistemas hidráulicos, y de igual forma pueden posicionarse para su transporte. En la figura 10 se ve la posición de operación de un tambor mezclador, las líneas tenues son la posición antes de su montaje.

Figura. 10: Montaje para operación de un tambor mezclador



Fuente: www.astecinc.com Enero 2007

2.7 Realización de Rampa para alimentación de agregados

En la mayoría de los casos, a excepción de algún caso especial, se debe realizar una rampa para alimentar los agregados a las tolvas del sistema de alimentación y dosificación, esta rampa se hace necesario debido a la diferencia de nivel entre el suelo y el borde de las tolvas, y además es necesario que la alimentación de los agregados, por medio del cargador frontal se realice de una manera suave, para evitar apelmazamiento.

Es recomendable la realización de una estructura de mampostería en la parte frontal de la rampa como mínimo para proteger el sistema de alimentación y dosificación en frío y de ser posible a los lados (ver Fig. 11), para darle mayor seguridad y firmeza. Las dimensiones de la rampa será de acuerdo a la cantidad de tolvas que posea la planta, del ancho que ocupen estas y su nivel en la parte frontal lo suficiente para una caída suave y precisa de los agregados. La pendiente deberá ser lo mas suave posible aunque estará limitada por el espacio con que se disponga para la realización de la misma.

Figura. 11: Rampa para carga de agregados



Fuente: Planta de Asfaltos, Sigma Constructores. Palencia 2005.

El material con que se construya la rampa de preferencia deberá ser un material de fácil compactación, podría ser basalto, con una capa superficial de desperdicio de mezcla asfáltica (material proveniente de pruebas de producción de mezcla asfáltica, por lo tanto mal lograda) para impermeabilizarla, o solamente de desperdicio, bien compactado.

En algunos casos las plantas, en su sistema de alimentación y dosificación vienen equipadas con un sistema de tabiques que protegen el sistema de dosificación, haciendo innecesario la construcción del muro frontal de la rampa.

2.8 Instalación del sistema de aire comprimido

El sistema de aire comprimido, esta compuesto principalmente por dos o tres compresores dependiendo el caso, el sistema de tuberías y mangueras, unidades de mantenimiento, válvulas y elementos neumáticos. El sistema neumático se utiliza para realizar las siguientes funciones:

- Proveer aire comprimido para el funcionamiento del quemador
- Abrir y cerrar la compuerta del silo de almacenamiento de mezcla asfáltica
- Accionar compuertas para control de temperaturas
- Proveer aire comprimido al sistema del filtro de mangas (si lo hay)

En la mayoría de los casos es necesario montar los compresores en un lugar apropiado, en algunos casos los compresores vienen montados a la estructura de uno de los remolques, he incluso el sistema viene totalmente instalado. Cuando los compresores no vienen instalados, se hace necesario hacer las conexiones, por lo regular los componentes están instalados pero no están conectados y siempre es bueno verificar su estado.

2.8.1 Instalación de Compresores

Como se mencionó anteriormente, en muchos casos es necesario montar los compresores, por lo general de tipo reciprocantes, en un lugar apropiado tomando en consideración los siguientes factores:

- Ventilación de los compresores
- Accesibilidad para reparaciones y/o mantenimiento
- Seguridad para operar
- Protección contra las inclemencias del ambiente
- Cercanos a las instalaciones de mayor consumo de aire
- Abastecimiento de aire libre y frío

Por lo general, considerando los factores anteriores, se debe construir una caseta para los compresores, un buen modelo para esta puede ser: una construcción de block de piedra pómez de 40cm. de altura, (2 hiladas), malla de calibre 40, hasta la altura de techo (2.00mts). Esquineros de tubo de hierro galvanizado, techo de lámina de zinc, con puerta de malla y marco de tubo con chapa de pasador. La puerta debe permitir el paso de los compresores. Se debe realizar los respectivos cimientos, dejando en la fundición los tornillos para el anclaje de los compresores, la posición de los anclajes debe ser lo mas precisa posible para no fallar, y colocar antivibradores.

Figura. 12: Construcción de caseta para compresores



Fuente: Planta de Asfaltos, Sigma Constructores. Palencia 2005.

2.8.2 Líneas de aire comprimido

Se recomienda para las líneas de aire comprimido la utilización de tubos de acero o de hierro galvanizado, por ejemplo SMS 1786 ó 1886. Hay también tubos hidráulicos, que son de acero fabricados en frío de muy buena calidad. Los tubos de plástico PVC no son recomendables, ya que los mismos se rompen con facilidad. No se debe olvidar la caída de presión cuando se escogen los accesorios necesarios para las líneas de aire comprimido, escójalos de baja resistencia al flujo. escoja las piezas con radio de curvatura grande (por lo menos dos veces el diámetro). A continuación se describen otros accesorios necesarios en las líneas de aire comprimido:

Válvulas: Se recomiendan válvulas de bola con paso total.

Regulador de presión: Se utiliza cuando se necesita una presión estable y cuando no es igual la presión en toda la red.

Uniones rápidas: son necesarias si se desea utilizar algún equipo neumático ya sea para reparaciones, mantenimiento o limpieza de la planta.

Cilindros neumáticos: Son elementos mecánicos, por medio de los cuales se transfiere potencia a un sistema, proveniente de la presión del aire comprimido. Se utilizan para abrir las compuertas del silo de almacenamiento de mezcla asfáltica y para la compuerta de control de temperatura en el filtro de mangas si lo hubiera.

Electro-válvulas: Son las válvulas de mando de los cilindros neumáticos accionadas por controles electrónicos. Libres de mantenimiento.

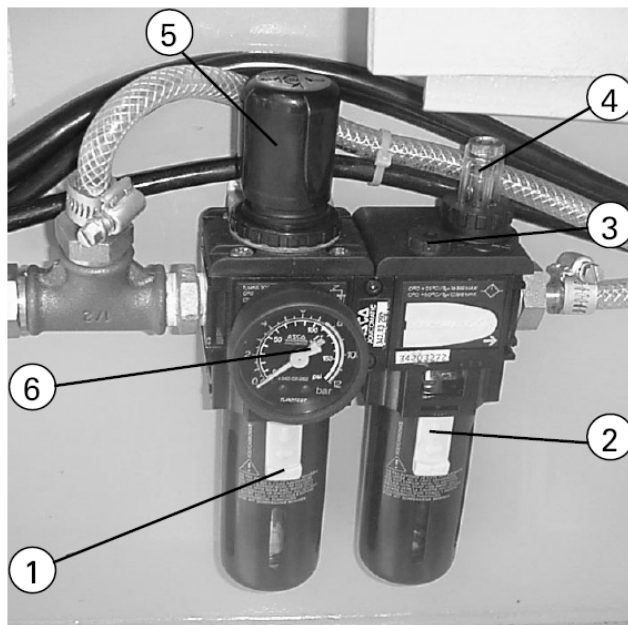
Conjunto de filtro y lubricador de la línea: La vida útil de los cilindros neumáticos y de las electro-válvulas, dependen de este conjunto, este conjunto tiene las siguientes funciones:

Filtrar y retener la humedad

Lubricar el aire proporcionado por el compresor al sistema

Regular la presión del sistema (80 a 120 psi para funcionamiento en la planta)

Figura. 13: Filtro y lubricador de línea neumática



1. Filtro secador
2. Lubricador
3. Tornillo de ajuste
4. Control de lubricación
5. Regulador de presión
6. Manómetro

Es de suma importancia colocar las tuberías de tal forma que no obstruyan el paso en algún lugar o que representen un peligro, se pueden instalar pegadas por medio de abrazaderas a la estructura. Se deben evitar por completo las fugas por mínimas que sean, para evitar que el compresor tenga que trabajar más tiempo para compensar la pérdida; la fuga a la larga representa grandes costos.

2.9 Montaje del sistema de almacenamiento, calentamiento y alimentación del cemento asfáltico

En las plantas convencionales el montaje de este sistema puede ser difícil ya que el sistema se compone de caldera, tuberías, serpentines, accesorios, bombas y tanques, muchos de estos elementos deben instalarse por separado; los tanques se colocan de forma que las tuberías sean las mínimas, para el montaje de estos es necesario la utilización de grúas, para levantarlos y colocarlos sobre los cimientos establecidos para estos. Luego se procederá a la instalación de las tuberías, bombas y accesorios; la caldera deberá ubicarse en un lugar apropiado, donde no sufra daños por las inclemencias del medio.

El hecho de instalar el sistema por separado requiera más tiempo, personal calificado, herramienta y utilización de grúa. Por estas razones las plantas más modernas, por lo regular de tambor secador-mezclador; el sistema es un conjunto montado sobre un remolque, sólo es necesario montar este y hacer las conexiones necesarias, reduciendo tiempo y costos.

2.9.1 Tanques de cemento asfáltico

Los tanques son depósitos cilíndricos que se pueden montar con la utilización de una grúa, en sus bases están provistos de elementos para su apoyo algunas veces con orificios para su respectivo anclaje. Se recomienda realizar una pileta de mampostería con suelo fundido de concreto por cualquier derrame. En la mayoría de casos actualmente los tanques de cemento asfáltico vienen montados sobre un remolque, al que es necesario colocar los puntos de apoyo después de desengancharlo y no es necesario la utilización de grúa. Es necesario verificar que los tanques estén provistos de una válvula de ventilación para evitar que trabajen a presión.

2.9.2 Tuberías de cemento asfáltico

Las tuberías, son el medio de conducción y distribución de los fluidos, en nuestro caso el cemento asfáltico; esta conducción se realiza a cierta temperatura y presión. La adecuada disposición de ductos y tuberías, además de dar un buen aspecto a la instalación, tiene como fin reducir al mínimo las resistencias por fricción.

La instalación de los diferentes equipos interconectados por tuberías debe considerarse desde el punto de vista de facilidad de acceso y de trabajo. En general la red de conductos y tuberías, es la última etapa de la ejecución de un proyecto, pero de antemano debe preverse el espacio necesario para las mismas.

Las tuberías utilizadas para la conducción del cemento asfáltico, son generalmente de acero. Para la selección del tipo de tubería a utilizar, se debe considerar la normalización de los diferentes grupos, entre los que destacan:

ASTM (American Society for Testing and Materials): Analiza materiales, normaliza las especificaciones y procedimientos de ensayo de los materiales entregados por los fabricantes.

ASA (American Standar Association): Trata lo relacionado con sistemas generales, normaliza dimensiones, establece esfuerzos permisibles en función de la temperatura de funcionamiento, establece fórmulas de trabajo para determinar el espesor de paredes, especifica el carácter de la construcción de los accesorios, confecciona un código o reglamento de condiciones mínimas de seguridad y garantía de un sistema.

ASME (American Society of Mechanical Engineers).

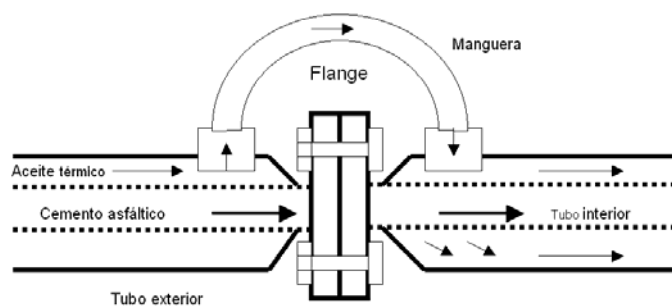
PFI (Pipe Fabrication Institute), y la **API** (American Petroleum Institute): Muestra normas para trabajos de taller e instalación.

API (American Petroleum Institute): Normaliza la instalación de tuberías para la industria del petróleo exclusivamente.

Según especificaciones de la ASTM se pueden utilizar tuberías de Acero al carbono, de acuerdo a las normas ASTM A106 y A53 para la construcción de tuberías de cemento asfáltico; Las presiones de trabajo de estas permisibles son: A53 tiene 270 psi. Y para A106 1130 psi. Se fabrican en grados A y B, El grado B tiene resistencia mecánica alta, pero es menos dúctil y por ello sólo se admite grado A para doblado en frío.

Las tuberías de cemento asfáltico se deben instalar de tal forma que se haga fácil su reparación y mantenimiento, además la colocación de material aislante. Las tuberías para las líneas de cemento asfáltico en algunos tramos deben de ser del tipo encamisadas, estas tuberías son compuestas por dos tubos concéntricos, en donde por el tubo interior circula el cemento asfáltico y en el tubo exterior circula el aceite térmico, el cual provee calor para mantener la fluidez del cemento asfáltico, a continuación se muestra el diagrama de un tramo de tubería encamisada y su respectiva conexión a través de un *flange*. (Ver Fig. 14)

Figura. 14: Tuberías encamisadas



Tipos de juntas o uniones

La instalación o montaje de tuberías se hacen en obra, es decir que las secciones se cortan a la medida y se van empalmando en el lugar de la instalación. Las uniones pueden ser:

Uniones Roscadas: Tuberías de diámetro hasta de 4 pulg. máximo. Las roscas tienen cierta conicidad lo que hace que al apretar queden juntas herméticas.

Uniones soldadas: El perfeccionamiento de la técnica de soldadura ha dado lugar a la reducción de los costos de las uniones de las tuberías de acero haciéndolas soldadas, la ventaja es que pueden soldarse las de tuberías de cualquier tamaño. Si la tubería tiene un espesor $t = 3/8$ o menos se puede soldar directamente, tomando en consideración las especificaciones y diámetro del electrodo. Cuando $t = 3/8$ o mayor debe realizarse un corte a 30 grados en la punta del tubo, para que al unir los dos extremos se forme un ángulo de 60 grados que permita una buena soldadura.

Juntas por medio de bridas: Son una variante tanto de juntas roscadas como soldadas, ya que de ambas maneras se pueden fijar a las secciones del tubo aunque menos, en el caso de las bridas roscadas, pues se limitan a tuberías de diámetros pequeños. La brida soldada, para la instalación de tuberías en plantas industriales es cada vez más usada, ya que permite efectuar labores de mantenimiento y aplicaciones con rapidez y facilidad.

La ASA ha establecido para los fabricantes de bridas y accesorios soldados normas, con respecto al acero usado e impone la obligación a los fabricantes a estampar la presión máxima de trabajo que soportan, además que las dimensiones también se han normalizado de tal manera que las tolerancias

permisibles para bridas y accesorios para tuberías de hasta 10 pulg. de diámetro es del orden de 0.5 mm, y para diámetros mayores es de 1.0 mm. de igual forma para permitir el intercambio de bridas de diferentes fabricantes el número de barrenos de las bridas son siempre en múltiplos de cuatro.

Dependiendo de la presión y de la temperatura del cemento asfáltico o del fluido que se conduce así será el tipo de brida a colocar.

Brida deslizante: Llamadas de esta forma debido a que el diámetro interior de las mismas coincide con el diámetro exterior de los tubos con cierta holgura lo que les permite deslizarse sobre la superficie exterior del tubo. Se usan para presiones hasta de 250 psi.

Bridas de unión a tope: Como lo indica su nombre se unen a la tubería a tope y su uso es para instalaciones donde el fluido tiene presiones mayores a 250 psi.

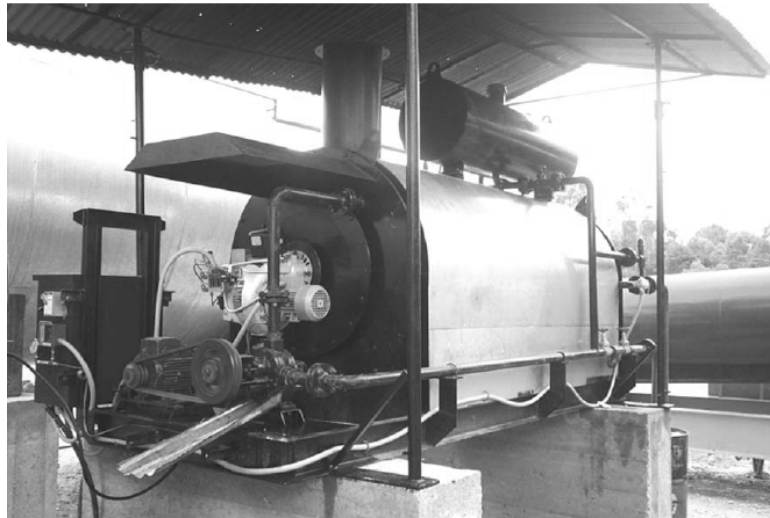
2.9.3 Instalación de la Caldera

Cuando el sistema de calentamiento no viene integrado e instalado en un solo remolque, se tiene que ubicar la caldera en un lugar apropiado, tomando en consideración lo siguiente:

- Accesibilidad
- Protección contra el medio
- Seguridad para su operación
- Cercana a las instalaciones
- Fácil control de la temperatura

Al igual que con los compresores es necesario la construcción de una caseta para protegerla, en la parte inferior es necesario además de sus cimientos la construcción de una pileta hermética previendo la ocurrencia de algún derrame de aceite térmico,(Ver Fig. 15).

Figura. 15. Instalación independiente de Caldera.



Fuente: www.ablisa.com Enero 2007

En la sección 3.7.2 se detalla el funcionamiento de la caldera.

2.10 Montaje del sistema de alimentación de combustible

El sistema de alimentación de combustible está compuesto principalmente por los tanques de almacenamiento y tuberías. Este sistema es el encargado de suministrar el combustible principalmente para el quemador del secador, algunas veces suministra combustible para el funcionamiento de la caldera.

2.10.1 Tanques de combustible

Los tanques de combustible son cilindros metálicos en la mayoría de los casos, aunque en ocasiones pueden ser cilindros de base elíptica. Para plantas pequeñas y plantas de tambor secador-mezclador, los tanques de combustibles son depósitos montados sobre un remolque, siendo necesario únicamente posicionarlos, poner los bastidores y puntos de apoyo sobre los cimientos; se recomienda retirar las llantas del remolque una vez este haya sido montado, pues estas sufren deterioro al estar expuestas a las distintas condiciones del ambiente, se queman con el sol.

En otros casos los tanques de combustible, esta integrado en el depósito de cemento asfáltico, únicamente equipado con una división metálica, ahorrando aún más el trabajo en la instalación y el montaje de la planta.

En muchos casos, los tanques de combustible son depósitos independientes, lo que hace necesario construir una base de concreto armado y nivelarlos, pueden ser instalados a nivel del suelo o en una posición más alta dependiendo de la distribución de los otros elementos de la planta.

Las empresas productoras de combustibles exigen la construcción de una pileta en donde será ubicado el depósito o depósitos, sin importar su nivel, dicha pileta deberá construirse de mampostería, con acabado fino para impermeabilizarla, esto con el objeto de preveer algún derrame o fuga de combustible, las dimensiones de la pileta deberán estar calculadas para que esta pueda contener exactamente la totalidad de la capacidad de combustible del tanque. Además se recomienda construir la pileta con una pendiente hacia el lugar más idóneo y hacer un pozo para poder recolectar el combustible derramado y evitar de esta manera la contaminación.

2.10.2 Tuberías de combustible

Para el diseño e instalación de las tuberías del sistema de alimentación de combustible se deben de considerar las observaciones descritas en la sección 2.9.2, además debe considerarse el tipo de combustible que se utilizará para el funcionamiento del quemador, pues este influirá en el tipo de tubería y accesorios a utilizar. En general las tuberías del sistema de alimentación de combustible son más sencillas, especialmente si el combustible a utilizar es diesel, pues este fluye más fácilmente que otros combustibles más pesados. El montaje de las tuberías deberá realizarse posterior al montaje de los tanques de combustible, y deberán instalarse de acuerdo a la mejor disposición, evitando que representen un peligro tanto para la operación de la planta como para el personal, se recomienda sujetar la tubería a la estructura de la planta por medio de abrazaderas, tratando que en los tramos fijos quede esta lo más rígida posible, y donde se utilicen mangueras se deberán evitar las fugas.

2.11 Montaje de Caseta de Control

En la mayoría de los casos la caseta de control es una unidad independiente, exceptuando algunas veces en la que la cabina de mandos, viene montada en el remolque del sistema de alimentación de agregados, o en algunos otros casos vienen en conjunto con el silo de almacenamiento y transportador escalonado, en un mismo remolque; siendo de esta forma únicamente habrá que colocar el remolque en su posición, y sobre la cimentación que este requiera y listo. De no ser así la caseta de control habrá que ubicarla considerando los siguientes factores:

- Tránsito de los camiones
- Ubicación del silo de almacenamiento
- La dirección del viento no debe facilitar la llegada de polvo
- Facilitar la vista del operador hacia las tolvas
- La posición y nivel de la caseta debe facilitar la vista del operador hacia la carga de los camiones

Posterior a la consideración de los factores mencionados se procederá a la construcción de los cimientos, estos pueden ser una estructura de concreto armado o cimientos de pilotes, con anclajes para sujetar la caseta. Como se mencionó es necesario en muchos casos, que la caseta de control sea instalada a un nivel superior al del suelo, esto hace necesario la construcción de un módulo de gradas, estas se pueden construir de metal o de mampostería.

2.12 Montaje de silo y transportador escalonado.

El sistema de compensación y almacenamiento de mezcla asfáltica, anteriormente fue una opción ventajosa para las plantas convencionales, ahora se ha convertido en una necesidad para plantas de tambor mezclador. El equipo es seleccionado de acuerdo al tamaño y a la naturaleza de las operaciones de producción en particular. Algunas plantas de tambor pequeñas, no cuentan con el silo de almacenamiento, únicamente con un transportador escalonado que sube la mezcla hasta el nivel donde es cargada por los camiones, este cuenta con un pequeño depósito en su extremo superior para evitar la segregación; la necesidad de este es por el nivel en que sale la mezcla, en las plantas de bachada o convencionales el nivel es superior por las condiciones de mezclado y no es necesario un transportador escalonado.

Actualmente, las plantas de tambor son las más novedosas, y como se mencionó anteriormente, se debe considerar el uso de los silos de almacenamiento y su respectivo transportador escalonado.

Previo al montaje del conjunto de silo y su respectivo transportador escalonado, deberá realizarse los cimientos para el o los silos, y para el extremo inferior del transportador escalonado, dichos cimientos deberán realizarse considerando:

- Dimensiones de los elementos
- Las cargas muertas y vivas
- El tipo de carga respecto a los puntos de apoyo
- Esfuerzo debido a los vientos
- Sismología del lugar
- Tipo de suelo

Por lo regular los cimientos del silo y transportador se realizan en concreto armado, dejando fundidos en ellos las canastas, o anclajes. Un factor muy importante que se debe considerar preliminarmente a la construcción de los cimientos es la correcta posición de los mismos, esta se calculará consultando la información sobre las dimensiones de los elementos, en caso que no se cuente con esta, será necesario dimensionar estos dos elementos y posteriormente se deberá trazar la posición de los cimientos con gran cuidado tomando en consideración las distancias y niveles respectivos.

Al tener los cimientos, se procederá primero al montaje del silo sobre sus respectivos cimientos, considerando que el transportador escalonado, descansa en uno de sus extremos sobre la base respectiva en el silo. En la mayoría de los casos es necesario la utilización de grúa para el montaje de este conjunto,

debiéndose tomar todas las medidas de seguridad necesarias para este trabajo. Por último, se deberá colocar las tuercas a las puntas de la canasta para fijar los apoyos a los cimientos.

Actualmente, se encuentran en el mercado plantas de tambor que cuentan con conjunto de silo y transportador escalonado montados sobre un solo remolque, y además equipados con sistemas hidráulicos para su posicionamiento.

2.13 Montaje de la báscula

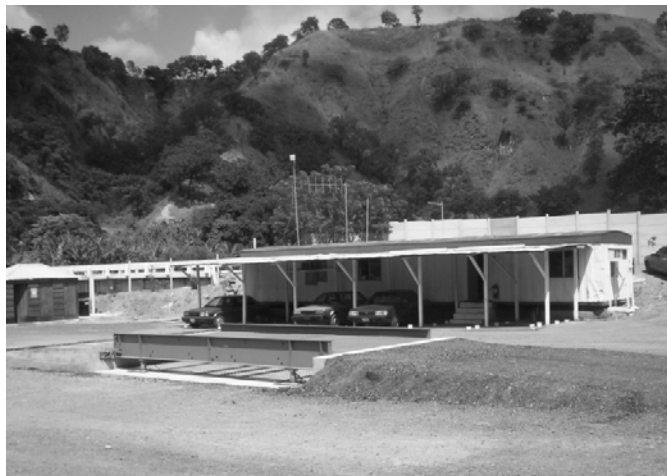
Las básculas son elementos complementarios utilizados en las plantas para mezcla asfáltica en caliente, su función es la de pesar el contenido de mezcla asfáltica que transporta cada camión, esto se realiza pesando inicialmente el camión sin carga (tarado), de esta forma se calcula el peso de carga inicial; luego de que el camión es cargado se vuelve a pesar, con esto tenemos el peso de la carga final, realizando una simple operación de carga final menos carga inicial sabemos la carga de mezcla asfáltica.

Las dimensiones de la báscula dependerán del tipo y capacidad de la misma, y éstas a su vez de los requerimientos de la planta. Los cimientos se realizarán considerando la capacidad y tipo de la misma, En algunas ocasiones las básculas son colocadas sobre piletas construidas de mampostería por debajo del nivel del suelo, se tiene la ventaja que de esta manera no constituyen ningún obstáculo sobre la superficie pero lamentablemente si no se cuenta con un buen sistema de drenaje, en épocas lluviosas estas piletas se convierten en piscinas, dañando los sistemas inferiores de la báscula y haciendo difícil su reparación y mantenimiento.

Otra alternativa para el montaje de las básculas es construyendo sus cimientos por encima del nivel del suelo, en forma de “U” de concreto reforzado y en los extremos de salida y entrada realizar rampas para el acceso de los camiones. Las básculas son elementos constituidos por un conjunto de partes, vigas tipo “I”, mecanismos, plataforma, células de pesaje, resortes, según sea el caso, su montaje se puede realizar con la ayuda del cargador frontal, tomando en consideración todas las medidas de seguridad, que implica este trabajo.

En la actualidad, la tecnología ha logrado desarrollar las básculas electrónicas, las cuales son más rápidas y precisas además pueden incorporarse a sistemas computarizados, lo que las hace más eficientes y eficaces, el elemento de medición consiste en un elemento piezoeléctrico sensible a la deformación, cuando una carga se sitúa en la plataforma de la báscula dicho elemento se comprime, variando la resistencia del sensor, esta variación puede emplearse para determinar el peso del objeto sobre la plataforma.

Figura. 16: Bascula camionera



Fuente: Planta de Asfalto, Sigma Constructores, Palencia 2005.

Durante el montaje deberá tomarse todas las medidas de seguridad, para evitar accidentes, se puede utilizar el cargador frontal para realizar esta tarea, en el montaje de básculas electrónicas, deberá tenerse especial cuidado con el manejo y la colocación de la plataforma sobre los elementos de carga electrónicos, pues al exceder el límite de impacto de estos, se dañan y será necesario reponerlos, hay que tomar en cuenta su elevado costo y la dificultad para conseguirlos. La exactitud en la construcción de las bases que alojaran la báscula interviene en el buen funcionamiento de la báscula y también en la duración de las células de carga.

2.14 Instalación de generadores

Hasta este momento no se había mencionado el hecho de que el funcionamiento de los componentes de las plantas de asfalto se realiza en gran parte con motores eléctricos trifásicos. Este hecho nos lleva a necesidad de buscar una fuente de suministro de energía eléctrica, en algunos casos esta fuente lo constituye el suministro de la línea de distribución de energía eléctrica regional suministrado por la empresa que venda este servicio, siendo necesario solicitar el mismo y verificar que la línea sea trifásica.

En otros casos por otros factores como inaccesibilidad de servicio de energía eléctrica adecuado o ninguno; hay que recordar que la ubicación de las plantas de asfalto en muchos casos se lleva a cabo en lugares lejanos, donde primero hay que mejorar la infraestructura vial, antes de pensar en servicio de energía eléctrica. Esta situación nos lleva a pensar en la instalación y utilización de generadores de energía eléctrica, estos como es sabido, emplean combustibles como diesel o gasolina para accionar el motor de combustión interna que mueve el generador.

Los generadores deberán ser ubicados tratando de que las líneas eléctricas sean lo más corto posible y que no constituyan un obstáculo en el funcionamiento de la planta; deberán integrarse al conjunto, al igual que la caldera deberán ser instalados de tal forma que se pueda tener acceso a los controles, para monitorear el valor de las variables y para la realización de las tareas de mantenimiento y/o reparación. Por el hecho de ser máquinas accionadas por motores de combustión interna, los generadores, liberan gran cantidad de calor, por lo que se recomienda su instalación en un lugar ventilado y lejos del polvo.

Los cimientos deberán realizarse de concreto reforzado, calculando su capacidad de soporte según sea el caso con sus respectivos anclajes, para evitar que se muevan debido a la vibración que se genera. Actualmente, en muchos casos, las plantas de asfalto son totalmente móviles porque se construyen remolques pequeños techados donde previamente se realiza el montaje de los generadores, y sólo es necesaria la ubicación idónea de estos, hacer las conexiones necesarias, revisar el equipo y todo estará listo para operar.

Líneas eléctricas

Las líneas eléctricas, no son más que los cables que llevarán la energía desde el área de generación hasta las consolas de control y mando y luego hacia los motores ubicados en los distintos elementos de la planta: bombas, reductores, ventiladores, etc.

Todas las líneas eléctricas de la planta deberán ser construidas según el manual del fabricante de la planta, deberán evitarse las modificaciones, salvo en caso necesario con la presencia de asistencia técnica o profesionales en el

ramo. Se recomienda la instalación de las líneas de manera que no representen un obstáculo para el tránsito, tanto de maquinaria como de personal, se pueden hacer subterráneas, en los tramos que sea necesario, protegiéndolas dentro de tubos pvc, teniendo cuidado de que sean totalmente herméticas para evitar que entre agua o cualquier otra sustancia, o incluso animales que puedan dañarlas. En los tramos dentro del conjunto de la planta se pueden alojar a los chasis de los remolques sujetándolas a través de abrazaderas metálicas o poliméricas, siempre para evitar que estas obstaculicen. Por lo general en la mayoría de las plantas las líneas eléctricas dentro del conjunto de la planta vienen preinstaladas, y en las plantas más modernas el sistema de líneas eléctricas viene provisto de conectores y bandejas para una instalación más rápida y fácil.

Los tableros de control y mandos eléctricos, siempre vienen preinstalados en algún lugar de la planta. No se debe realizar ningún trabajo de montaje, operación y/o mantenimiento en las líneas eléctricas ni en los tableros de mandos eléctricos, si la fuente esta suministrando energía a los mismos, salvo en alguna situación que el equipo así lo requiera, en este caso se debe tomar las medidas de seguridad necesarias y que el trabajo sea realizado por personal calificado.

2.15 Instalación del sistema de iluminación.

Posterior al diseño del sistema de iluminación más conveniente para el funcionamiento de la planta se procederá a la instalación de las luminarias, por lo general se colocan luminarias en postes de altura considerable, se debe considerar la colocación de luminarias que se utilizarán únicamente cuando la planta esta en operación en horas de la noche, y las luminarias que funcionan por las noches para seguridad de las instalaciones. El nivel de iluminación

durante la operación de la planta deberá ser lo suficientemente fuerte, para que todas las actividades se desarrollen de una manera segura y eficaz.

La instalación y/o montaje de las bases y de los luminarios en sí, según el tipo de cada uno, deberá ser en lugares donde:

- Cumplan con su función según el diseño del proyecto de iluminación
- No constituyan un obstáculo para la operación de la planta
- Su ubicación promueva la seguridad del luminario
- Su montaje sea lo más fácil posible
- Su ubicación haga fácil su mantenimiento

2.16 Sistema de protección contra descargas electroatmosféricas

Se recomienda por la naturaleza de las instalaciones la colocación de dispositivos de protección contra descargas electroatmosféricas, pararrayos, como bien es sabido, una descarga de este tipo podría causar grandes daños no sólo en los equipos sino incluso la pérdida de vidas humanas si no se cuenta con esta protección. Los pararrayos deben de ser instalados en la parte más alta de las instalaciones; establecen una vía de baja resistencia para el paso de la descarga y evita de esta manera que ésta pase a través de la estructura, con esto se evitan daños en los equipos y/o daños personales.

Puesta a tierra

La puesta a tierra de las plantas debe seguir las normas preestablecidas y exigidas por las autoridades respectivas, por supuesto que no sucede lo mismo en todos lados, pero es necesaria la correcta puesta a tierra para la seguridad de las instalaciones y del personal. La estructura de la planta y todas las partes conductivas normalmente sin tensión deben enlazarse a tierra, en otros términos, permanentemente todas las partes de la planta deben ser eléctricamente interconectadas a través de cables a varillas de cobre de 2 metros.

Para la puesta a tierra del equipo, se debe colocar un sistema de puesta a tierra, que deberá hacerse verificando el tipo de suelo en que se encuentre en las instalaciones.

La distancia mínima entre las varillas que se entierran debe ser por lo menos igual a la longitud de la varilla instalada.

La inspección periódica de la varilla

Periódicamente verifique los puntos de abajo donde se conecta el cable con la varilla enterrada, además verifique:

- La conexión de los cables en las varillas enterradas.
- La conexión de los cables en los componentes de la planta.
- El estado y puntos donde pasan los cables
- La resistencia máxima de conexión a tierra debe ser 12 Ohms.

2.17 Desmontaje y transporte de plantas para mezcla asfáltica en caliente

En la actualidad la mayoría de plantas son totalmente móviles, esto hace que las tareas de montaje y su posterior desmontaje sea más fácil y rápido; éste hecho se debe a que las plantas, por la naturaleza del proceso de producción de mezcla asfáltica en caliente no pueden estar demasiado alejadas de los proyectos donde se utilizará la mezcla, hay que mencionar que la mezcla deberá ser compactada dentro de los límites técnicos permitidos de temperatura.

Por esta razón, se debe optimizar las tareas de montaje, donde se pretende realizar instalaciones seguras para la buena operación de la planta pero que tampoco representen grandes inversiones en las mismas; una planta puede permanecer de uno hasta diez años según sea el caso en un mismo lugar, pero también pueden ser algunos meses, también hay que tomar en cuenta la capacidad y el tipo de planta, por lo general las plantas intermitentes son estacionarias.

El desmontaje se realiza iniciando con los elementos más sencillos de la planta, o que sirvan de unión entre los componentes de mayor tamaño, como bombas, tuberías, ductos, etc. Se recomienda hacer la respectiva limpieza a todos los componentes de la planta, no así la aplicación de pintura, puesto que en el desmontaje, transporte y nuevamente el montaje esta podría dañarse. Hay elementos de la planta que requieren cierto cuidado en el desmontaje y transporte, como lo son los elementos del sistema de control, entre estas las células de pesaje, sensores, electrovalvulas, que de preferencia se deberán retirar de los equipos antes de desmontar y transportar estos.

Las tareas tanto de montaje como de desmontaje suelen ser trabajos que presentan cierto tipo de riesgos, se recomienda utilizar el equipo adecuado así como la intervención de personal calificado para dichas tareas.

La mayoría de plantas, en la actualidad vienen compuestas por un conjunto de remolques, cada remolque es por lo regular es un sistema completo que integra la planta. Por ejemplo el conjunto de tambor secador-mezclador, equipado con su quemador, y la salida de mezcla viene en muchas plantas en un solo remolque, al igual sucede con el sistema de alimentación de agregados en frío, el conjunto de tolvas constituyen otro remolque. Es necesario previo al traslado de los remolques una inspección general del estado de los mismos principalmente de:

- Sistema de frenos
- Sistema de suspensión
- Estado del *pin master*

Otra condición que se recomienda revisar es la condición y tipo de quinta rueda que posee el camión, hay que recordar que la quinta rueda y el pin master es el punto de unión entre el tractocamión y el remolque si esta conexión no tiene la suficiente capacidad se pone en riesgo la vida de muchas personas y además el costo a pagar por los daños que ocasionaría el accidente. Existen en el mercado quintas ruedas diseñadas para sistemas de remolques rígidos, como lo son tolvas, o tanques, que brindan mayor seguridad y estabilidad en el transporte.

Por último, hay que considerar para el transporte de la planta las condiciones de la ruta previamente elegida, ésta se elige tomando en cuenta lo siguiente:

- Los tipos de vías de acceso al lugar
- Horas de menor tráfico en determinados tramos
- Legislación sobre transporte pesado, en zonas urbanas
- Altura de estructura de puentes
- Capacidad portante de puentes

Se recomienda para el traslado de los remolques, hacerlo independientemente, uno a uno, con esto se evitará se hagan largas filas de vehículos, y con los que ocupan gran parte del ancho de la vía, además de colocar elementos de precaución, se recomienda que los acompañen dos vehículos equipados con sistemas de precaución (luces, sonido) para evitar cualquier percance. Por último, se recomienda que los operadores de los camiones sean pilotos de experiencia comprobada.

3. OPERACIÓN DE LAS PLANTAS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

3.1 Proceso de producción de mezcla asfáltica en caliente

El principal objetivo de las plantas de asfalto, en el proceso de producción de mezcla asfáltica en caliente, es la dosificación exacta de los agregados pétreos y la del cemento asfáltico, según el método de diseño de la mezcla y el tipo en sí de ésta. Posteriormente se deberá controlar el proceso de secado-mezclado, que difiere según el tipo de planta y es donde se consideran la temperatura y humedad de los agregados; así como la temperatura del cemento asfáltico.

Como se mencionó en secciones anteriores en las plantas continuas convencionales, como en las plantas de bachada, el proceso de secado y mezclado se da de manera totalmente independiente, por el contrario en las plantas de tambor secador-mezclador es un proceso continuo, lo que ha hecho de que las plantas de tambor mezclador, sean más versátiles y eficientes.

En la actualidad la producción en plantas de tambor secador-mezclador ha logrado llegar hasta 600 Ton/hora, con la ayuda de la implementación del sistema de compensación y almacenamiento, se puede producir diferentes volúmenes de mezcla. Las plantas de tambor secador-mezclador pueden producir todos los diferentes tipos de mezcla sin ningún inconveniente. En la actualidad la mayoría de las plantas más modernas son del tipo tambor secador-mezclador, por esta razón en las secciones siguientes se hará mayor énfasis en la operación de estas.

Hay que tomar en consideración que previo a la producción en cualquier tipo de planta se deben seguir ciertos lineamientos generales según sea el caso:

- Revisión general de la planta
- Establecimiento de tipo de mezcla a producir
- Análisis de los agregados
- Análisis de cemento asfáltico
- Calibrado de la planta
- Revisión de suministros de materia prima
- Revisión de suministros de operación de la planta (combustible, gas, lubricantes).
- Disponibilidad de operarios
- Consumo de la mezcla

3.1.1 Producción en plantas intermitentes

El proceso de producción de mezcla asfáltica en caliente da inicio cuando un cargador frontal alimenta las tolvas con los agregados pétreos previamente analizados para el tipo de mezcla a producir y según el método de diseño de la misma, seguidamente el operador de planta inicia el arranque de esta, según la secuencia indicada en el manual del fabricante; hay que tomar en cuenta que los hornos de planta ya verificaron en este momento que la temperatura del cemento asfáltico este dentro del rango correcto de las especificaciones técnicas de producción.

El sistema de alimentación de agregados en frío compuesto principalmente por las tolvas, se encarga por medio de las compuertas graduables colocadas en la parte inferior de éstas (de 2 a 3 diámetros del agregado), alimentar de

forma uniforme los agregados en frío, estos son llevados por las bandas transportadoras y pesados por las células de pesaje de forma individual, las bandas transportadoras son accionadas por motores eléctricos a través de fajas y un motoreductor, de esta manera caen al colector rápido que los lleva y los deposita en forma conjunta y continua al cilindro secador. En el secador se retira la humedad de los agregados y son calentados hasta la temperatura necesaria para su mezclado, al final del secador está el sistema de extracción de gases y el sistema colector de finos, estos dos sistemas se encargan de proporcionar a la vez, oxígeno para la combustión, retirar los gases de combustión y atrapar las partículas que estos llevan, para su reincorporación al mezclador.

Una vez secados y calentados los agregados son llevados hacia los silos de almacenamiento en caliente, a través del elevador escalonado, que opera continuamente, accionado por motores eléctricos a través de sistemas de bandas, poleas y un moto reductor; posteriormente los agregados son seleccionados, según la granulometría necesaria por medio de cribas vibratorias, las cuales los clasifican y rechazan los de tamaño no conveniente, Una vez cribados son depositados en los silos de almacenamiento en caliente, donde esperan ser depositados en la tolva pesadora, conjuntamente con el relleno mineral, luego son vertidos al mezclador, simultáneamente se mide la cantidad de cemento asfáltico en un tanque caliente y se vierte por cada revoltura.

El proceso de mezclado se realiza cuando ya la cantidad de agregados ha sido pesada y el cemento asfáltico fue medido. La mayoría de plantas intermitentes utilizan un mezclador de ejes paralelos de martillos el cual mezcla íntimamente el material. Ya cuando se termina el mezclado se vierte directamente al camión o puede existir un sistema de compensación y

almacenaje aunque no es muy necesario. El tiempo de mezclado dependerá de la capacidad en volumen del mezclador y de la producción deseada. De esto depende el sincronismo y la cantidad dosificada por el sistema de alimentación de agregados en frío. Es de esperar que los silos de almacenamiento de agregados calientes deban estar listos para proporcionar la cantidad de agregados para la siguiente mazada cuando el mezclador vierta la mezcla asfáltica ya terminada. En algunas plantas modernas de bachada, se cuenta con el sistema de alimentación de material a reciclar; este material se vierte directamente a la tolva pesadora.

3.1.2 Producción en plantas continuas de tambor secador-mezclador

Al igual que en las plantas intermitentes el proceso de producción de mezcla asfáltica en caliente en las plantas de tambor secador-mezclador da inicio cuando la máquina de carga, por lo regular un cargador frontal llena inicialmente las tolvas del sistema dosificador de agregados, cada tolva es llenada con un solo tipo de agregado, esto según sea el tipo de mezcla a producir, y posterior al análisis granulométrico de los mismos.

Posteriormente, se revisa la temperatura del cemento asfáltico y se procede al arranque en la secuencia determinada, según el manual del fabricante de la planta, las bandas transportadoras de cada una de las tolvas empieza a acarrear cada uno de los agregados a la banda colectora, cada una de las bandas está equipada con una célula de carga, las que se encargan de monitorear automáticamente el peso de cada uno de los agregados, este sistema de control hace las correcciones necesarias para la dosificación de cada uno de los agregados, variando la velocidad de cada uno de los motores que acciona el motoreductor que transfiere la potencia a los rodos de las

bandas transportadoras, cumpliendo de esta manera la correcta dosificación de cada uno de los agregados.

En la banda colectora, a medida que pasa cargada sobre una célula de pesaje, el peso es registrado en toneladas hora, y una lectura es normalmente corregida para dar cuenta de la humedad en el agregado, puesto que los datos del agregado seco son utilizados en laboratorio para establecer el porcentaje de cemento asfáltico que requiere la mezcla, además, por medio de la lectura mostrada por el pesaje en la banda colectora se puede apreciar cualquier variación en la alimentación de las tolvas.

En la actualidad los sistemas de control de las plantas de tambor mezclador pueden hacer correcciones de dosificación de agregados, variando la velocidad de las bandas y/o controlando el flujo de cemento asfáltico hacia la parte de mezclado.

Posteriormente a la dosificación de los agregados, estos son depositados en el tambor secador-mezclador, que podría decirse es el corazón de la planta, en éste los agregados son inicialmente secados, retirándose así la humedad, por lo regular no mayor al 5%; Luego son calentados para proseguir, siempre dentro del mismo tambor a su mezclado con el cemento asfáltico de manera continua. Estas acciones se consiguen gracias al movimiento giratorio del tambor. Por último la mezcla es elevada por el transportador escalonado hacia un depósito el cual abre y cierra con determinada frecuencia para evitar la segregación, dependiendo de la velocidad de producción; en otros casos se cuenta con el sistema de compensación y almacenaje de mezcla; previo a la descarga hacia los camiones. La temperatura de la mezcla es monitoreada a través de sensores de temperatura ubicados en la salida del tambor, esta debe estar dentro de los límites establecidos.

Hay que mencionar que el sistema de secado se hace posible gracias a la acción del quemador en el extremo superior del tambor secador-mezclador; En el extremo inferior del tambor secador-mezclador se encuentra el sistema de extracción de polvos, ya sea de vía seca o vía húmeda, los cuales retiran las partículas finas del tambor y las atrapan para evitar la contaminación. En las siguientes secciones de este capítulo se detallará el funcionamiento y operación de los principales sistemas de las plantas de tambor secador-mezclador.

3.1.3 Proceso de producción de mezcla asfáltica en caliente con reciclaje de material

Para describir el proceso de mezcla asfáltica con reciclaje de material es necesario definir algunos términos; El material a reciclar es el que ha sido recuperado de pavimentos asfálticos previamente compactados y que por algunas razones son retirados por medios mecánicos, algunas plantas cuentan con el sistema de alimentación, pesaje e incorporación del material recuperado al sistema de mezclado.

En las plantas en la que se puede reciclar material, la única variante con las plantas de tambor secador-mezclador, es que el tambor cuenta con una entrada más para el material recuperado, con lo que se tiene un sistema de alimentación doble. En este sistema los agregados vírgenes se introducen dentro de la admisión del tambor estándar; El material recuperado se agrega en una segunda admisión de alimentación que está a medio camino dentro del tambor, lejos de la llama del quemador y en una zona de alta temperatura.

Los agregados vírgenes y el material recobrado son mezclados, esta mezcla es tratada con una cantidad de diseño de asfalto líquido, con lo que se obtiene la mezcla final.

La diferencia entre las plantas de tambor-secador y las plantas de tambor secador-mezclador que pueden reciclar material, como se mencionó anteriormente, estas últimas cuentan con la entrada para material recobrado, pero este hecho implica que el diseño interior del tambor sea diferente a un tambor normal. La posición de las paletas o tablillas que conforman las diferentes zonas del tambor con entrada para material recobrado son distintas.

El proceso comienza en la primera zona, el área de la llama del quemador en donde los agregados vírgenes entran al tambor. Esta zona tiene dos tipos de tablillas, las grandes ranuradas con bordes dentados y las tablillas en forma de "L" que empiezan a pocos centímetros dentro del tambor. Esta combinación de tablillas hace que el agregado virgen se revuelva por mucho más tiempo a través de la llama del quemador. Por lo mismo, los agregados vírgenes absorben mucho calor que transmitirán al material recobrado. Las tablillas ranuradas también promueven la absorción del calor al crear un flujo de material más parejo y al eliminar los vacíos de aire causados por el efecto de velo de los materiales en las mezcladoras de tambor convencionales. Las tablillas ranuradas producen un efecto filtrante, con los gases calientes pasando en medio de las partículas individuales acarreadas en el aire, en lugar de pasar a través de los vacíos de aire, la segunda zona también tiene la misma forma de tablillas y el calor que se transmite desde la llama del quemador a los agregados vírgenes continua en esta área, con un aumento de densidad del material.

La tercera zona es donde el material recobrado entra al tambor, a través de las compuertas de vaivén en el collar de la alimentación. El material recobrado es introducido a medio camino en el tambor, es importante mantenerlo protegido de la llama del quemador. La transmisión de calor y el proceso de mezclado continúan hacia la cuarta zona, la inyección del relleno mineral y la de asfalto líquido se lleva a cabo en esta zona. Las tablillas de la quinta zona están diseñadas para crear una acción de transición. La mezcla de los agregados vírgenes y recobrados continúa fluyendo más rápidamente.

En la última zona se completa el mezclado y la mezcla terminada sale del tambor ya sea al transportador escalonado o al sistema de compensación y almacenaje.

En lo que se refiere al sistema de extracción de gases de combustión y recolector de finos, el proceso se lleva a cabo de la misma forma que en una planta de tambor secador-mezclador normal.

3.2 Funcionamiento del sistema de alimentación de agregados

La calidad y homogeneidad de los agregados son factores de gran importancia para la producción de concreto asfálticos, según la especificación del plan y en la calidad requerida del grupo entero de la planta. Otro factor importante es el cuidado con respecto al almacenamiento y movimiento de los agregados: estos deben estar en un lugar ancho, de manera que se evite la humedad y que se mezclen los montones de diferente granulometría unos con otros.

La distancia entre los silos de agregados y el lugar del almacenamiento debe ser el más pequeño posible, permitiendo la mayor agilidad en la

alimentación, aumentando la potencia productora de la planta y la seguridad en el funcionamiento de aprovisionar. Deben mantenerse constante los niveles de agregados en los silos, para que la densidad de los agregados se condicione, dentro de éstos y no esté sujeto a grandes variaciones que pueden alterar el flujo del material.

También obsérvese que para ningún tipo de mezcla, los agregados no deben pasarse de un silo para otro. Para protección contra las lluvias puede usarse lonas impermeables o construir pabellones del almacenamiento. Para evitar la mezcla de materiales diferentes, es conveniente construir barreras o particiones entre los montones. Éstos normalmente son algunos ejemplos de recomendaciones clásicas en los sitios de la construcción, pero deben desarrollarse otras soluciones conforme con los recursos y condiciones del lugar de la instalación. El operador del cargador frontal al llenar la pala de agregados, debe tener la precaución de no raspar la tierra, evitando así extraer lodos extraños con los agregados. Lo ideal es depositar los montones de agregados en un suelo compactado y/o preparado; al hacer el llenado de los agregados en los silos, la descarga del cargador frontal deben ser de manera suave, porque de manera brusca los agregados se apretarán en el fondo del silo, dañando el flujo, principalmente de los agregados más finos.

Figura. 17: Apilamiento de agregados



Fuente: CMI-Cifali. **Manual de plantas RD. 2003.** Módulo. 02A Pág. 04

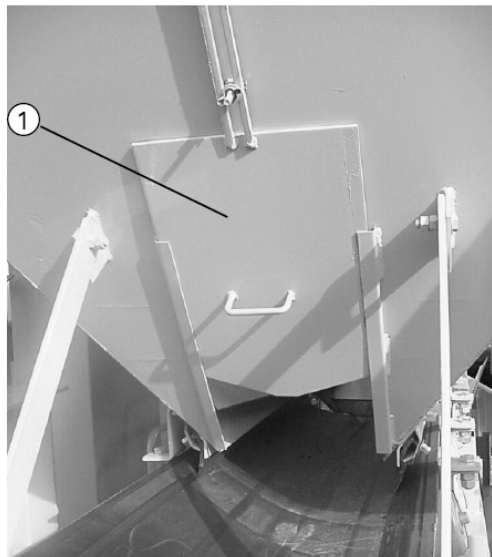
3.2.1 Dosificación de agregados

La producción requerida de la planta se regulará a través de lo siguiente: la afinación de la apertura de la compuerta (ver Fig. 17) de los silos, combinada con la variación de la velocidad de bandas dosificadoras, poniendo a punto las compuertas de las tolvas.

Ajuste de la compuerta de las tolvas

El criterio para el ajuste de la apertura de las compuertas (1), en el dosificador con agregados de granulometría más grande, en otros términos, los que poseen el material de mayor tamaño, la apertura de la compuerta debe ser aproximadamente dos veces y medio en el tamaño de éstos. Eso es importante para evitar que la lona de las correas se dañe con la fricción de los agregados. Ver Figura 18.

Figura. 18: Compuerta dosificadora



Fuente: CMI-Cifali. **Manual de Plantas RD. 2003.** Módulo 02A Pág. 05

Después del calibrado de la planta, la apertura de las compuertas no debe alterarse. Si esto es necesario, restablezca el calibrado; apriete la tuerca mariposa firmemente, para que las compuertas no se muevan. Las compuertas de los silos de agregados deben estar libres de cualquier objeto extraño que puede obstruir el paso del material. Se recomienda que durante la operación de la planta una persona se asegure de verificar la posible existencia de objetos extraños.

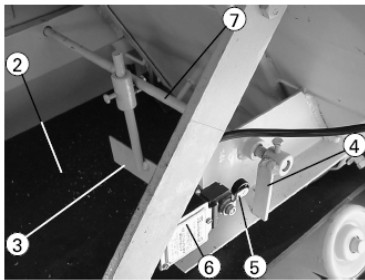
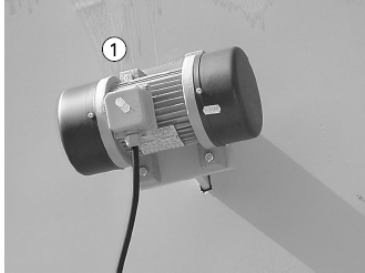
En algunas plantas que cuentan con sistemas de control de pesaje simple, es necesario restablecer el calibrado para cada cambio de línea de mezcla a producir. Debiendo cambiar la posición de las compuertas. Sin embargo para las plantas más modernas, las cuales cuentan con sistemas de control más sofisticados se puede trabajar con varias líneas o tipos de mezcla sin necesidad de recalibrar la planta; no siendo necesario mover las compuertas.

3.2.2 Utilización de vibradores en tolvas

Como trabaja: un vibrador se coloca en la pared lateral del silo(s); Hay que considerar que el uso fijo del vibrador produciría problemas de apelmazamiento. La alimentación eléctrica del circuito de accionamiento del vibrador pasa por el interruptor del mecanismo de control de dosificación de la banda o correa. El uso de motovibradores se recomienda sobre todo para los silo(s) que operan con los agregados finos, los que normalmente presentan problemas de irregularidad de flujo debido al apelmazamiento.

Sin embargo, el accionamiento del vibrador sólo ocurre cuando falta el material en el cinturón. Esta situación se descubre por el palpador, cuando este baja se cierra el circuito, puesto que la palanca cierra el interruptor haciendo funcionar el motovibrador.

Figura. 19: Motovibrador y su sistema de accionamiento



1. **Motovibrador**
2. **Banda transportadora**
3. **Palpador**
4. **Palanca**
5. **Rodo de accionamiento**
6. **Interruptor**
7. **Eje giratorio**

Fuente: CMI-Cifali. **Manual de Plantas RD. 2003.** Módulo 02A Pág. 08

La posición del palpador influirá en el momento en que se accionara el motovibrador (ver Fig. 18), si se gradúa de modo que quede más alto, se accionará más rápido, esto influirá también en el tiempo de respuesta de la disminución del material en la banda.

3.2.3 Bandas transportadoras

Las correas están montadas bajo de los silos dosificadores y tienen el propósito de dosificar y descargar a los agregados en la Correa transportadora rápida. Las correas dosificadoras trabajan por la acción de motoredutores de 3,0 CV, de velocidad variable que se logra a través de los inversores de frecuencia montados en la cabina de mando.

Correa transportadora rápida: La función de la correa transportadora rápida es transferir los agregados de las correas dosificadoras para dentro del tambor secador-mezclador. En algunas plantas el colector rápido esta equipado con una célula de pesaje para calcular la producción en ton-hora.

Guías: Tienen la función de encauzar el material que circula en las bandas dosificadoras evitando que este caiga. En los extremos inferiores de las tolvas se ubican dos laterales y una trasera, dichas guías deben posicionarse a 1mm de distancia entre su extremo y la banda transportadora, esto para evitar el contacto directo, que causaría desgaste a los dos elementos.

Raspadores: Las correas dosificadoras poseen un raspador externo y la correa transportadora posee un raspador interior y uno externo, en esta última cerca de la entrada del tambor-secador.

Los raspadores externos tienen el propósito de soltar a los agregados para evitar que se adhieran en la lona de las correas.

El raspador interior, de la correa transportadora, se fija en el lado interior de la correa transportadora, para impedir que algunos materiales adhieran a la correa y dañen la lona, hasta podría rasgarse. Para todos los raspadores, la fijación del raspador de goma debe regularse periódicamente.

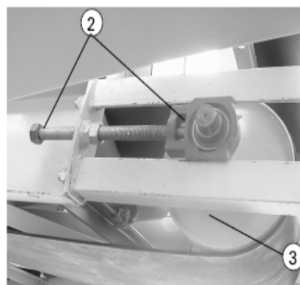
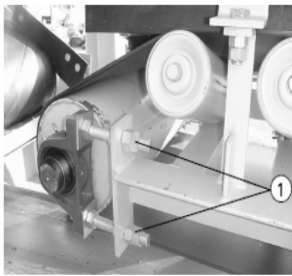
Ajuste de la tensión y alineación de las correas. Después de la instalación de la planta, regule la tensión y la alineación de las lonas de las correas, transportadora y dosificadoras. En ambos casos, el ajuste de la tensión y la alineación de la correa, se hace de una manera simultánea, el ajuste debe hacerse a través de las tuercas al igual en la correa transportadora, a través de los tornillos estiradores. La regulación debe hacerse inicialmente con las correas sin agregados (vacías) y después puede ser necesario algún ajuste pequeño al trabajar con la carga. Ponga la correa en funcionamiento y observe

la tendencia eventual del mismo al movimiento para un lado. Espere algunos segundos para observar el que ejecuta la reacción en la estructura, mientras va corrigiendo en caso sea necesario.

La corrección del desplazamiento lateral de la lona, debe hacerse a través de las tuercas o tornillos estiradores, encuadrando el rodo-guía para que la correa se centre (alineación).

La correa tiende a moverse al lado de menor tensión. En este caso, suelte el tensionador (ver Fig. 19), aflojando las tuercas del lado de mayor tensión y reduzca la tensión; aumente la tensión en el otro lado, hasta centrar la correa.

Figura. 20: Elementos para tensionar las bandas



1. Tuercas
2. Tornillo estirador
3. Rollo guía

Fuente: Planta de Asfaltos. Sigma Constructores. Palencia 2005.

Sistema de secado y mezclado

Para las plantas de tambor, luego de la dosificación el tambor es el corazón del proceso, el tambor secador mezclador tiene la finalidad de secar los agregados proveniente de los silos dosificadores y mezclarlos al ligante asfáltico. El secador es proyectado para trabajar en las condiciones de media humedad, hasta 5% en los agregados. El nivel de humedad sobre este valor reducirá el rendimiento de la planta, siendo necesario aumentar el consumo de combustible del quemador, para mantener la misma producción de cada hora.

3.3.1 Tambor secador-mezclador

En la primera sección interior están dispuestas una serie de tablillas que hacen que los agregados sean elevados y caigan obligatoriamente a través del flujo de gases calientes provenientes del fuego del quemador. Esta manera, logra su función de quitar la humedad de los agregados, así como calentarlos hasta la temperatura especificada para la última mezcla.

En su segunda sección, la inyección del cemento asfáltico o ligante es hecho por la bomba de engranajes en cantidad ordenada por el microprocesador que controla la dosificación. En esta sección las tablillas están dispuestas de forma que se pueda hacer la mezcla de los agregados con el cemento asfáltico, así como retener una porción importante del particulado que está arrastrándose por el sistema del extractor, con los gases calientes provenientes del quemador.

Divisiones del tambor

El secador puede separarse en 2 zonas principales que son:

- A - Zona de secado
- B - Zona de mezcla

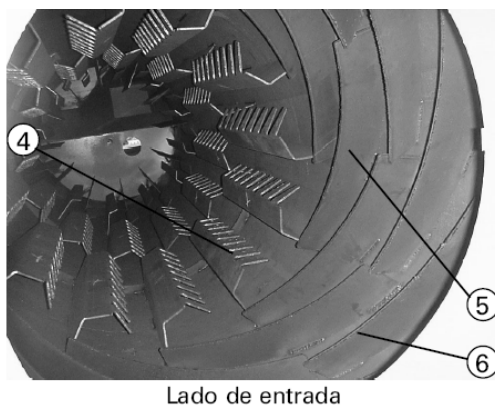
Zona de secado

Es el área del secador - equivalente a 2/3 de la longitud del tambor dónde el quemador ejerce 2 funciones básicas:

1. Quitar la humedad del agregado
2. Aumentar la temperatura del agregado, hasta el máximo requerido por el tipo de mezcla a producir.

Por ejemplo, en algunas regiones es regla que La diferencia de temperatura entre el cemento asfáltico y los agregados, al alcanzar la zona de la mezcla, no puede ser superior a 15 °C y la temperatura de la masa, en la salida del mezclador, no puede ser superior a 177 °C.

Figura. 21: Vista interior del tambor lado de entrada



4. Tablillas de secado

5. y 6. Tablillas especiales, tiradores

Fuente: CMI-Cifali. **Manual de Plantas RD. 2003.** Módulo 03A Pág. 05

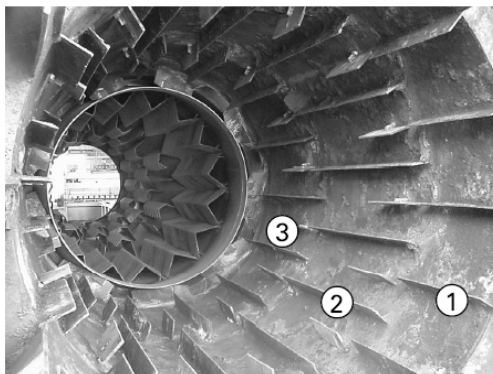
La zona de secado también incluye la zona de la combustión, equipada con tablillas especiales, estas tablillas, llamadas “los tiradores”, empujan el material que entra en el secador hasta el punto de secaje, impidiendo que el material se levante dentro del silo y se caiga delante del fuego o dentro del área de combustión.

Esta área posee una longitud de 1.5 m. en la dirección longitudinal del tambor. La función básica de las tablillas del secador en esta área es separar al máximo los agregados causando el efecto cascada, separando el material más fino del agregado grueso. Con esto, se transmite mayor energía térmica y crece el rendimiento del sistema.

Zona mezcla

Esta área empieza al final del área de secado y va al punto dónde la barra esparcidora de asfalto y *filler* consiguen alcanzarse. Por esta razón la longitud de las barras nunca debe alterarse porque afectará la longitud del área de secado.

Figura. 22: Vista interior del tambor lado de salida

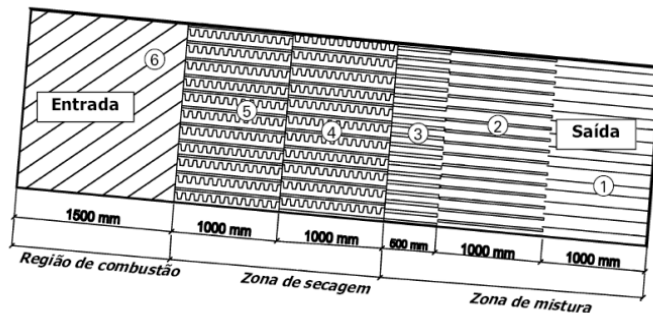


1,2 y 3
Tablillas de
fin de
mezclado

Fuente: CMI-Cifali. **Manual de plantas RD.** 2003. Modulo 03A Pág. 05

La inclinación del tambor respecto a la horizontal es aproximadamente de 5° dependiendo el modelo y/o diseño de la planta, la velocidad de giro del tambor es constante, y la longitud de cada área, incluyendo también el diseño de las tablillas puede variar de un fabricante a otro, pero siguen la misma función. En la siguiente figura se muestra las longitudes de las distintas zonas, de un sistema clásico en un tambor secador-mezclador.

Figura. 23: Dimensiones de las zonas de un tambor secador-mezclador



Fuente: CMI-Cifali. **Manual de Plantas RD. 2003.** Módulo 03A Pág. 06

Por trabajar con algunos tipos de líneas con el porcentaje alto de agregados finos y ligante asfáltico, es necesario periódicamente hacer la inspección y limpieza dentro del tambor, porque la acumulación de material que se pega a las paredes y a las tablillas mezcladoras, dañará la calidad de la mezcla. El secador se inclina en relación con la horizontal (5°) como se mencionó y semejante inclinación aliada a su rotación, determinan el tiempo utilizado por los agregados para cruzarlo. Los agregados entran en el secador en su extremo más alto donde se localiza el quemador y lo dejan por la parte de atrás para llegar al ascensor escalonado. Para alcanzar la máxima productividad y eficacia, es necesario observar el funcionamiento de cada parte de la planta de asfalto. La dosificación correcta de los agregados, el ajuste del quemador y el extractor de gases que vienen del tambor-secador, porque estos componentes deben formar un conjunto armónico. Siempre se debe encender primero la llama -piloto y sólo después, accione la inyección de combustible del quemador.

Ajustes en el sistema de apoyo del tambor

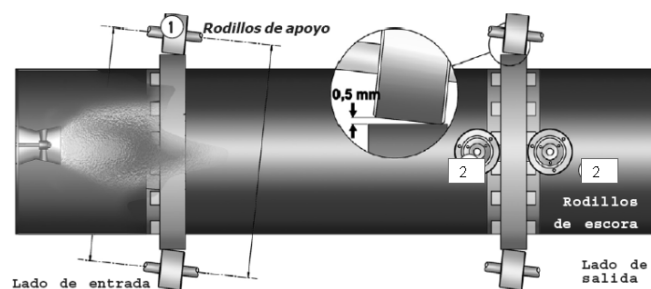
Para una afinación correcta del tambor secador, después de trabajar los motores, se debe verificar la acción del equipo para observar los posibles

problemas de ajuste cuando éste se halle operando en el régimen de trabajo, ya que pueden suceder variaciones debido a la elevación de la temperatura y a la carga en el tambor secador-mezclador.

Para su ajuste:

Suelte los tornillos de fijación de los rodos de apoyo del tambor con el tambor en movimiento y con carga, regule cada rodo de apoyo, a través de los tornillos de afinación según el caso (levantar o bajar), manteniendo un contacto perfecto entre el anillo y el rodo. A través de los tornillos provoque un ligero desalineamiento en el rodo de apoyo, para ajustar el tambor respecto a los rodos de carga. Los desalineamientos deben ser tales, que el espacio entre uno de los lados de los rodos y los anillos del tambor, sea de 0.5 mm. Observe que, a pesar del desalineamiento de los cuatro rodos de apoyo éstos deben mantener un paralelismo entre ellos, en otros términos, los desalineamientos deben ser los mismos entre los 4 rodos. Por otra parte, tendremos rodos que mueven el tambor hacia arriba y abajo provocando un desgaste excesivo entre los anillos y rodos. En la siguiente figura se puede observar la correcta posición de los rodos de apoyo del tambor (1) además se observan los rodos de desplazamiento axial, estos evitan que el tambor se deslice hacia abajo o hacia arriba.

Figura. 24: Posición de Rodos del Tambor



Fuente: CMI-Cifali. **Manual de plantas RD. 2003.** Módulo 03A Pág. 07

Las afinaciones de los rodos de apoyo (1), deben hacerse de una manera lenta, porque la respuesta en la conducta del conjunto, tarda algunos momentos; La afinación se hará completamente cuando se verifique, que se esta en las condiciones normales de trabajo, una conducta uniforme de los rodos de apoyo y los anillos del tambor. Los rodos de apoyo de desplazamiento axial (2) son componentes de seguridad, que limitan el movimiento del tambor hacia arriba o hacia abajo. Estos rodos deben regularse en su altura y distancia entre centros. En las situaciones normales de trabajo, el anillo del tambor será de vez en cuando capaz de:

- Tocar el rodo de apoyo de desplazamiento axial inferior sin la carga
- Tocar el rodo de apoyo de desplazamiento axial superior con la carga

La condición anterior puede evaluarse por el desgaste de los rodos de apoyo de desplazamiento axial y anillos, el mismo debe ser reducido y uniforme. La afinación definitiva es hecha con el tambor en régimen de trabajo (con la carga), y después de haber sido realizada, los tornillos de fijación deben estar firmes. Para recordar, esto puede verse las diferencias de conducta del tambor cuando se esta en régimen de trabajo, debido al aumento de temperatura y a la carga en el secador, por consiguiente, debe supervisarse el funcionamiento del conjunto periódicamente para las posibles afinaciones.

Una vigilancia constante en la afinación del tambor garantizará una vida útil más larga, en los rodos de apoyo, rodos de apoyo de desplazamiento axial y anillos, evitando con esto, la necesidad de mantenimiento mayor en estos componentes.

Ajuste de la altura de los rodos de apoyo de desplazamiento axial:

Se logra cambiando los espaciadores, por otros de espesor apropiado.

Ajuste de la separación de los rodos de apoyo respecto al anillo:

Se logra soltando los tornillos y colocando los rodos de apoyo de desplazamiento axial de acuerdo a la posición requerida.

3.3.2 Conjunto del quemador

El quemador que es utilizado en las plantas se desarrolló con el propósito de quitar la humedad de los agregados que entran en el tambor secador-mezclador (área secante) y para calentarlos hasta la temperatura necesaria para la dosificación del asfalto líquido (área de la mezcla). Existen diversidad de modelos de quemadores utilizados para plantas de asfalto, su principio y función es el mismo en todos los casos con algunas variantes.

A continuación se describe el funcionamiento de un quemador clásico, utilizado en las plantas de asfalto. El quemador proporciona un alto rendimiento térmico. La función de la inyección de aire comprimido en el pico aspersor, perfecciona la pulverización del aceite combustible así como, hace posible la afinación de intensidad del fuego a través de un servo-motor. Todavía se presenta, una reducción considerable, del consumo de combustible y un índice menor de emisión de gases. Posee un sistema de encendido automático a distancia, (a través de llama-piloto), accionada a través del botón de toque, instalado en el tablero de control de la cabina asegurando con eso, agilidad y seguridad en el funcionamiento.

El sistema de combustión desarrollado por el quemador se constituye por la acción conjunta de tres componentes:

- El combustible presurizado (por la bomba de engranajes)
- El aire comprimido para el pico atomizador del combustible
- El aire del ventilador, necesario para la combustión.

Observando el esquema siguiente:

El combustible llega por gravedad hasta la bomba de engranajes (7), dónde se presuriza hasta el valor ajustado en la válvula reguladora de presión del combustible (8), la presión puede ser visualizada en el manómetro (9). El combustible entra por la parte de atrás del quemador y sigue por un ducto individual hasta el pico atomizador (16). El aire comprimido con la presión ajustada en la válvula (19), entra por un ducto paralelo al de combustible.

Las dos líneas se mezclan al llegar al pico atomizador (16), proporcionando la perfecta atomización del combustible. La afinación de la presión de combustible y aire comprimido (ver la tabla III), es uno de los factores predominantes para la perfecta atomización, además de la temperatura del combustible y calidad del aire comprimido. En el caso de usar combustible no-diesel (el aceite pesado), el aumento de la temperatura es proporcionado por un intercambiador de calor (o rectificador de temperatura - 2), instalado en la línea de alimentación.

La tabla siguiente, relaciona las presiones de aire comprimido y de los combustibles más utilizados:

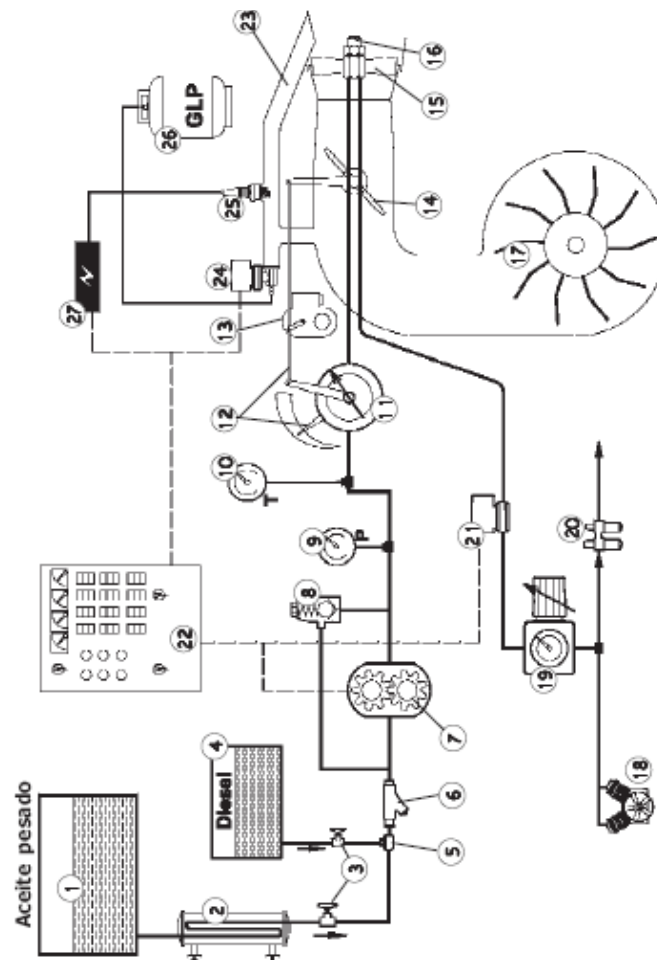
Tabla III: Relación de presiones de los combustibles

Combustible	Presión del aire	Presión del combustible
Bunker C	92 psi.	21 a 78 psi.
Diesel	57 psi.	14 a 42 psi.

El aire insuflado por el ventilador (17) proporciona oxígeno necesario a completa reacción de la combustión. El flujo de aire del ventilador es alterado por una válvula reguladora (14), del tipo mariposa, que trabaja en sincronismo

con la válvula micrométrica de combustible (11), manteniendo la proporción en la dosificación de la mezcla, independiente de la intensidad del fuego.

Figura. 25: Esquema de los componentes de un quemador



Fuente: CMI-Cifali. **Manual de plantas RD. 2003.** Módulo 03A Pág. 11

Componentes del quemador

1. Tanque de aceite pesado
2. Intercambiador de calor: usa aceite térmico.
3. Válvulas de registro
4. Depósito de aceite diesel: se usa dos minutos después del arranque y dos minutos previos a apagar el quemador.
5. Conexión "T", permite utilizar dos tipos de combustible
6. Filtro pantalla. Debe lavarse cada 50 horas o semanalmente.
7. Bomba de combustible (de engranajes)
8. Válvula de ajuste de presión de combustible
9. Manómetro de combustible
10. Termómetro de combustible
11. Válvula micrométrica: ajusta el flujo de combustible y por consiguiente la intensidad del fuego.
12. Indicador del sincronismo de la válvula de combustible y la válvula de aire.
13. Servo-motor: controla la válvula micrométrica de forma sincronizada con la válvula de aire.
14. Válvula del tipo mariposa: regula el aire del ventilador
15. Turbo alimentador de aire
16. Pico atomizador de combustible
17. Ventilador: mantiene el flujo de aire insuflado para completar la quema de combustible
18. Compresor
19. Conjunto de manómetro más válvula para regular la presión de aire del pico del atomizador según sea el tipo de combustible.
20. Unidad de preparación de aire comprimido: filtro secador, lubricar y graduación de presión del circuito general del compresor.
21. Válvula eléctrica de liga, desliga del flujo de aire para el atomizador
22. Panel de control de la planta

23. Ducto para gas de la llama piloto
24. Electro-válvula de paso de gas propano
25. Bujía
26. Tanque renovable de gas propano
27. Bobina accionadora de bujía

Todos los componentes identificados anteriormente, tiene el objetivo de obtener una combustión completa, logrando gran productividad:

- Generación de 4800×10^3 BTU / Hora
- Consumo de aproximadamente 4 a 6 litros de combustible por cada tonelada de hormigón asfáltico producido
- Sistema de afinaciones que permiten el uso de combustibles diferentes, manteniendo perfecta la quema del combustible. De esta manera, se consigue mantener los niveles apropiados para las exigencias ambientales, y una baja emisión de elementos residuales de la combustión para la atmósfera.
- Accionamiento del quemador: empezando en la cabina de mando de la planta.

Consideraciones sobre el combustible

La reacción de la combustión es la fuente generadora de energía térmica, utilizada para calentar los agregados en una planta para la producción de concreto asfáltico caliente. Tres factores intervienen en esta reacción:

El combustible: Es la sustancia entera capaz de reaccionar con el carburante y liberar calor. Normalmente se utiliza como combustible en plantas para mezcla de asfalto aceite diesel, bunker C o gas propano.

Carburante: En la combustión convencional, es el oxígeno que constituye 21% del aire atmosférico aproximadamente.

La temperatura: cada combustible posee una temperatura debajo de la cual no hay combustión. La temperatura mínima para iniciarse el proceso de la combustión se denomina punto de inflamación. Teniendo una mezcla apropiada de combustible y comburente, en la temperatura misma o superior al punto de inflamación, la combustión después de iniciada, dura mucho tiempo hasta que le falta cualquiera de los tres factores.

La velocidad de la reacción de combustible puede influenciarse por:

El estado físico del combustible: los combustibles sólidos (carbón) se queman más despacio que los líquidos y éstos a su vez, más despacio que los gaseosos. Los combustibles normalmente utilizados en las plantas de asfalto son líquidos; algunas plantas de asfalto usan GLP o gas natural. La temperatura del combustible: Cuanto más alta sea la temperatura, más alto será la producción de gases y más rápidamente se sentirá la reacción de la combustión.

El área específica del combustible: la reacción de la combustión pasa en la superficie. Por consiguiente, cuanto más grande sea el área específica del combustible, más rápido será la combustión. Por esta razón, el sistema de inyección del aire y combustible del quemador, libera la mezcla bajo la forma de una niebla fina, aumentando la superficie expuesta al calor. Para que ocurra una perfecta atomización del combustible, es necesario que el mismo llegue al quemador en la viscosidad especificada por el fabricante. Si no se tiene este cuidado habrá aumento del consumo de combustible, y además habrá formación de residuos, hollín y dañando el sistema de filtro seco debido a la quema incompleta.

La operación de encendido de los quemadores siempre fue de gran riesgo para el funcionamiento del equipo de la planta, por ser hecho de manera manual con la utilización de antorchas.

En este quemador, el encendido es hecho desde dentro de la cabina de mando en la siguiente sucesión:

Ponga el quemador en una escala mediana de potencia y nunca en el máximo

a) Accione el botón “llama Piloto”, hasta que aparezca el fuego en la salida del tubo de GLP, delante del pico pulverizador. Al accionar el botón “llama Piloto”, se abre a válvula solenoide de paso de gas propano y alimenta el transformador de la ignición, eso provoca una centella en la vela de la ignición, empezando la combustión del gas propano en la salida del tubo.

b) Cuando aparece el fuego en el tubo de GLP, accione la bomba de combustible a través de la llave. Después de algunos momentos accione el ventilador del quemador.

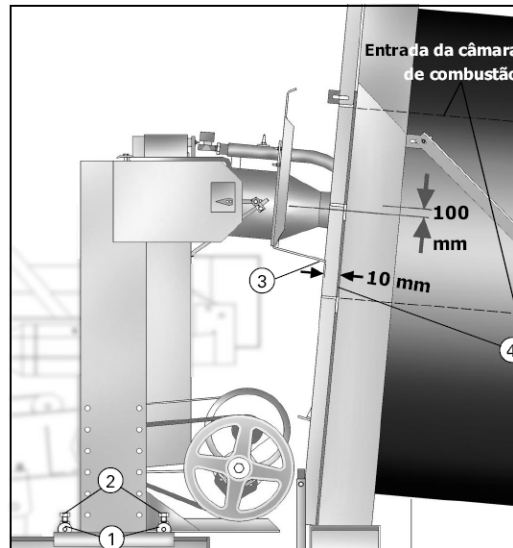
Uno de los artículos que necesitan ser verificado después de la instalación de la planta y antes de encender el quemador, es el posicionamiento del conjunto del quemador con relación a la entrada del tambor secador (o cámara de combustión).

Debe verificarse el ajuste cuando:

A) Distancia en relación al tambor secador-mezclador.

B) La altura respecto a la entrada del tambor secador-mezclador (la cámara de combustión).

Figura. 26: Posición clásica del quemador



Fuente: CMI-Cifali. **Manual de Plantas RD. 2003.** Módulo 03 Pág. 17

El conjunto del quemador se fija a la estructura del conjunto por medio de tornillos. Por consiguiente, para su ajuste basta soltar los tornillos de fijación cerca de los pies del quemador y mover hasta la posición ideal: el pliegue del espejo corta-fuego (3) debe ser a 1.0 mm de la lámina de la pared de la cámara de combustión (4) Ver Fig. 25.

La altura respecto a la entrada de la cámara de combustión del centro del pico del quemador debe moverse a aproximadamente 100 mm. debajo del centro de la entrada de la cámara- El ajuste si es necesario, debe hacerse alterando la combinación de montaje de los agujeros de los tornillos de fijación. Para eso, quite los 4 tornillos de los lados y levante el conjunto del quemador de abajo, usando dispositivos apropiados y seguros. Verifique que la afinación en ambos lados sea la misma y reinstale los tornillos.

3.4 Sistema colector de finos

Como se mencionó en la sección 1.5.3, se utilizan los colectores de finos, para retirar las partículas en suspensión, que se generan durante el proceso de secado y mezclado; existen dos tipos de colectores de finos, los colectores de finos vía húmeda y los colectores o filtros secos.

3.4.1 Colector de polvo vía húmeda

Como se mencionó en los colectores vía seca, los gases del proceso son extraídos por el ventilador extractor; ayudando también a la combustión dentro del secador, luego son regados con agua atomizada aproximadamente 80Gls. /min. dependiendo el diseño de la planta.

El agua y el flujo de gases abrumado de partículas finas en una forma de flujo ciclónico llegan al tubo venturi y la mezcla densa de agua y polvo se remueven y se transfiere a los estanques de asentamiento.

Tanques de asentamiento

Consisten en una construcción de una fosa o depósito de mampostería, para la decantación de sólidos, en dos secciones: la primera destinada a sólidos y la segunda a líquidos. Estas dos secciones se conectan por medio de un vertedor que tiene la función de recuperar el agua para su recirculación. El principal inconveniente de este sistema, es el de no eliminar totalmente los residuos que provocan la contaminación ambiental. Además se necesita vaciar las piletas cada cierto tiempo y mayor espacio.

3.4.2 Colector de finos vía seca

Uno de los grandes avances en la tecnología de plantas de asfalto es la creación de los sistemas de recolección de finos vía seca, sus costos son más elevados, pero son más limpios e integrados al funcionamiento y operación de las plantas de asfalto. A continuación se describirá el funcionamiento y operación de un filtro de mangas, como suele llamársele por la forma de sus elementos filtrantes.

Filtro de Mangas

Las plantas de asfalto en general, son equipos que por la característica de su actividad (producción de concreto asfáltico), trabajan con la quema de derivados de petróleo y gran cantidad de agregados finos, siendo este un tipo de material que puede ser altamente contaminante. El filtro de mangas es un equipo anti-polución sumamente eficaz para lugares dónde la emanación de partículas no excede los 90 mg/ m³. Básicamente el filtraje es hecho a través de las bolsas de tejido, con la recuperación del particulado colectado para el reaprovechamiento en la mezcla asfáltica. La atención al ajuste correcto y funcionamiento del conjunto de la planta, son factores que ciertamente pueden minimizar los elementos contaminantes y todavía mejorar la acción y la productividad de la planta de asfalto.

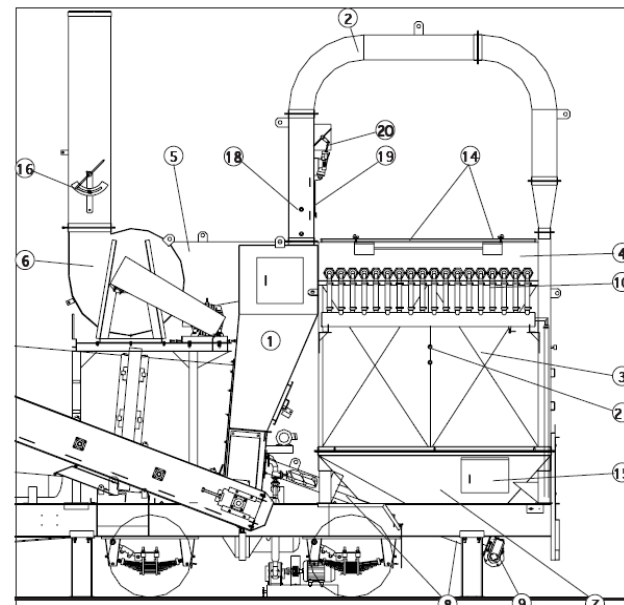
Identificación de los componentes

1. La cámara de aspiración, en la salida del tambor.
2. Ducto de conexión entre la salida del tambor y la cámara de filtrado.
3. La cámara de aire saturado o cuerpo intermedio, donde se localizan las mangas.

4. La cámara de aire limpio, parte superior de las mangas: el aire saturado, después de pasar por las mangas (eso retiene las partículas del polvo), alcanza la cámara superior (de aire limpio), de dónde es succionado para el extractor.
5. El canal de sección rectangular que lleva el aire limpio a la succión del extractor.
6. Extractor: responsable del flujo del aire a través del filtro, siendo posible el filtraje por las mangas.
7. La cámara inferior, recuperadora de finos: forma un laberinto, precipitando las partículas retenidas por las mangas.
8. Rosca transportadora: quita el material acumulado en la cámara inferior y lo mueve para la zona de mezcla del tambor-secador (*drum*), reduciendo la circulación de éstos por el filtro y reincorporándolo a la masa asfáltica
9. Moto reductor de accionamiento de la rosca transportadora (tornillo sin fin).
10. Las válvulas del pulso para limpieza de las mangas: alimentadas por el compresor del filtro de mangas, inyectan pulsos de aire comprimidos dentro de las mangas en sentido contrario al flujo de trabajo.
Así desprende el material arrestado en la periferia de las mangas.
11. Las mangas: son elementos filtrantes hechos en tejido Nomex. Tiene la forma tubular (prolongada), estando dispuesto en grupos, para que consigan el área de filtraje suficiente para la limpieza del aire contaminado que circula por las mangas.
12. Las jaulas: son armazones de alambre puestos internamente en las mangas, manteniendo constantemente la forma cilíndrica.
13. Venturi: tiene la función de retener el aire inyectada en las mangas, provocando la vibración de la misma, soltando las partículas arrestadas en el tejido.
14. Las tapas de inspección superior: Permiten el acceso fácil para la instalación y el mantenimiento de los filtros.

15. La tapa de inspección inferior: permite el acceso a la estructura inferior, para hacer inspecciones o servicios en el filtro, con una comodidad más grande
16. La válvula reguladora de la acción del extractor.
17. El compresor: proporciona el aire comprimido para la limpieza de las mangas.
- 18 - El sensor de temperatura T1: Localizado en la salida de la cámara de aspiración, supervisa la temperatura del aire que se dirige al filtro de mangas, a través del ducto.
El mando de la temperatura es hecho de dos maneras:
1° Manual: a través de la compuerta reguladora del extractor. (19)
2° Automático: a través del cilindro neumático y compuerta (20)
21. El sensor de temperatura T2: supervisa la temperatura de los gases dentro del filtro. Cuando esta temperatura supera el máximo permitido, se interrumpe el quemador del secador automáticamente.

Figura. 27: Componentes del Filtro de Mangas



Fuente: CMI-Cifali. **Manual de Plantas RD. 2003.** Módulo 06A Pág. 05

Funcionamiento del filtro de mangas

Básicamente, el filtro de mangas trabaja de la manera siguiente:

Con la planta propiamente regulada y calibrada, con los controles de temperatura, secuenciadores y el extractor ajustado, empieza la producción de masa asfáltica.

IMPORTANTE: Sólo accione el quemador después de la salida de material para el secador, para no dañar las mangas.

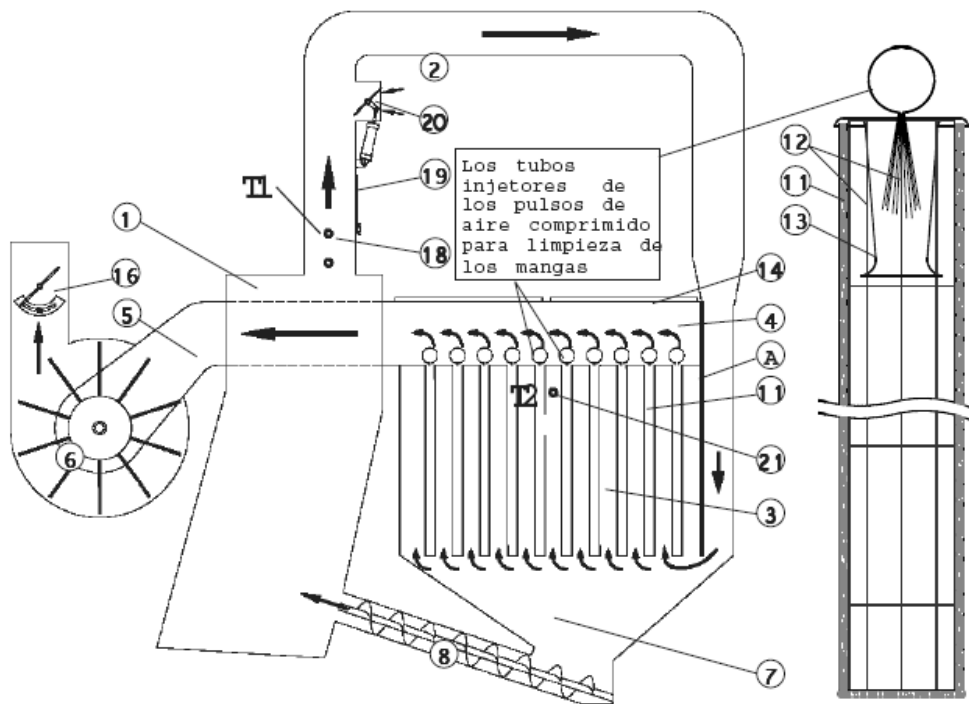
El flujo de gas contaminado con el material particulado entra en el filtro, choca primeramente con la lámina deflectora, pasando la deposición del particulado de más grande granulometría y masa al fondo del filtro. El flujo procede por la fuerza de succión del extractor hasta las mangas, ocurriendo la separación entre el material particulado y el aire, acumulándose externamente al tejido de las mangas.

Para evitar la deformación de las mangas, éstas están provistas internamente de jaulas. Con la deposición del particulado más pesado y el levantamiento del material más fino de las mangas a través de los pulsos interiores en las mangas de aire comprimido, pasa una acumulación al fondo del filtro. Este polvo se transfiere a través de la rosca helicoidal, para la zona de mezcla del tambor secador-mezclador, siendo reaprovechado en la masa asfáltica.

El compresor de aire, tiene el único propósito de proporcionar el aire comprimido necesario para aplicar los pulsos de aire (o “ tiros”) a las mangas. El aire proveniente del compresor, va guardándose en la cámara, aumentando la presión y por consiguiente la intensidad de los pulsos. Las elétro-válvulas son responsables de la liberación, en la secuencia programada de los pulsos de aire. Su referida programación se hace en la cabina, en el cuadro eléctrico

dónde se localiza el secuenciador. También puede regularse la duración de los pulsos, el intervalo entre ellos y la presión del aire (o presión del tiro). Las válvulas manejan los pulsos de aire en el venturi, a través de los tubos, de serie en la serie de mangas. En cada manga, hay un agujero correspondiente en los tubos. La acción de los pulsos (o tiros), es enérgica, provocando la liberación instantánea de las partículas pegadas al tejido de las mangas. El venturi, tiene la función de retener la presión de los pulsos dentro de las manga, contribuyendo a la eficacia de la limpieza.

Figura. 28: Funcionamiento del Filtro de Mangas



Fuente: CMI-Cifali. **Manual de Plantas RD. 2003.** Módulo 06A Pág. 07

Control de temperatura del Filtro de Mangas

Los gases calientes provenientes del tambor secador entran en el filtro a una temperatura alrededor de 190 a 200 °C, debiendo esta ser disminuida a una temperatura aceptable para entrar dentro del filtro, según el tipo de manga usado (vea la tabla IV).

El sistema de refrigeración y control de temperatura, trabaja a través del uso de una entrada de aire externo, con ajuste manual, localizado en el ducto de interconexión del tambor secador con el filtro.

Es mezclado así, los gases calientes del secador con el aire a la temperatura ambiente, esto es succionando para dentro del ducto dónde, a través de un balanceo termal entre estas dos temperaturas, tenemos una resultante equivalente a la temperatura de trabajo del filtro.

Además del control manual de la temperatura, existe un segundo sistema de inyección de aire del ambiente, hacia dentro del ducto de interconexión del secador con el filtro, que trabaja automáticamente siempre que la temperatura exceda la máxima permitida.

Esto puede pasar debido las variaciones en la temperatura de los gases del tambor secador, causada por las variaciones de flujo y humedad de los agregados. A través de un sensor de temperatura (T1), localizado en la salida del secador, se programa un controlador de temperatura que al alcanzar la temperatura programada, acciona el cilindro neumático de la válvula, abriendo la segunda entrada de aire del ambiente, ayudando en la refrigeración y manteniendo la temperatura dentro del valor de trabajo previsto.

Por una eventualidad, que suceda una gran variación de temperatura dónde la segunda entrada de aire no es suficiente para refrigerar el filtro, hay un segundo sensor de temperatura (T2), localizado dentro del filtro que es interconectado con el programador de temperatura: que al alcanzar la

temperatura máxima dentro del filtro, en función del tejido del manga, es apagado instantáneamente y automáticamente el quemador de la planta, protegiendo el filtro del exceso de temperatura, evitando las quemaduras de las mangas.

Tabla IV: Rangos de temperatura según el material de la manga

Temperatura	Mangas de Poliéster	Mangas de Nomex
Mínima	120° C	120° C
Máxima	150° C	200° C
Temperatura de trabajo	120° C a 130° C	150° C a 180° C

Sistema de extracción de gases

El sistema de extracción tiene por finalidad la extracción de los gases de la quema de los derivados de petróleo en el tambor secador-mezclador, proporcionando con este una mayor eficacia del secado y extracción de estos gases.

Este sistema crea una succión básicamente dentro del secador, mientras ayuda al fuego del quemador y en el secado de los agregados que contienen partículas que se aspirarán por el extractor, retirándolas hacia el filtro.

El sistema de extracción de gases está compuesto por el extractor y la tubería de la chimenea. Siempre debe observarse el ajuste correcto del quemador y del *exhaustor*, asegurando la producción apropiada de gases de combustión, así como su retirada a través del sistema de extracción. Los correctos procedimientos y mantenimiento del funcionamiento, y el ajuste correcto del conjunto del quemador y extractor, en mucho ayudarán en el funcionamiento general de la planta y sus equipos, aumentando la productividad y la vida útil de los componentes, principalmente del filtro de mangas.

Conjunto del extractor

Está compuesto por un rotor radial responsable del arrastre del fuego, de los gases y de una chimenea que libera los gases a la atmósfera. Esta chimenea posee una válvula mariposa destinada para regular el tiro del extractor. Para el mejorar ajuste del extractor y minimizar el arrastre de los finos y agregados, con la planta de asfalto, operando considere lo siguiente:

a) Cierre la válvula-mariposa hasta que el quemador presente deficiencia en la quema del combustible. Esto puede verificarse, por la formación de humo o polvo en la entrada del tambor secador-mezclador.

b) En este punto, regrese algunos centímetros en el ajuste y atornille firmemente con la tuerca, para evitar el descalibraje.

Si no se realiza el calibraje del extractor, este estará vibrando, habrá pérdida del rendimiento del quemador y daños en el extractor, como quebradura del eje o aspas y daño en los rodamientos.

3.5 Sistema de almacenamiento y alimentación de combustible

El tanque entero de combustible tiene que ser vaciado periódicamente, además debe tomarse las medidas de seguridad en el almacenamiento de combustible.

Los tanques de almacenamiento de los combustibles, deben tener un volumen compatible con el consumo del equipo y que prestar facilidad en el acceso para la descarga, medidas, limpieza y desagüe.

Los tanques de almacenamiento deben ser periódicamente limpiados para retirar impurezas que pueden obstruir la tubería. Cuando se cambie el tipo del

combustible usado en el equipo, todo el combustible debe sacarse para evitar la contaminación y rehacer las afinaciones de presión del combustible.

Todas las precauciones de seguridad deben tomarse en el manejo, transporte y almacenamiento, evitando el riesgo de fuegos.

Cuando se usa aceite pesado, es de mucha importancia mantener el combustible a una temperatura correcta, obedeciendo los límites:

El mínimo: la viscosidad para una buena acción del quemador es de 100 (S.S.U.) o menor.

El máximo: algunos grados debajo del punto de inflamación del combustible.

La calefacción del combustible, puede lograrse en tres formas:

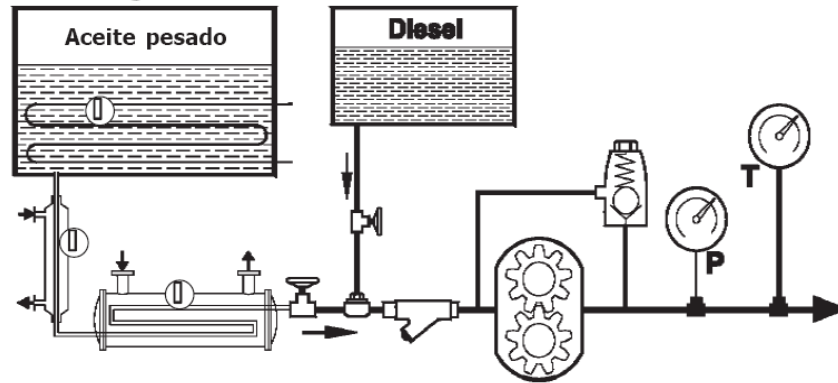
1- En el interior de los tanques de almacenamiento: Puede hacerse a través de las resistencias eléctricas, serpentines con vapor o fluidos de transmisión de calor (aceite térmico).

2- La circulación del combustible en las tuberías encamisadas.

3- En un intercambiador de calor, que eleve la temperatura del combustible, hasta el punto donde posee la viscosidad apropiada a ser atomizada, además ayudara al filtraje del combustible.

En la siguiente figura puede observarse la disposición de los diferentes elementos que intervienen en el almacenaje y en la alimentación de combustible, en este caso se utiliza diesel y un aceite pesado, el diesel se inyecta al quemador durante los primeros cuatro minutos de operación de la planta y luego se establece la operación con aceite pesado, preliminarmente al paro del quemador, deberá inyectarse de nuevo diesel cuatro minutos antes de apagar el quemador. Nótese la necesidad de calentar el aceite pesado para llevarlo a la viscosidad necesaria para ser quemado.

Figura. 29: Sistema de alimentación de combustible



En la actualidad la mayoría de las plantas de asfalto, son totalmente móviles, por consiguiente los tanques que se utilizan para el almacenaje de los combustibles son depósitos metálicos, que incluso son conformados por el sistema completo de almacenaje y alimentación todo sobre un remolque. Debe tomarse muy en cuenta las disposiciones legales del lugar de donde se opera la planta en lo que se refiere al manejo y almacenamiento de combustibles.

3.5.1 Medición de volúmenes de combustible

En la mayoría de plantas de asfalto, los depósitos de combustible son tanques metálicos, de forma de base circular o elíptica, las dimensiones y por consiguiente sus capacidades varían según la capacidad de producción de la planta y se encuentran de unos 5,000 hasta 30,000 galones. Según sea el caso y pueden ser uno o varios. La medición de los contenidos de combustible, se realiza introduciendo de forma manual una regleta de aluminio o madera, con escala en algunos casos de cuartos de pulgada o media pulgada, esta medida se lleva y se busca el valor en la respectiva tabla; esta tabla es única para las dimensiones del tanque, la medida dará un valor en volumen del combustible

respectivo y únicamente para este tipo de combustible, por lo general para combustibles livianos como diesel o gasolina, se recomienda hacer las respectivas mediciones por la mañana, antes de iniciar la jornada de trabajo y no es necesario manejar el factor por cambio de temperatura. Por lo general los fabricantes de los depósitos o tanques para combustibles, proporcionan la tabla que da los valores en volumen del respectivo tipo de combustible para el cual fue diseñado el tanque para cada altura que indique la regleta. En caso que el depósito de combustible fuese un tanque rectangular, la medición del volumen de combustible se realiza directamente por cálculos aritméticos.

3.6 Funcionamiento del sistema de almacenamiento, calentamiento y dosificación de cemento asfáltico

El sistema de almacenamiento, calentamiento y dosificación de cemento asfáltico, es un sistema independiente del sistema de control de la operación de la planta a excepción de la dosificación de cemento asfáltico el cual se realiza a través de la bomba dosificadora la cual es controlada por el sistema de control. Hay que considerar el hecho de que antes de iniciar la operación de la planta de asfalto, la temperatura del cemento asfáltico y la del combustible, según el caso, deben ser las correctas e aquí la importancia del sistema de almacenamiento y calentamiento del cemento asfáltico. Los tanque de cemento asfáltico deben almacenar la suficiente cantidad para mantener la producción, incluso contando con posibles retrasos en las entregas de asfalto.

En las secciones 1.5.7 del capítulo 1 y en la sección 2.9 del capítulo 2 del presente trabajo se hace mención del sistema de almacenamiento, calentamiento y dosificación de cemento asfáltico, en esta sección se detallará más el funcionamiento del sistema.

3.6.1 Calentamiento de los tanques de cemento asfáltico

El aceite térmico está constantemente circulando por todo el sistema intercambiando o transfiriendo calor a los tanques de cemento asfáltico y también al combustible pesado si es necesario.

La caldera produce calor a través de su quemador (2), donde el mando de temperatura es automático una vez programado. La bomba centrífuga (14) es responsable de la circulación del aceite térmico para el sistema entero.

El aceite térmico empieza la circulación en los tanques de asfalto 1 y 2, según el caso; el mando de la apertura y cierre para la circulación del aceite térmico en los tanques es hecho a través de las válvulas registradoras (4 y 5) que están en la entrada del serpentín de cada tanque, si la válvula (5) está cerrada, el aceite térmico va hasta el siguiente tanque.

El aceite térmico circula dentro de los tanques de Asfalto a través de los serpentines (3), transfiriendo el calor al cemento asfáltico, manteniéndolo caliente.

Después de calentar el cemento asfáltico, el aceite térmico también calienta el combustible pesado, en el tanque respectivo, a través del serpentín respectivo (8). Nótese que para esto, es necesario que la válvula de registro (7), de este tanque este abierta. Si está cerrado, el aceite térmico procede directamente para las siguientes aplicaciones.

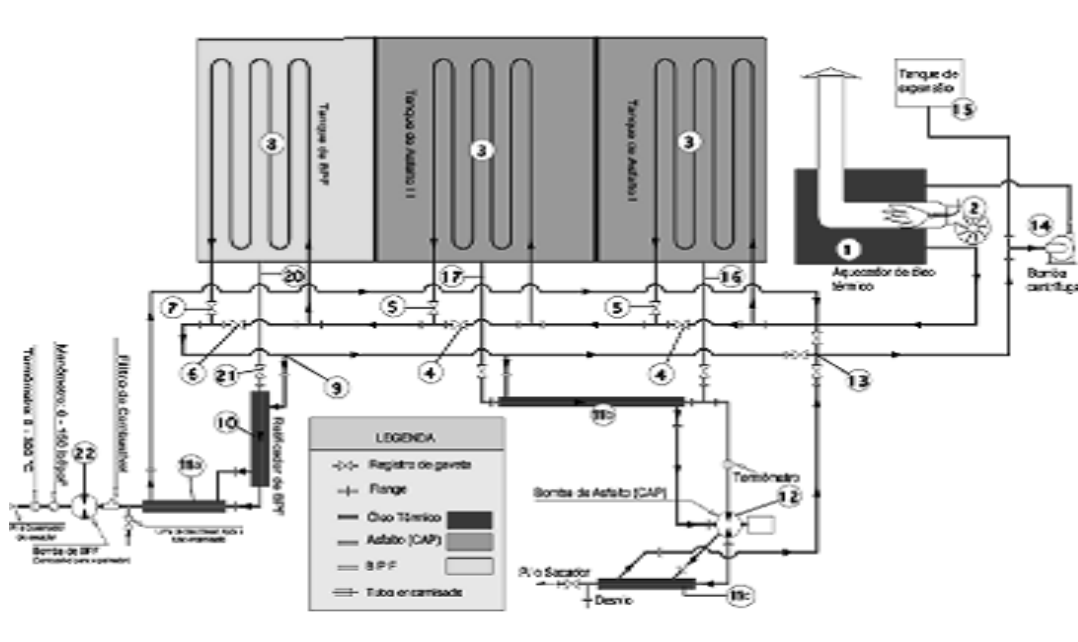
En la Fig. 30 siguiendo la secuencia, el aceite térmico se separa, en el punto (9): Un camino entra en el rectificador de CA (10) y encamisado del tubo (11a) cuya salida unirá al retorno en el punto (13). El siguiente camino va a los siguientes artículos, en el orden: al encamisado del tubo (11b), calentador de la

bomba de CA (12) y encamisado del tubo (11c). En secuencia, este flujo se une también al retorno en el punto (13). Es de beneficio el retorno total, empezando en la unión (13), para la succión de la bomba centrífuga (14), de dónde reinicia el ciclo entero.

El tanque de expansión (15) permite la expansión del volumen de aceite térmico en función de las alteraciones de temperatura del mismo (la dilatación).

El siguiente diagrama muestra la distribución de tuberías del circuito de aceite térmico, encargado de calentar los dos tanques de cemento asfáltico y además en este caso calentar el depósito de combustible pesado así como los tramos de tubería encamisada.

Figura. 30: Diagrama del funcionamiento del sistema de calentamiento del CA



Fuente: MCI-Cifali. **Manual de Plantas. 2001.** Módulo 2D Pág. 05

3.6.1.1 Aislamiento

Es necesario el uso de algún material aislante en los tanques que contienen el cemento asfáltico y el combustible pesado; así también deben ser aisladas las tuberías encamisadas que conducen el CA. El aislamiento es necesario no solo porque mantenemos la temperatura necesaria para el trabajo en el CA, sino por que a la larga reducimos los costos al ahorrar combustible que es quemado para producir el calor que es transferido al aceite térmico en la caldera. En la mayoría de los tanques el material que se utiliza como aislante térmico es la fibra de vidrio, la cual es colocada en la parte exterior de los tanques, posterior a esto es colocada en algunos casos láminas de acero inoxidable, que además de dar una apariencia agradable complementan el sistema aislante.

3.6.1.2 Control de temperatura

Como se mencionó anteriormente, el sistema de calentamiento posee un mando de control automático donde se establece la temperatura que debe mantener el sistema de calentamiento, para lograr la temperatura de trabajo el sistema se lleva un tiempo de varias horas, según sea la capacidad de la caldera y es necesario que se controle el desarrollo de la temperatura. Por lo general los tanques están provistos de termómetros, donde se puede monitorear la temperatura real en todo momento, este trabajo por lo regular no lo realiza el sistema de control de la planta, sino debe ser realizado por el personal operario de la planta. El hecho de controlar la temperatura del cemento asfáltico es muy importante, ya que se puede dar un sobrecalentamiento que afectaría las características y calidad de la mezcla.

La temperatura del cemento asfáltico para poder operar una planta de asfalto es de 145° C a 150° C, este rango puede variar debido a las especificaciones de la mezcla y/o a las características propias del cemento

asfáltico a utilizar. La temperatura del combustible pesado debe ser aproximadamente de 150° C, en este caso la temperatura dependerá, del hecho que el combustible logre al menos una viscosidad de 100 S.S.U. o según las especificaciones del quemador; habrá que verificar si el quemador que se tiene fue diseñado para poder trabajar con combustibles pesados.

3.6.1.3 Sistema de carga descarga de cemento asfáltico

La carga y la descarga de cemento asfáltico hacia los tanques se lleva a cabo por medio de una sola bomba, claro que independiente a la bomba dosificadora, por lo regular solo se carga el tanque, en muy raras ocasiones es necesario vaciar el tanque; talvez para el traslado de la planta; La bomba debe estar alimentada por la línea de aceite térmico para que esta pueda operar, y solo cuando esta trabaja posterior a la carga se debe cerrar las válvulas de la línea de aceite térmico. Un aspecto muy importante en el sistema de carga de los tanques es que tanto la línea de descarga como las líneas de retorno que descargan en los tanques de almacenaje, deben estar en todo momento sumergidas bajo el nivel del asfalto en el tanque para evitar la oxidación de este.

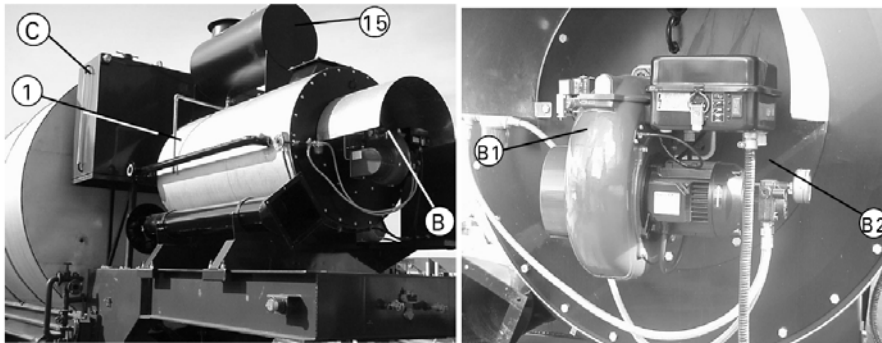
3.6.2 Caldera

La caldera de aceite térmico (1) es la responsable de la generación de calor que, a través del aceite térmico se transferirá al cemento asfáltico y al combustible pesado según sea el caso. Posee un tanque de la expansión para el aceite térmico (15). Componentes principales de la caldera:

- A) Cámara de combustión para el calentamiento del aceite térmico;
- B) El quemador: está provisto con un turboventilador (B1), una bomba de aceite diesel (B2) y un pico inyector, cerca de la salida.

- C) Tanque de aceite diesel para el quemador (B). Una parte de este depósito se usa para el agua que enfría los sellos de la bomba que hace circular el aceite térmico por todo el sistema.

Figura. 31: Componentes principales de la caldera



Fuente: www.ablisa.com Enero 2007.

Capacidad de las calderas

En la siguiente tabla se muestran tres diferentes modelos de calderas y sus capacidades, normalmente utilizadas en la industria de la producción de mezclas asfálticas y disponibles en el mercado.

Tabla V: Capacidad de las calderas

MODELO	CAPACIDAD	LPM DE BOMBA
A	300.000 Kcal./HR 1.200.000 BTU/HR	8-16
B	600.000 Kcal./HR 2.400.000 BTU/HR	16-24
C	900.000 Kcal./HR 3.600.000 BTU/HR	24-40

Quemador: automático HI-LO, de alta eficiencia, marca Carlin o similar, con sistema de control incorporado, tipo HoneyWell o similar.

Bomba: de desplazamiento positivo, marca Roper o similar

Construcción: Serpentín en tubo de acero especial, tipo circular concéntrico; gran eficiencia de transmisión de calor; aislamiento en fibra de vidrio, cubierta

en acero inoxidable. Operación totalmente automática, comandada desde un tablero independiente.

3.6.3 Dosificación de cemento asfáltico

Por lo general, en las plantas continuas la dosificación de cemento asfáltico se realiza por medio de una bomba de engranes; la bomba posee una cámara externa por donde circula aceite térmico para mantener la fluidez del CA.

La operación de la bomba, por lo general durante la operación de la planta es en el modo automático y el sistema de control que opera la dosificación de los agregados, también controla la cantidad de cemento asfáltico que llega al tambor mezclador.

La bomba puede trabajar en los siguientes regímenes:

- 1. Manual:** En este caso, la velocidad de la bomba puede controlarse a mano, a través de un botón desde la cabina de control.
- 2. Automático:** La velocidad de la bomba es controlada por el sistema de control.
- 3. Reversa:** La bomba gira al contrario, mientras retira todos los residuos de asfalto del cuerpo de la bomba y del conducto entre la bomba y el tanque, enviando el todos los residuos hacia el tanque.

La reversión de la bomba del asfalto debe trabajarse en las siguientes situaciones:

a) Al trabajar la planta, la bomba se pone en el reversión y hasta después del accionamiento del quemador y que la temperatura llega a 150 °C en los gases en la salida del secador, se acciona la bomba poniéndola en el modo automático para empezar el bombeo de CA para el tambor secador-mezclador.

b) Al detener la planta: cuando se detiene el flujo de agregados, la bomba de CA se detiene automáticamente. La bomba debe estar en la rotación contraria durante 20 minutos para vaciar el conducto y la propia bomba.

El flujo de la bomba se da en función de la cantidad de asfalto especificada en la línea y en la producción de cada hora.

Ejemplo:

¿Suponiendo que la producción de cada hora programada es de 50 toneladas de concreto asfáltico, y se quiere una cantidad del 6% de asfalto en la mezcla;
¿Cuál es el flujo que pide la bomba del asfalto?

$$\text{Flujo} = (50 \times 6) / 100$$

$$\text{Flujo} = 3 \text{ toneladas /hora}$$

Debe de recordarse que previo a operar la planta y dosificar el CA se debe verificar la temperatura de este, la temperatura debe de ser la correcta, debido al hecho que la cantidad de masa de cemento asfáltico depende directamente de la temperatura a la cual éste se encuentre.

3.6.4 Medición de volúmenes de cemento asfáltico

La medición de los volúmenes de cemento asfáltico, se hace necesario debido no solo a la dosificación de cemento asfáltico sino también porque debemos saber la cantidad de cemento asfáltico que tenemos en los tanques disponibles para la producción, y las cantidades de cemento asfáltico que es llevado por la compañía proveedora; Por lo general, las cantidades de cemento asfáltico se miden en galones o en litros.

Hay que considerar el hecho de la variación del volumen con el cambio de la temperatura; el cemento asfáltico tiende a expandirse al incrementarse su temperatura y viceversa, se contrae al disminuir su temperatura.

Existen tablas, que proporcionan los factores de corrección de volumen para los diferentes valores de la temperatura, normalizándolos a un valor de temperatura estandarizado y según el tipo de asfalto (Ver Tabla VI).

Tabla VI: Factores de corrección de volumen para Asfalto

Temperatura observada °F	Factor de corrección de volumen para 60 °F A, B.	
	A	B
295	0.9204	0.9102
296	0.9200	0.9098
297	0.9197	0.9094
298	0.9194	0.9091
299	0.9190	0.9087

La tabla anterior es una parte de la tabla original, la cual cuenta con quinientos valores de temperatura (de 0 a 500°F). Los factores de la columna A se usan para asfaltos con densidad API de 14.9° o menor, a 60 °F, o con un

peso específico 60/60 °F de 0.967 o mayor; los factores de la columna B se usan para asfaltos con densidad API de 15° a 34.9° a 60 °F o con un peso específico 60/60 °F de 0.850 a 0.966. Para utilizar la tabla únicamente se busca en ella el valor de temperatura observado en el termómetro del tanque o tubería y se multiplica el valor del volumen calculado por el factor de corrección y se obtendrá el valor de volumen ya corregido para un estándar a 60 °F.

Por lo general, la medición del contenido de cemento asfáltico en los tanques se realiza de forma manual, al igual que en los tanques de combustible, introduciendo una regleta con una escala previamente definida; en algunos casos los fabricantes de los tanques para cemento asfáltico proporcionan la tabla que da los valores de volumen para cada altura libre leída en la regleta en el instante y a la temperatura a la cual se encuentra en ese momento el CA dentro del tanque, posterior a obtener el valor de volumen de esta tabla se podrá corregir y tabular este dato.

Otra forma de obtener el valor de volumen de cemento asfáltico es creando un programa para computadora, que reconozca la fórmula de volumen del tanque, dicha fórmula debe estar en función de la altura libre, que medirá la regleta y que será leída directamente del tanque y constituirá la primer variable; con esto el programa dará el valor de contenido de volumen cemento asfáltico sin corrección o volumen real en ese instante, posteriormente al ingresar el valor de la temperatura a la que se encuentra el tanque ; segunda variable, el programa deberá ser capaz de dar el volumen de contenido de cemento asfáltico ya corregido. Además, se pueden tabular los datos obtenidos anotando automáticamente la hora y fecha de la medición de los contenidos en volumen de cemento asfáltico.

3.7 Funcionamiento del transportador escalonado y silo de almacenamiento.

El ascensor escalonado es el encargado de elevar la mezcla asfáltica producida en el tambor secador-mezclador hasta una altura considerable para que sea cargada por los camiones. En las plantas pequeñas de tambor secador-mezclador el transportador escalonado no posee un silo de almacenaje, únicamente posee en su extremo superior un depósito, que tiene una compuerta, que abre y cierra de acuerdo a la producción de la planta, esto con el fin de evitar la segregación de la mezcla. A continuación se describen los componentes del transportador escalonado, sin silo de almacenamiento.

Silo de masa: Localizado en la punta del ascensor de masa, este silo acumulador tiene el propósito de evitar la segregación de la masa asfáltica. La segregación se debe a la altura de descarga del silo en el cubo del camino que provoca la separación de los agregados de granulometría más grande de la de los finos. Para evitar que esto suceda, el silo guarda cantidades más grandes de masa lista y la libera para el cubo del camión.

El sistema de apertura y cierre de la compuerta está bien sincronizado y controlado a través de dos temporizadores:

T1 Controla el tiempo de cierre de la compuerta, en otros términos, la cantidad de segundos que esta se queda cerrada, mientras se llena el silo.

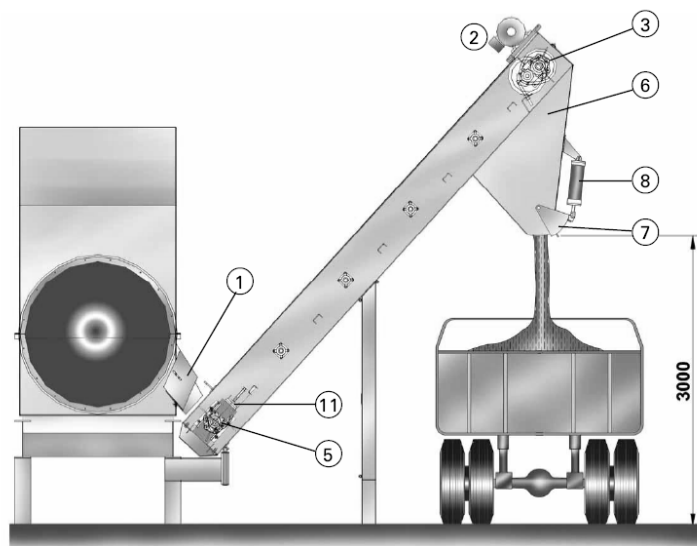
T2 Controla el tiempo, en segundos, en que la compuerta permanece abierta, para la descarga de la masa.

La masa asfáltica se transporta en el fondo de las tablillas y posee un fondo compuesto por planchas reemplazables en hierro fundido resistente a la abrasión.

Por ser un transportador de masa lista el propio asfalto (CA) incorporado en la masa sirve de lubricante al sistema de arrastre, garantizando así la durabilidad de las planchas que cubren a las tablillas. (o chapa de desgaste). El ascensor trabaja por el motor eléctrico con la transmisión por las correas en "V" al reductor de velocidad acoplado directamente al eje superior.

1. Compuerta de la entrada
2. Motor
3. Reductor y eje de la cadena (superior)
4. Tablillas
5. Eje-guía y estirador (inferior)
6. Silo de masa
7. Compuerta de Descarga
8. Cilindro neumático de la compuerta
9. Lugar donde del sensor de temperatura de la masa asfáltica se instala.
10. El punto de salida de la masa en caso de que el tiempo de cerrar de la compuerta sea insuficiente
11. Estirador de la cadena de tablillas

Figura.32: Transportador escalonado sin silo de almacenaje



Fuente: www.ablisa.com Enero 2007.

La compuerta opera con el arranque del ciclo de descarga programado desde el panel de control de la planta de asfalto, a través de dos temporizadores (T1 y T2), estos determinan el intervalo de cerrar y el tiempo de abrir.

El intervalo entre ciclos (controlado por el temporizador T1) y el tiempo de abrir de la compuerta (controló por T2), ellos varían conforme con la potencia productora de la planta del asfalto, la capacidad del silo y la especificación de la línea.

El silo de la planta puede abastecer hasta 500 kg. de mezcla aproximadamente, para determinar el tiempo de mantener cerrada la compuerta, aplique la fórmula:

Tiempo de cerrar = 500×3600 / Producción de cada hora en el KG

Por ejemplo:

Para una producción de cada hora de 80 toneladas (80.000 Kg.), el tiempo de cerrar debe ser de: $(500 \times 3600) / 80.000$ Kg.

Tiempo de cerrar = 22,5 segundos

En este caso, el temporizador que T1 debe ajustarse en 22,5 seg. o un tiempo menor.

Tiempo de abrir: El tiempo de abrir la compuerta (para la descarga), debe ajustarse entre 3 y 5 segundos, a través del temporizador T2. El tiempo debe ser bastante para que pase una descarga completa a cada apertura.

Después de hacer la afinación de los temporizadores, con la planta en el funcionamiento, se debe verificar:

- 1 - Si hay segregación del concreto asfáltico en el momento de la descarga en el camión, aumente el tiempo de acumulación en el temporizador T1;
- 2 - Si, por otro lado, la masa inunda la ventana (12) del ascensor, el tiempo de abrir de la compuerta debe reducirse en el temporizador T1.

3.8 Funcionamiento del sistema de control

El sistema de control cuenta con un puente de pesaje que se localiza en cada silo de agregados, montado en la correa dosificadora, haciendo el pesaje individualmente de cada uno de los agregados.

El procesador es donde es registrado y se guarda en un Programa de computación, todos los proyectos de concreto asfáltico previamente ejecutados con sus proporciones debidas. Después de seleccionar una de las mezclas previamente registrada, el procesador empieza a pesar cada agregado individualmente y constantemente corrige la velocidad de las correas dosificadoras para mantener la producción de cada hora requerida y las proporciones entre los agregados.

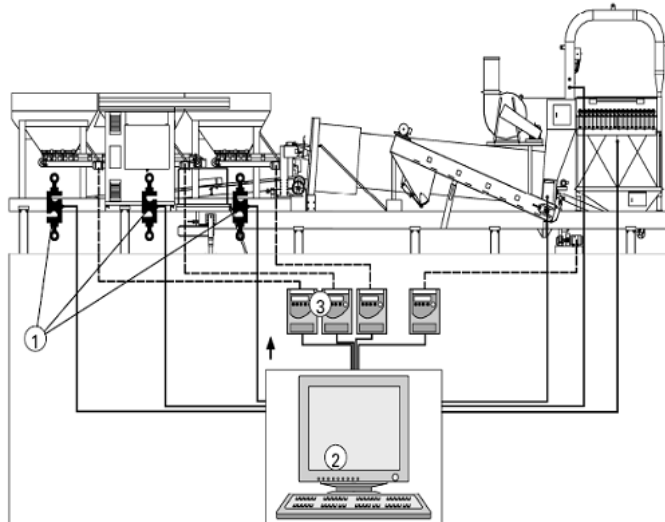
1 - Puentes de pesaje, con las células de carga de las correas dosificadoras; ellos envían una señal electrónica al sistema de control, proporcionando la carga que está dosificándose. Hay una célula para cada silo dosificador. Cuando la planta esta provista con el dosificador de *filler* y/o reciclaje, hay también una célula para cada uno de estos dosificadores.

El sistema de control recibe la información de la velocidad de las correas y de la carga en las ellas. Con base en estos parámetros, calcula el flujo en el ton/h.

2 - Componentes del sistema de control están localizados dentro de la cabina.

3 - Los inversores de frecuencia: ellos reciben señales de salida del sistema de control, mientras controlan la velocidad de los motores de los dosificadores y bomba del asfalto, ajustando los flujos como esta programado para cada línea.

Figura. 33: Sistema de control, componentes



Fuente: CMI-Cifali. **Manual de Plantas. 2001.** Módulo 02C Pág. 05

De esta manera se garantiza la proporcionalidad de los agregados, aun cuando sucedan variaciones en el flujo material, causado por factores descritos a continuación: El sistema debe ser supervisado continuamente y estar corrigiendo el flujo de los agregados y del ligante asfáltico.

- a) La variación en el paso de los agregados en las tolvas.
- b) El paso diferente dentro del silo, causado por la diferencia de humedad.
- c) Diferencia en el apretado de los agregados dentro de los silos. Esto pasa debido a la descarga muy rápida del cargador frontal.

Para seleccionar una nueva línea de concreto asfáltico, basta seleccionar en el procesador el nombre de la nueva mezcla (o escribe las prescripciones); en este momento, el procesador altera el flujo de agregados de los silos dosificadores y ligante asfáltico automáticamente de acuerdo a las proporciones del nuevo proyecto seleccionado. Este proceso puede hacerse con el equipo en

funcionamiento, esto permite cumplir con varios usuarios (o clientes), sin la necesidad de un nuevo calibrado de la planta para producir otra línea de mezcla.

Las señales del peso registrados por las células de carga son integradas por el procesador que los transforma en el flujo en la unidad del t/h y ya descontó la humedad de cada agregado individualmente especificado.

Después de la integración correcta de los pesajes, el procesador envía la señal de frecuencia que controla la dosificación del ligante asfáltico y agregados, mientras garantizan la dosificación conforme con los valores del percentil informados al procesador, conforme al proyecto del concreto asfáltico.

Después de la instalación de la planta, debe hacerse la instalación de todos los sensores de temperatura y células de carga. Éste es el punto de partida para la instalación de los componentes del sistema de control.

- I Células de carga - uno en cada silo de agregados.
- II Sensor de temperatura de CA (entrada del secador)
- III Sensor de temperatura de la masa asfáltica: en la salida del mezclador
- IV Sensor de temperatura de los gases en la salida del secador.

Células de carga de las correas dosificadoras:

Éstas envían la señal electrónica al sistema de control, proporcional a la carga que está dosificándose. Hay una célula para cada silo dosificador.

- a) Quite la lámina obligatoriamente usada para el transporte.
- b) Instale la célula.

Sensor de temperatura del ligante asfáltico CA

Este sensor se instala entre la válvula de paso en el tubo de la entrada de CA y la entrada al tambor secador.

Sensor de temperatura de la masa asfáltica

Este sensor se instala en la salida de la masa asfáltica del mezclador.

La temperatura de la masa según las normas varía conforme con la conducta viscosa del ligante. La temperatura normalmente se localiza en el rango de 150 y 170°C.

Sensor de temperatura de los gases de combustión en la salida del secador

Este sensor se instala debajo del T1 del sensor de mando de la temperatura del filtro de mangas.

3.8.1 Instalando el Hardware (componentes físicos)

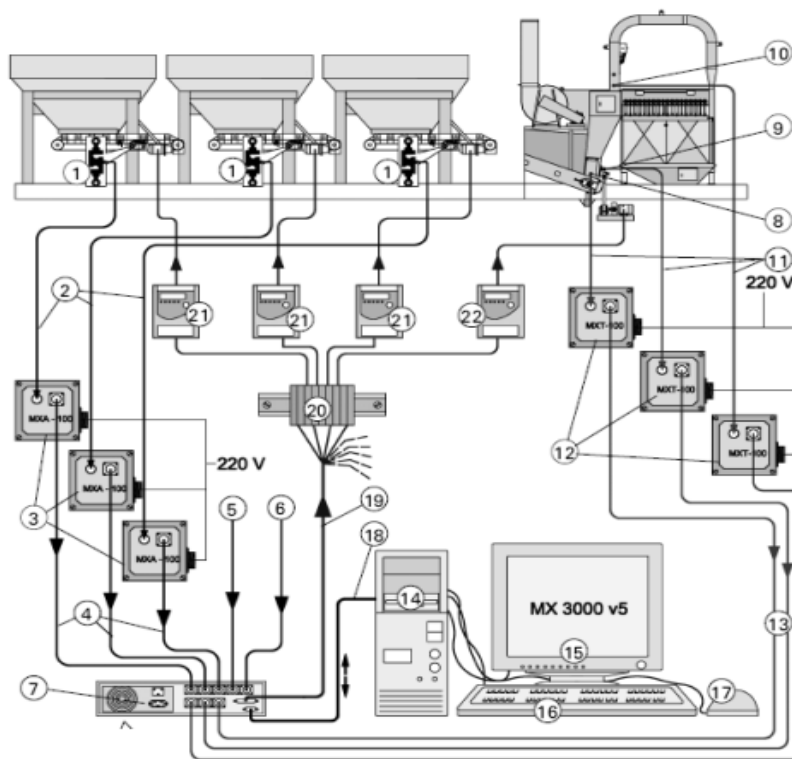
A continuación se enumeran los componentes físicos clásicos de un sistema de control de una planta continua de tambor secador-mezclador. Los distintos componentes varían según los fabricantes y/o el tipo de planta pero siempre persiguen el principio de controlar la dosificación exacta de los agregados y del cemento asfáltico, así también controlar los dispositivos de medición de temperatura, presión y algunos otros parámetros importantes para el proceso.

- 1- Células de carga de los dosificadores de los silos de agregados
- 2- Cables de conexión entre las células y los amplificadores de señal (3)
- 3- Amplificadores: ellos convierten la señal en momentos emitidos por las células, para la señal eléctrica (0 a 5 Voltios), que usa el director digital (7)
- 4- Cables de conexión de los amplificadores con el director digital (7)
- 5- Entrada de la célula de carga del dosificador de Silo 4 (Optativo)

- 6- Entrada de la célula de carga del dosificador de reciclado (Optativo)
- 7- Director digital del sistema
- 8- Sensor de temperatura de la mezcla asfáltica listo
- 9- Sensor de temperatura del CA
- 10- Sensor de temperatura de los gases de la combustión manejados por el filtro de mangas
- 11- Cables que se unen los sensores de temperatura a los amplificadores
- 12- Amplificadores: ellos convierten la señal en bits, emitidos por los sensores de Temperatura, para la señal eléctrica (0 a 5 Voltios), usado por el director digital (7)
- 13 - Cables de conexión de los amplificadores con el director digital (7)
- 14- Unidad central de proceso de la computadora: logra la interfaz operacional con el director (7) y ejecuta el programa creado para el control de la planta.
- 15- Monitor
- 16- Teclado
- 17- *Mouse*
- 18- Cable de información, conecta el CPU de la computadora y el director digital
- 19- Cable de la salida, con el conector normal: transmite el mando y señal a los inversores de frecuencia (21 y 22). Este cable contiene 9 hilos, identificados para con colores diferentes, ese transmiten una señal de 0 a 10 Vcc.

- 20- Bloque de conexiones de las salidas del sistema de control para los inversores de frecuencia (21 y 22): este bloque se constituye en la interfaz (la conexión) entre sistema de control y la planta.
- 21- Inversores de frecuencia de los dosificadores de agregados: ellos reciben señales electrónicas del sistema de control y ellos corrigen la rotación de los motores, en el sentido de ajustar la dosificación de agregados.
- 22- Inversores de frecuencia de la bomba de CA: recibe señales electrónicas del sistema de control y ellos corrigen la rotación del motor, en el sentido de ajustar el flujo de CA.

Figura. 34: Componentes físicos del sistema de control



Fuente: CMI-Cifali. **Manual de Plantas. 2001.** Módulo 02C Pág. 09

Probando las entradas de señal de las células de carga

Después de hacer todas las conexiones como se describió previamente y antes de instalar el Software, es importante verificar las entradas de la señal de los componentes. Por otra parte, si hay componentes mal conectados el sistema los interpretará como que el hardware está ausente.

Esta comprobación que se describe abajo, facilita la prueba de carga, porque no es necesario conectar el CPU y el monitor.

En el armario del director digital, pasan las entradas de señal amplificada de las células de carga. En el tablero delantero de este armario, existen 4 botones:

- 1 - Llave Liga / desliga
- 2 - Menú
- 3 - Botón S
- 4- Botón T

Procedimiento:

Trabaje la llave Liga/ Desliga y simultáneamente aprieta el botón "MENÚ"

Espere algunos momentos, hasta aparecer en el *display*

" A1=XXX", que viene a ser el valor de la entrada de la célula de carga del canal A1, en bits

Para visualizar los otros canales de la entrada de las células de carga, use los botones "s y t", encontrando A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 y A8;

Para dejar esta rutina de pruebas, apriete el botón " MENÚ"

Para probar la respuesta emitida: Para las células la señal (canales A1 a A5), pida a alguien que haga fuerza de los rodos de carga que pasan en las células,

de los silos dosificadores: el valor exhibió en el visor correspondiente debe alterarse. Si eso no pasa, verifique todas las conexiones, el amplificador y la célula de carga. También verifica si hay alguna conexión invertida.

Para probar la respuesta de los sensores de temperatura alguien debe quitar cada uno de los sensores y calentar la varilla o elemento primario con la mano, el valor en el visor también debe alterarse. Cada función de señal de las células de carga y amplificadores esta identificada con un código diferente por ejemplo:

A1 Silo 01

A2 Silo 02

A3 Silo 03

A4 Silo 04 (Si existe)

A5 Silo 05 (Si existe)

3.8.2 Instalación del Software

El Hardware (los componentes físicos) debe ser completamente instalado antes de empezar la instalación del Software.

Para lograr la instalación del software es necesario seguir los pasos siguientes:

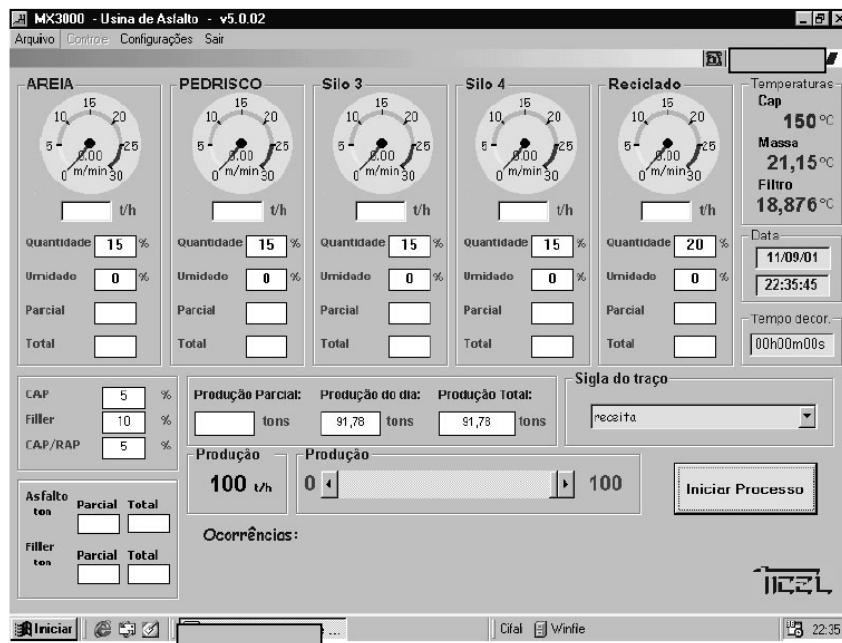
- a) Inserte primero los discos del Software en el drive de disco de la computadora
- b) Haga clic Empezar en la barra de herramientas y después Ejecutar: y siga los pasos presentados en la pantalla correctamente.

La instalación del *software* es igualmente sencilla a la instalación de cualquier programa, los fabricantes por lo regular indican la compatibilidad del software con el equipo y el sistema operativo que posea el computador.

3.8.3 Identificación de las pantallas

En la pantalla principal se muestran y se indican los ingresos de valores, dibujos, flujos, totalizadores, tiempo de la operación, temperaturas, horarios y fecha. Empezando en la Pantalla principal se acceden a todas las otras pantallas del programa, en la mayoría de los casos, aunque esto depende del *software* de cada sistema de control.

Figura. 35: Pantalla principal del sistema de control



Fuente: CMI-Cifali. **Manual de Plantas**. 2001. Módulo 02C Pág. 18

Algunos submenús poseen las teclas de atajo a través del teclado.

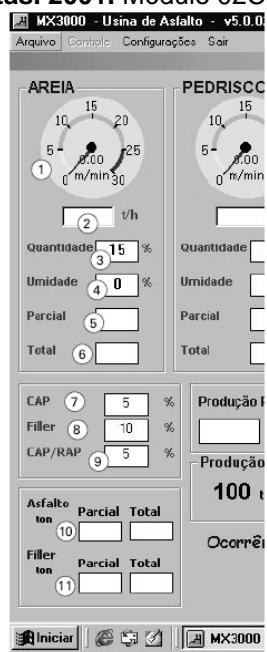
Algunas de las pantallas poseen protección con contraseñas siendo necesarias las respectivas contraseñas para el acceso.

La pantalla principal en este caso en particular muestra los siguientes parámetros (Ver Fig. 36)

1. Velocidad de las correas en el m/min.
2. Flujo en el ton/h en cada silo.
3. El percentil de cada agregado en la mezcla (y/o dibujo).
4. Grado de humedad de cada agregado.
5. Parcial: Permite la producción para cada camión.
6. Total: Este valor sólo se reduce para poner a cero al detener la planta y para dejar el programa.
7. Percentil de CA en el ingreso.
8. Percentil de *filler* en el ingreso (si provisto con el dosificador de *Filler*).
9. Percentil de haber reciclado, si provisto con el dosificador de reciclado.
10. Monitoreo de flujo del asfalto (CA).
11. Monitoreo del flujo de *filler*.

Figura. 36: Parámetros registrados en pantalla principal

Fuente: CMI-Cifali. **Manual de Plantas. 2001.** Módulo 02C Pág. 19



En la siguiente figura se muestra otros parámetros importantes a tomar en consideración en la operación de la planta:

12 – Monitoreo de la producción de masa:

Producción parcial: la producción puede controlarse en forma parcial. Una carga parcial puede ser la carga de un camión, por ejemplo. Al apretar la tecla F1 para este programa, la carga parcial se reduce y se pone a cero y abre una caja para informar el plato del camión.

Producción del día: este valor se reduce y se pone a cero automáticamente todas las medianoches.

Producción total de la planta: este dato es acumulativo y no puede reducirse para ponerse a cero.

13 –El Monitoreo de la producción de cada hora es instantáneo, en otros términos, el flujo de masa lista en la salida del tambor, en el ton/h.

14 - Barra de desplazamiento que permite alterar la producción de cada hora de la planta, alterando el valor programado, exhibido en el campo (13).

15 - Campo de selección de líneas existentes.

16 -“Para empezar el Proceso”: una vez se hicieron los ajustes requeridos para la producción, haga clic en este campo para que la planta empiece la producción.

Temperaturas 17 - Temperatura de CA (140 a 170 °C)

18 - Temperatura de la masa el asfáltica lista (150 a 170 - el máx. 177 °C)

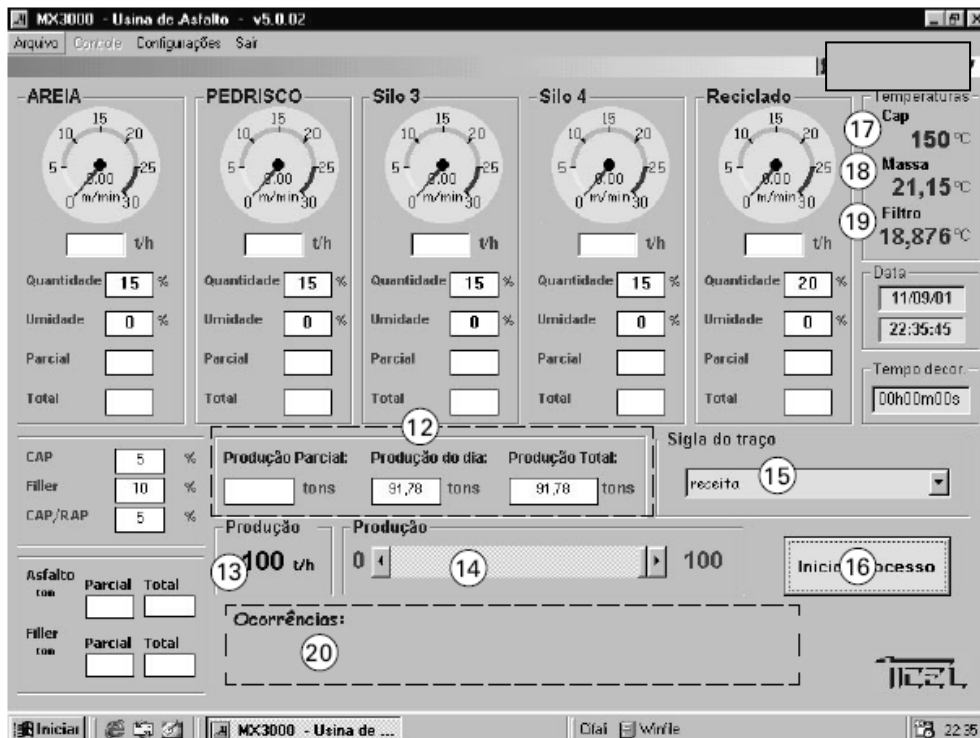
19 - Temperatura del filtro de mangas.

Todas estas temperaturas están en monitoreo constante a través del software. En caso de que éstas temperaturas estén fuera de los límites (en los campos 17, 18 y 19), una advertencia se mostrará en el campo (20).

Deben tomarse en cuenta que hay que hacer los arreglos necesarios para que se produzca a la temperatura conveniente.

20 - Pantalla de alarma de anomalías.

Figura. 37: Parámetros de monitoreo constante de pantalla principal



Fuente: CMI.Cifali. **Manual de plantas. 2001.** Módulo 02C. Pág. 20

3.8.4 Código de acceso y el registro de usuarios

Para la protección del Software y también de la planta, se usa un sistema de contraseñas, el cual es programable para la compañía. Puede crear nuevos usuarios, cambiar las contraseñas y alterar grados de permisos.

El sistema posee protección de niveles diferentes atribuyendo permisos diferentes, conforme con el grado de responsabilidad con respecto a la planta. Así, hay tres niveles de usuarios: hay que recordar que el nivelado 1 es el nivel más bajo mientras el nivel tres es el más alto, y cada nivel superior posee todos los derechos del inferior, más sus atribuciones.

NIVEL 1: El usuario pone la planta en funcionamiento y puede cambiar la contraseña.

NIVEL 2: Tiene acceso a la contraseña del usuario de Nivel 1, mismo acceso y pueden incluir y alterar las líneas de silos.

NIVEL 3: tiene el acceso total; altera contraseñas y permisos, incluye a los nuevos usuarios, programa la configuración.

3.8.5 Calibración de la planta

Consiste en determinar todas las constantes “k” de la planta, esto significa encontrar los valores los cuales sirven de punto de referencia al sistema de control para la operación de la planta, dichos valores representan los distintos parámetros que regulan la operación de la planta y son calculados en el proceso de calibración, que no es más que la primera prueba basada en términos reales.

El proceso de calibración de la planta, es diferente para cada tipo de planta y para cada sistema de control. Hay plantas que vienen calibradas de fábrica y solo indican en su manual las indicaciones detalladas, de los cambios que hay que hacer si se cambia el tipo de mezcla a producir, pero sólo permiten la producción de ciertas líneas descritas en el manual. Las plantas más modernas permiten realizar la calibración y determinar las constantes “k” para diversos tipos de líneas o tipos de mezclas, desde un inicio, quedando registrados estos valores en el sistema de control, siendo necesario únicamente seleccionar el tipo de línea que se desea trabajar sin tener que hacer de nuevo una calibración.

A continuación se describen las constantes que hay que determinar para la operación de una planta de tambor secador-mezclador:

Constante “K” de la velocidad de las correas dosificadores de agregados

Constante “K” del peso de la carga de los silos de agregados

Constante “K” de la dosificación del asfalto

Constante “K” de la dosificación de *filler* (Si esta equipado)

Constante “K” de la temperatura de CA

Constante “K” de la temperatura de la masa

Constante “K” de la temperatura del filtro de mangas

Los valores de las constantes deben ingresarse en la pantalla de calibración del sistema de control de la planta, debe tenerse cuidado a la hora de ingresar estos datos, la correcta operación de la planta depende de estos.

La correcta operación de la planta depende de la correcta calibración de la planta, posterior a este hecho el correcto funcionamiento de la planta dependerá del control que se tenga sobre la carga de los agregados, la temperatura del CA y de la capacidad de control del operador de planta.

3.9 Funcionamiento de elementos complementarios

3.9.1 Cargador Frontal

Es de mucha importancia en la operación de la planta el buen funcionamiento, o estado de un cargador frontal como mínimo, este tiene la función de alimentar las tolvas del sistema dosificador de agregados y mantenerlas como mínimo con el 50% de su capacidad de material, esto con el fin de mantener la presión de dosificación dentro de los límites necesarios para el buen funcionamiento del sistema dosificador. Además, el cargador frontal es

utilizado para el correcto apilamiento de los agregados en el lugar asignado para este fin. La capacidad del cargador deberá ir de acuerdo con la capacidad de producción de la planta, además debe estar en óptimas condiciones de funcionamiento para no afectar la producción por sus posibles descomposturas. Hay que tomar en cuenta el hecho de que la producción de la planta se pararía al no funcionar el cargador frontal; por esto es necesario darle el mantenimiento requerido, durante los paros eventuales de la planta.

3.9.2 Camiones

Los camiones se utilizan para el acarreo de la mezcla asfáltica, de la planta hacia el lugar donde será colocada, usualmente son camiones de doble eje trasero de palangana de volteo y su capacidad usualmente es de 20 toneladas métricas. Se recomienda que todas las unidades estén en condiciones óptimas de funcionamiento, puesto que al presentar fallas en el camino, si este va cargado fácilmente podría echarse a perder la mezcla que este lleva, por el enfriamiento de la mezcla asfáltica.

Flow boy

Los camiones *flow boy* son camiones tipo trailer, equipados con sistemas de descarga, de gran capacidad, ésta puede llegar a ser de 35 a 40 toneladas métricas de mezcla. Se tiene la ventaja que si el tractocamión falla fácilmente se puede enganchar otro y el riesgo de pérdida de la mezcla disminuye.

4. MANTENIMIENTO DE LAS PLANTAS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

4.1 Importancia del mantenimiento de las plantas para mezcla asfáltica en caliente

Como se mencionó en la sección 1.1 las plantas de asfalto son un conjunto de elementos, dispositivos, mecanismos, equipos y sistemas dispuestos de alguna manera para producir mezcla asfáltica en caliente por esto mismo al igual que todo equipo requiere la implementación de buenos métodos de mantenimiento; esto no solo con el fin de mantener la producción, sino también darle mayor vida útil a la planta. La calidad del producto que se tiene como resultado de todo proceso manufacturero, es de mucha importancia, pero no podemos lograr esta calidad en los productos si los elementos que los producen no se encuentran en óptimas condiciones, y esto se logra únicamente con un buen mantenimiento.

Para optimizar las labores de mantenimiento y el mantenimiento en sí debemos de alguna manera lograr la integración de los factores que tienen relación entre si:

- Calidad del producto
- Duración de la vida útil de la planta
- Costos óptimos de mantenimiento
- Relación entre actividades de mantenimiento y producción de la planta

Estos factores influyen de alguna manera en el costo total de mantenimiento; además hay factores sobre los costos que influyen directamente en el costo total de mantenimiento:

Costo inicial de una planta

Incremento de los costos de mantenimiento a través del tiempo

Costos por fallas

Sobrecostos de mantenimiento por fallas que pudieron ser previstas

En definitiva se puede afirmar que la importancia del mantenimiento radica en que no se puede pensar en un proceso manufacturero donde se puedan eliminar las tareas de mantenimiento y con estas sus costos, puesto que el principio fundamental del mantenimiento es “mantener” las instalaciones y la planta en sí en buenas condiciones de funcionamiento, para poder operar y de esta manera producir. El otro punto importante a considerar en cuanto al mantenimiento es que este debe optimizarse para evitar costos innecesarios.

4.2 Implementación del mantenimiento predictivo para plantas de mezcla asfáltica en caliente

El mantenimiento predictivo, consiste en el proceso de integración de las distintas técnicas y métodos de los mantenimientos preventivo, correctivo y por avería y del análisis predictivo, este último consiste en procesar toda la información en lo que a mantenimiento se refiere, además realizar investigación y pruebas que mejoren el mantenimiento constantemente.

La implementación del mantenimiento predictivo en las plantas de asfalto, por consiguiente integra los otros tipos de mantenimiento que regularmente se aplican a otros equipos; la razón fundamental de pensar en la implementación

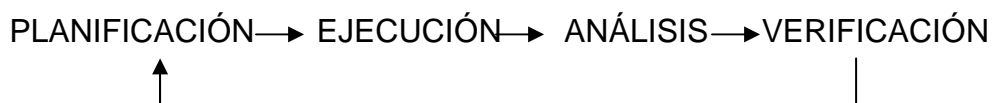
del mantenimiento predictivo en las plantas de asfalto se basa en el hecho de que la planta trabaja como un todo para producir la mezcla, pero esta compuesta por varios sistemas, que conforman de alguna manera una línea de producción, además las condiciones de operación de una planta de asfalto son críticas puesto que el trabajo es pesado y de alguna manera esta expuesto a condiciones o factores externos que pueden incidir en cualquiera de sus sistemas y causar daños o dar problemas para su buen funcionamiento, los periodos de operación son largos. Por estas razones el mantenimiento predictivo es de gran ayuda, puede “predecir” las fallas y/o problemas que se puedan presentar.

Ventajas del mantenimiento predictivo:

- Reduce el tiempo de parada
- Optimiza la gestión de personal de mantenimiento
- Disminuye stock de repuestos
- Verifica el estado de una máquina
- Sirve como control de la calidad de mantenimiento
- Contribuye a los logros de la Empresa

Implementación del mantenimiento predictivo como proceso

1. Planificación de las actividades: Plan de trabajo
2. Ejecución de actividades
3. Análisis de los datos para convertirlos en información
4. Verificación y acciones de corrección



4.2.1 Planificación

Consiste en planificar todas las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo, considerando todos los factores que pueden afectar las actividades de mantenimiento tales como: costos, tiempo, personal, condiciones climáticas, prioridades, disponibilidad de repuestos, disponibilidad de personal calificado, disponibilidad de insumos específicos, entre otros. Deben de considerarse todas estas situaciones para no incurrir en paros obligatorios por falta de algún insumo, personal o herramienta que no haya sido previsto en la planificación y que atrasaría las actividades de mantenimiento incurriendo en sobrecostos y pérdidas directas por el paro de la planta. Las fallas por avería ocurren aleatoriamente y no se pueden incluir directamente en las tareas de planificación, pero de alguna manera el mantenimiento predictivo puede “predecir”, donde y probablemente cuando ocurran y se deben tener todos los elementos necesarios para poder corregirlas.

4.2.2 Mantenimiento Preventivo

Como su nombre lo indica su finalidad es prevenir al mínimo las fallas y la depreciación prematura y excesiva de la planta; esto se logra planificando y realizando las actividades de mantenimiento preestablecidas por los fabricantes de los equipos; estas actividades pueden ser: Lubricación, pintura, calibración, etc. por lo regular las actividades del mantenimiento preventivo suelen ser sencillas y de bajo costo, pero si se descuidan pueden resultar en grandes fallas. El mantenimiento preventivo es la base de un buen mantenimiento y debe de ser lo mas eficiente y eficaz.

4.2.2.1 Rutinas de Mantenimiento

Consiste en una actividad del mantenimiento preventivo posterior al montaje y calibración de la planta, se basa en realizar tareas de mantenimiento siguiendo las instrucciones que se presentan en el manual del fabricante de la planta y en los manuales de los equipos respectivos. Se planifican según los periodos que requieren los componentes de la planta, pueden realizarse diariamente, para hacer actividades que así lo requieran, paralelamente se pueden realizar semanalmente para inspeccionar y realizar las actividades de mantenimiento respectivas a equipos que las requieran semanalmente y así sucesivamente pueden ser mensuales, trimestrales o semestrales según sean necesarias.

Las rutinas de mantenimiento tienen la ventaja de poderse planificar y programarse completamente, permiten llevar un control en lo que se refiere al personal necesario para realizarlas y llevar un control continuo de los insumos necesarios.

4.2.2.1.1 Lubricación

La lubricación, la fricción y el desgaste tienen una función importante en la vida de los elementos de maquinas, muy pocos elementos de máquinas no dependen de las consideraciones tribológicas y por supuesto las plantas de asfalto contienen muchos elementos en movimiento que requiere especial atención en lo que a su lubricación se refiere.

La mayor necesidad de lubricar, regularmente siempre se presenta en los elementos de la planta que tienen movimiento, al igual que en cualquier otra

maquina; a continuación se describen las actividades de lubricación mas importantes en lo que a una planta de asfalto se refiere.

Lubricación de cojinetes y chumaceras

La lubricación es sin una duda la actividad más importante para el buen funcionamiento y una vida útil mas larga de los cojinetes. La grasa recomendada es a base de jabón de Lítio. Pero debe tomarse en cuenta las recomendaciones de los diferentes fabricantes. La periodicidad para la aplicación de grasa en todos los cojinetes salvo en los motores eléctricos y en cojinete del extractor es de cada 50 Horas o por semana depende qué suceda primero. La lubricación del cojinete del extractor debe ser diaria.

Cuando se decide lubricar un cojinete, observe los cuidados siguientes: Evite las fuerzas aplicadas que dañan o afectan las esferas, rodos, agujas, jaulas o los anillos ya sea exteriores o interiores.

Evite penetración de lodos, abrasivos o partículas metálicas en el cojinete.

Evite el uso de grasa fuera de especificaciones o en las cantidades inadecuadas, porque los problemas como desgaste o corrosión pueden pasar.

Los cojinetes de los rodos de las correas dosificadoras siempre debe lubricarse a mano o con pistola de grasa.

Cuando se lubrica a mano, use los dedos para forzar a la grasa a que ingrese entre las esferas o rodos del cojinete.

También es usual aplicar una capa fina de grasa en las partes interiores de la caja donde se coloca el cojinete si esta es una chumacera.

La cantidad excesiva de grasa en las partes interiores del cojinete causaría calentamiento considerable, la ruptura de los sellos y drenaje de grasa. Por consiguiente, el exceso de grasa es igualmente dañino al cojinete.

Con la lubricación con pistola de grasa para las chumaceras, es necesario además el graseo que esta en la base, la caja posee un tapón de drenaje de

grasa el cual debe retirarse durante la lubricación, luego es colocado nuevamente.

Los rodamientos con falta de lubricación están expuestos al desgaste rápido de los elementos rodantes y al daño en sí del rodamiento.

Es necesario renovar la grasa, no sólo para que las nuevas películas protejan los elementos rodantes que están en movimiento, sino también para eliminar con seguridad todos los lodos que por casualidad han conseguido penetrar en el rodamiento.

Lubricación de los motoreductores

Buscando facilitar el mantenimiento y el reemplazo de partes, algunas plantas poseen sólo 2 modelos de reductores.

A) La comprobación del nivel de aceite (Cada 50 horas o por semana)

El nivel debe llegar a la frontera del agujero del tapón intermedio.

Si es necesario, complete el nivel de aceite con uno de los aceites recomendados por los fabricantes.

B) cambio del aceite

Cada 2000 horas o anualmente cambie la totalidad de aceite del reductor, dependiendo que suceda primero.

Haga el drenaje del aceite a través del tapón inferior (3), con los reductores en la temperatura de funcionamiento.

Reinstale el tapón del drenaje y reabastezca (por el agujero superior 2) con el aceite recomendado, hasta alcanzar el nivel del tapón intermedio (1).

La situación de los tapones:

- 1 - El tapón de nivelado: en él localizamos la altura correcta del aceite.
 - 2 - El tapón de aprovisionar: siempre es el tapón que ocupa la posición más alta.
 - 3 - El tapón del desagüe: el siempre se localiza en la base del reductor.
- C) La capacidad de los reductores y aceites recomendados: la capacidad dependerá del tamaño de los motoredutores, puede variar de 0.25 a 1.00 Lts. El tipo de aceite dependerá de lo que indique el manual del fabricante.

Lubricación del compresor

- A) Verificación del nivel de aceite semanalmente verificar el nivel de aceite del cárter, a través del visor.
- B) Cambios de aceite: el primer el cambio debe realizarse al alcanzar 100 horas de funcionamiento o al final del 1º mes depende qué suceda primero.
Los cambios siguientes (periódico): Cada 200 horas de funcionamiento o cada 2 meses, depende qué suceda primero, salvo la recomendación contraria del fabricante del compresor.

La capacidad del cárter y el aceite que se recomienda: Ver el manual del fabricante del compresor.

En el cambio del aceite, haga el drenaje del mismo con el compresor a temperatura de funcionamiento. Esto permite un drenaje más completo, de lodos eventuales contenidos en el aceite.

4.2.2.1.2 Servicios y reparaciones menores

Se consideran como reparaciones menores las actividades de mantenimiento sencillas, en las cuales no se necesita de personal técnico especializado ni herramienta especial para realizarlas, pueden ser planificadas y por consiguiente parte de las rutinas de mantenimiento preventivo; en las plantas de asfalto son muy necesarias las reparaciones menores, a continuación se describen varias de las actividades consideradas reparaciones menores:

Ajuste de las guías de las correas dosificadoras

Las correas de poseen dos guías laterales, y un guía trasera estas tienen la función de evitar que el material caiga de la correa dosificadora. Como el desgaste de las lonas sucede por la fricción entre las guías y la correa, es recomendable aproximarlos hasta lograr una separación de 1mm. Para este ajuste, debe aflojar las tuercas, y mover la guía y reapretar las tuercas.

Ajuste de la tensión de las correas y alineación de los rodos:

Este ajuste debe hacerse cerca del rodo-guía, en ambos lados del rodo, a través de las tuercas.

Ajuste de los empaques de la bomba de asfalto

En el eje de accionamiento de la bomba de asfalto existe un sistema de empaques que debe ajustarse periódicamente, para evitar la succión de aire, con la variación consecutiva en el flujo de la bomba.

Revisión de las mangas

A) La inspección

Bajo el compartimiento inferior del filtro, existe una ventana que permite la inspección de las mangas sin el levantamiento de éstas.

Verifique las mangas periódicamente con la relación a la:

- Quema del tejido;
- La saturación con el hollín de y/o de polvo;
- Las jaulas quebradas
- Los agujeros en las mangas;
- La oxidación de las jaulas o tejidos.

Nunca opere el filtro con las mangas rasgadas o faltando alguna: habrá pasaje de impurezas, dañando la acción del filtro.

Purga del agua de los depósitos de los compresores

Diariamente haga la purga del agua del depósito, o use una pulga automática. Para eso, abra la válvula inferior del depósito hasta eliminar toda el agua.

La presencia de agua en el depósito de los compresores, reduce la capacidad y al mezclarse con el aceite, forma una emulsión que produce las condiciones

favorables para la explosión del depósito.

Además, la presencia de agua en el circuito neumático, provoca daños internos como oxidación, a los componentes que usan el aire comprimido.

Ajuste de la tensión de las Correas

Éste es el punto más importante para un buen funcionamiento y una vida útil más larga de las correas.

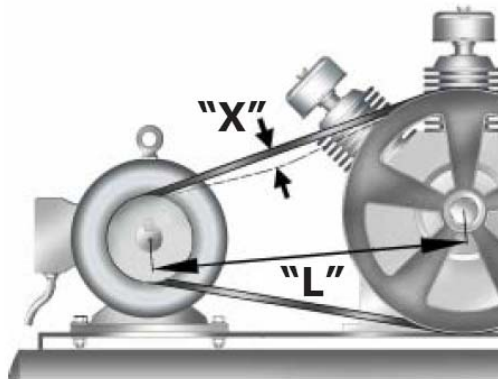
Semanalmente verifique la tensión de las correas.

Adopte la regla siguiente:

La tensión es correcta, si la deflexión "X" es alrededor del 10% de la distancia entre los centros de eje de las poleas "L" vea el ejemplo, esto es:

$$X = L / 10$$

Figura. 38: Tensión de las correas



Fuente: TEREX. **Manual de Operación y Mantenimiento**. 2003.

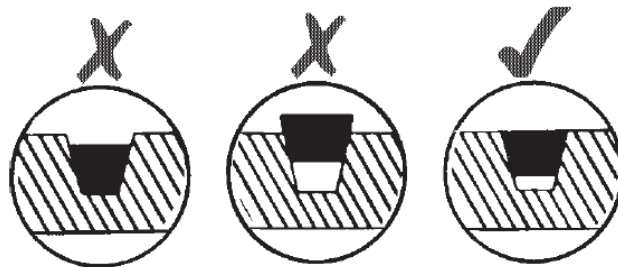
Para verificar, la deflexión haga un esfuerzo moderado en el punto central entre los elementos de las correas.

Hay 2 situaciones diferentes para el ajuste de la tensión:

1. A través de los tuercas de los tornillos tensionadores. Estos están dispuestos de tal manera que al girar la tuerca los elementos se separan tensionando las correas.
2. Soltando los tornillos de fijación del motor y alejándolo al lado apropiado. Es el caso de los compresores de aire y del extractor.

Siempre use las correas originales, evitando que las mismas no sean apropiadamente ajustadas a los cauces de las poleas, si esto pasa se genera desgaste acelerado y mal funcionamiento.

Figura. 39: Colocación correcta de las correas según el cause



Fuente: TEREX. **Manual de Operación y Mantenimiento**. 2003.

También verifique:

- Desgaste en los cauces de las poleas
- Acumulación de suciedad o polvo.
- Quite cualquier aceite o grasa presente en las correas.
- En caso de un período largo de paralización de la planta (superior a un mes), protege las correas del mal tiempo, usando mantas plásticas.
- Las nuevas correas para reemplazo, deben guardarse desenrolladas en un lugar seco y fresco, libre de los roedores y agentes químicos.

Reemplazo de las correas.

Nunca use palancas demasiado grandes para el montaje de las correas. Si en posible hágalo a mano, gire las poleas mientras instala las correas.

Mire la existencia de flechas en las correas. Si estas existen, deben coincidir con el sentido de la rotación.

Inspeccione las correas semanalmente, examine los cinturones en cuanto a: Cortes, deshilado, desgaste.

Estos problemas determinan el cambio de las correas.

Ajuste del conjunto del filtro y lubricador de la línea

Se recomienda verificar y corregir fugas eventuales de aire en la línea. Las fugas de aire representan pérdida de energía.

La presión del depósito del compresor nunca debe exceder la estipulada en la placa de especificaciones.

Ajuste la presión del sistema, a través del regulador respectivo: 80 a 120 lbs/plg².

Para girar el regulador, se debe tirar hacia arriba, para poderlo girar, aunque esto depende del tipo de conjunto de filtro y lubricador que se tenga, lea las instrucciones. Se debe verificar la afinación del lubricador de la línea: debe dosificar 2 gotas por cada accionamiento del cilindro de la compuerta. La liberación de las gotas puede visualizarse en el visor y el ajuste debe hacerse en el tornillo respectivo: girando el en el sentido horario para reducir la dosificación y vice-versa.

Diariamente:

Haga la purga del agua contenido en el filtro. Para eso, comprima el centro de la válvula. Este procedimiento es importante, no sólo para la conservación del compresor y de los componentes neumáticos: en el caso del compresor del filtro de mangas, si hay entrada de agua en el filtro, ocurre la producción del ácido sulfúrico (H₂SO₄), muy corrosivo, acelerando el deterioro del equipo y contaminando los gases que se liberan por la chimenea de la planta.

Verifique la fijación de las mangas y las fugas eventuales.

Semanalmente:

Complete el nivel de aceite del lubricador.

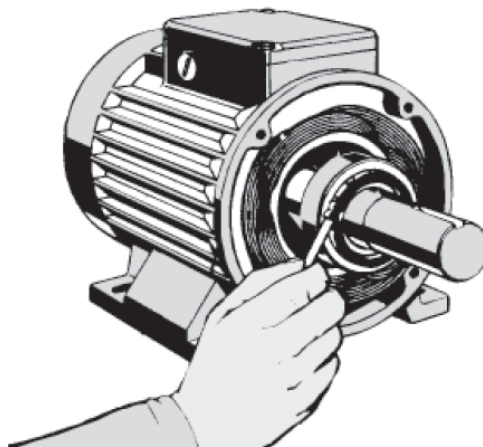
4.2.2.1.3 Mantenimiento de los motores eléctricos

La planta es totalmente activada por los motores eléctricos, radica en este hecho la importancia del mantenimiento correcto de los mismos. En la realidad, un motor eléctrico trifásico pide poco mantenimiento. Es de importancia fundamental una inspección periódica para descubrir fallas, observando aspectos como:

- El nivel del ruido
- Calentamiento
- La vibración

Las carcasas de los motores son del tipo blindado y su enfriamiento depende de la circulación libre de aire a través de las aletas longitudinales; Por consiguiente, la acumulación de suciedad en estos puntos puede provocar el sobrecalentamiento del motor. Se recomienda anualmente, abrir el motor para una limpieza interna e inspección de los cojinetes, sustituyéndolos si es necesario.

Figura. 40: Revisión de los motores eléctricos



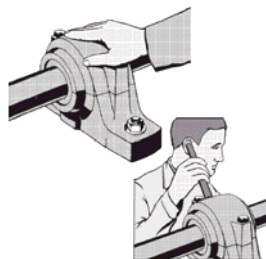
Fuente: TEREX. **Manual de Operación y Mantenimiento**. 2003.

Los cojinetes no deben emitir ruido ni vibración. En el caso de duda, es recomendable cambiarlos. Limpieza y lubricación de los cojinetes: en caso de que estos estén en buen estado, haga una limpieza de los mismos con solvente y cepillo. El secado de los cojinetes debe hacerse por flujo de viento y calor natural. Nunca use aire comprimido para el secado de los cojinetes. Después de la limpieza, ponga la grasa a mano en los espacios entre las esferas. Generalmente, además de los cojinetes son pocas partes que pudieran ser necesario reemplazarlas.

4.2.2.1.4 Inspecciones “VOSO”

Como parte de las rutinas de mantenimiento preventivo y de lo que es el mantenimiento predictivo en sí, se hace necesario la implementación de las inspecciones “VOSO”; Ver, Oler, Sentir Y Oír, estas tienen como fin descubrir pequeñas señales, las cuales podrían llevar a alguna revisión mas detallada y posiblemente a un servicio y/o reparación menor, podría decirse que son la base del mantenimiento preventivo. Se podría detectar una fuga de aceite lubricante de algún moto reductor con solo verla, o quizás oler la quema de un cable que hizo corto circuito; sentir el sobrecalentamiento de una chumacera por falta de lubricante con solo poner nuestra mano sobre ella o escuchar el ruido de una correa que se encuentra desalineada.

Figura. 41: Inspecciones “VOSO”



Fuente: TEREX. **Manual de Operación y Mantenimiento.** 2003.

4.2.2.1.5 Mantenimiento de los instrumentos de medición

Los instrumentos de medición son herramientas indispensables para conseguir el buen funcionamiento de la planta y conservar la calidad de la mezcla asfáltica. Tienen la función de dar información sobre las magnitudes de las distintas variables como temperatura y presión en las unidades de medida propia de cada instrumento. En las planta de asfalto podemos encontrar instrumentos o sistemas de medición mecánicos, neumáticos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos o alguna combinación de estos.

La mayoría de los instrumentos de medición, en la actualidad son libres de mantenimiento; pero requieren de una calibración adecuada cuando sea necesario.

4.2.2.1.6 Limpieza

La limpieza es fundamental en los procesos manufactureros y forma parte de las rutinas del mantenimiento preventivo; la operación de las plantas se lleva a cabo a la intemperie, estando expuestos sus elementos a condiciones severas de trabajo, expuestos a las inclemencias del tiempo; Además la naturaleza del trabajo conlleva a la necesidad de realizar una limpieza tanto por las condiciones externas como también por la naturaleza del proceso.

Hay que recordar que cualquier derrame de combustible, lubricante o cemento asfáltico puede resultar contaminante al ambiente, además puede representar un peligro y/o afectar el proceso de producción. Todos los elementos de la planta requieren limpieza, definitivamente por puras cuestiones estéticas, pero realmente el proceso de limpieza va mas allá , en algunos elementos debe ser periódico, de lo contrario se dan situaciones

desfavorables tales como: corrosión, daños parciales y/o totales, tal es el caso de los motores eléctricos, que disipan calor a través de las aletas exteriores que poseen sus carcasas, al no estar limpios los canales de las aletas, pueden sobrecalentarse y tener un daño total. A continuación se detallan algunas actividades de limpieza de la planta, las cuales se hacen necesarias para el buen funcionamiento de la planta.

Limpieza de la barra esparcidora

Colocada internamente en el tambor secador-mezclador, en sentido longitudinal, en la sección de la mezcla, tiene como función distribuir uniformemente el asfalto en los agregados, buscando una mezcla homogénea y rápida. Periódicamente es necesario verificar si existe obstrucción con asfalto endurecido. Para verificar esto se puede retirar la tapa que esta en la parte inferior de la cámara de agotamiento del tambor. Para la limpieza de la barra esparcidora y caja de mezcla del tambor, use cinceles u otros dispositivos apropiados. Si no se limpia la barra la distribución del CA puede causar que la mezcla no salga totalmente homogénea.

Limpieza del tambor secador-mezclador

Semanalmente proceda a la limpieza con equipo mecánico dentro del tambor secador-mezclador. Para el acceso, quite la tapa de la cámara de agotamiento del tambor. Sobre todo inspeccione la cámara de salida de Tambor dónde la acumulación material (asfalto + agregados) es más común y es dañino al giro libre del tambor y a la acción de la mezcla.

Para la limpieza, use puntas metálicas y martillo. Haga este procedimiento a cada 15 días como mínimo y máximo cada 30 días, dependiendo de las condiciones de trabajo.

Limpieza de los compresores

El mantenimiento de la limpieza del filtro de aire de los compresores es de importancia fundamental, considerado la atmósfera adversa en que opera la planta: la concentración de polvo es muy abrasivo.

Cada tres días, quite todos los filtros y límpielos con aire comprimido. Siempre que algún filtro presente daños y perjuicios, como deformación o agujeros, cámbielo por uno nuevo inmediatamente.

Conserve las aletas disipadoras de calor de los cilindros, siempre limpias para evitar el sobrecalentamiento y pérdida de eficiencia del compresor.

Limpieza exterior de la planta

La limpieza exterior de la planta, incluye la limpieza del sistema dosificador de agregados, incluyendo las acciones para retirar restos de agregados de las tolvas y de las correas transportadoras, así como retirar cualquier residuo de agregado de la estructura de la planta, para este trabajo se recomienda utilizar agua a presión. Además se recomienda realizar una limpieza general en las instalaciones de la planta con el fin de retirar objetos que podrían dañar los vehículos y personas que transitan dentro de la planta, de igual forma cualquier derrame debe ser limpiado para evitar contaminación.

4.2.2.1.7 Pintura

Como se mencionó en la sección anterior, la operación de las plantas es completamente a la intemperie, estando expuestas a las inclemencias del ambiente y de las condiciones climáticas, esto acelera el deterioro de la pintura y propicia la corrosión de las superficies metálicas; Haciendo necesario contemplar dentro de las actividades del mantenimiento preventivo la preparación de las superficies afectadas para su repintura.

Se recomienda el uso de pinturas anticorrosivas y pinturas para alta temperatura para aplicar en el tambor o superficies que estén cercanas a fuentes de calor y por lo tanto estén expuestas a altas temperaturas. Se puede elegir cualquier color de pintura, pero se recomienda el uso de colores relucientes claros (naranja, amarillo, mostaza) por si se opera durante las noches, esto ayudara a la iluminación. Se puede implementar un código de colores para identificar distintas áreas o acciones, con el fin de evitar accidentes, por ejemplo pintar de color naranja las áreas que pudieran estar calientes, rojas las partes que pudieran estar en movimiento y así sucesivamente.

Un factor muy relevante que debe considerarse en las actividades de pintura, es la preparación de las superficies, en muchos casos se aplica la pintura en superficies mal preparadas, al poco tiempo la misma superficie o equipo que fue pintado, requiere el mismo trabajo nuevamente, esto nos lleva a elevar nuestros costos de mantenimiento, por lo tanto una limpieza y preparación adecuada es necesaria. En muchos componentes de las plantas, existe la presencia de residuos de CA endurecido, que deben ser removidos previamente a la aplicación de la pintura, en estos casos se recomienda retirar los accesorios que sufren daño al ser expuestos al calor y se procede a calentar las superficies a ser pintadas con un mechero, con esto eliminamos todos los residuos de CA de una manera mas fácil y rápida, desde luego este procedimiento no puede ser aplicado a todos los componentes de la planta, además deben tomarse las medidas de seguridad correspondientes.

4.2.2.2 Monitoreo de condición

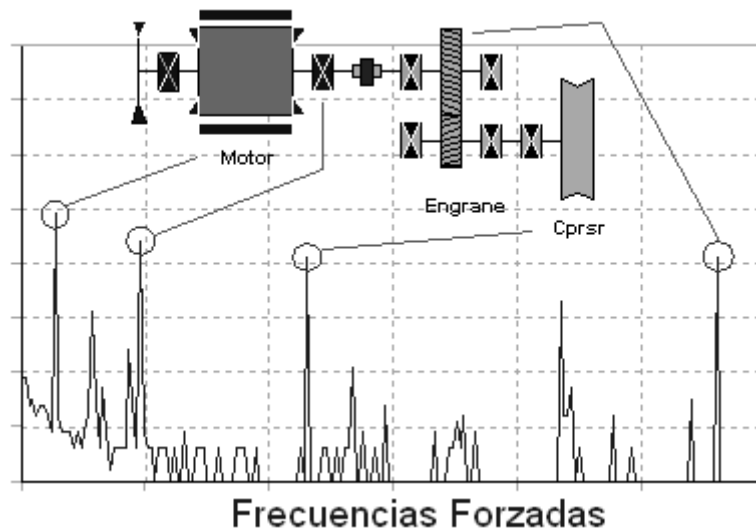
El monitoreo de condición son actividades que complementan el mantenimiento preventivo, en algunos procesos se puede monitorear en tiempo real algunas de las actividades mas importantes de los procesos, en el caso de las plantas de asfalto, en las mas modernas se pueden monitorear de esta forma algunos parámetros desde la cabina de mandos, como la temperatura del filtro de mangas, la presión del sistema neumático, etc. y se pueden realizar actividades de corrección sobre estos parámetros, de esta manera podemos lograr mejorar el proceso y proteger los equipos, lamentablemente no se pueden monitorear el funcionamiento de todos los sistemas y equipos de esta forma, por lo tanto es necesario periódicamente realizar un monitoreo de condición de todos los elementos de la planta, dicho trabajo representa la utilización de equipo y personal especializado, esto representa la diferencia entre las inspecciones “VOSO” y el monitoreo de condición.

4.2.2.2.1 Análisis de vibración

El valor del análisis de las vibraciones de maquinaria está basado en el hecho que elementos específicos en las partes rotativas de cualquier máquina producirán fuerzas en la máquina que causarán vibraciones a frecuencias específicas. Una de las más importantes frecuencias forzadas son las RPM de la flecha, y eso proviene del hecho que cualquier rotor siempre presenta una cierta cantidad de desbalanceo residual. Esto imparte una fuerza centrífuga radial en los rodamientos y causa la vibración de la estructura a la frecuencia fundamental o 1x. Los llamados tonos de rodamientos, que son característicos de cada geometría de rodamiento son fuerzas generadas por defectos en los anillos del rodamiento y en los mismos elementos de rodamientos. Las frecuencias de engranaje de los engranes provienen de los impactos

individuales de los dientes de un engrane unos contra otros y la frecuencia de engranaje es igual al número de dientes en el engrane multiplicado por las RPM del engrane. Las frecuencias de paso de aspas o de alabes son similares al engranaje y son igual al número de alabes en una impulsora o al número de aspas en un ventilador, multiplicado por las RPM. Cada frecuencia forzada va a crear un pico en el espectro de vibración. La amplitud del pico depende de la gravedad de la condición que lo causa. De esa manera, la frecuencia indica el tipo de problema y la amplitud indica su gravedad.

**Figura. 42: Análisis de vibración
Compresor Centrífugo a Aire**



Fuente: Fredy Monroy. **Curso de Vibraciones, USAC**. 1er. Semestre 2006.

El espectro de frecuencias, lo podemos observar a través de un analizador de frecuencias, este posee una pantalla donde se muestra el espectro en tiempo real, por supuesto el equipo debe de estar en funcionamiento.

El Eje de frecuencias

Cuando se va dibujando los espectros de vibración de maquinaria rotativa, hay varias opciones para las unidades del eje de frecuencias. Probablemente la

unidad la más natural es el ciclo por segundo, o hertzio Hz. Otra unidad que se usa frecuentemente son las revoluciones por minuto (RPM) o Ciclos por Minuto (CPM). Hz. se convierte a CPM, multiplicando por 60. Mucha gente opina que CPM es una escala conveniente, para usarse, ya que muchas máquinas se describen en términos de RPM. Esta práctica resulta en grandes números para el eje de frecuencias y por eso, mucha gente prefiere usar Hz. ya que los números más pequeños son más convenientes.

Evaluación de Espectros de Vibración de Maquinaria

La mayoría de las máquinas tienen un conjunto de frecuencias forzadas relativamente sencillas, determinadas por la geometría de la máquina y por su velocidad. La existencia de otras frecuencias que las frecuencias forzadas tales como los armónicos de 1x en la firma de vibración de la máquina indica una no linealidad y la magnitud combinada de esas frecuencias nuevas es un buen indicador del estado de salud general de la máquina. A medida que se desgasta una máquina, el juego se hace más grande y su firma de vibración se hace más compleja, debido a la generación de armónicos en las bandas laterales.

Cuando se hace una tendencia del nivel de vibración de una máquina en el tiempo, un incremento en el nivel de frecuencias forzadas indica un cambio en el mecanismo de la máquina, causando esta frecuencia forzada. No necesariamente indica un daño a la máquina. Por ejemplo un incremento de 1x en un rodamiento de motor indica una condición de desbalanceo creciente, pero si empiezan a aparecer armónicos de 1x, eso indica daños tal como incremento de juego en rodamientos, holgura o grietas en la estructura. Por eso, una fuerte vibración en 1x significa que se debe balancear el rotor, pero la aparición de 1x también quiere decir que el rodamiento y las estructuras vecinas también se deben verificar en cuanto a daños.

4.2.2.2.2 Termografía

Consiste en la utilización de cámaras termográficas, las cuales registran las radiaciones infrarrojas de los elementos, esto permite conocer las diferencias de temperatura entre las distintas partes de los elementos. La utilización de la termografía en el proceso de producción de asfalto, se limita a los secadores y/o a los tambores del tipo secador-mezclador, permite ver la distribución de la temperatura y detectar zonas donde la concentración de calor puede ser perjudicial.

Utilización de pirómetros de radiación

Los pirómetros de radiación son instrumentos portátiles que se utilizan para medir la temperatura a la que se encuentra un cuerpo, su función se fundamenta en la ley de Stefan Boltzmann, la cual indica que la energía radiante emitida por la superficie de un cuerpo aumenta proporcionalmente a la cuarta potencia de la temperatura absoluta del cuerpo, es decir: $W = E \times T^4$, su precisión es de 0.3% a 0.0075% y su temperatura máxima de 6000 °C. Se utiliza para verificar la temperatura de las tuberías de cemento asfáltico, tuberías de aceite térmico y tuberías de combustible, principalmente.

4.2.2.2.3 Análisis de Aceite

El análisis periódico del aceite, consiste en una serie de pruebas destinadas a identificar y medir la contaminación y degradación de una muestra de aceite. Tres son las pruebas básicas:

1. Análisis de desgaste
2. Pruebas químicas y físicas
3. Análisis de las condiciones del aceite

A continuación se describen brevemente estas pruebas:

Análisis de desgaste

Se realiza mediante un espectrofotómetro de absorción atómica. Esencialmente la prueba controla la proporción de desgaste de un componente determinado identificando y midiendo la concentración de los elementos de desgaste que se encuentran en el aceite. Basados en datos previos de concentraciones normales, se establecen los límites máximos de elementos de desgaste. Después de haber tomado tres muestras de aceite, se pueden establecer líneas de tendencia de los distintos elementos de desgaste de un mecanismo determinado. A su vez se pueden identificar las posibles fallas cuando las líneas de tendencia se desvían del patrón establecido.

El análisis de desgaste se limita a detectar el desgaste de los componentes y la contaminación gradual con tierra. Las fallas debidas a fatiga de componente, perdida imprevista de lubricación o ingestión imprevista de tierra, se producen demasiado rápidas para poder predecir mediante este tipo de prueba

Pruebas físicas y químicas

Las pruebas físicas y químicas, detectan el agua, el combustible y el anticongelante en el aceite y determina cuando su concentración excede los límites establecidos.

La presencia y la cantidad de agua se detectan mediante la “prueba de chisporroteo”. Se coloca una gota de aceite en una plancha caliente a una temperatura controlada de 110 °C (230 °F). La aparición de burbujas es una indicación positiva de agua ene el aceite (es aceptable una presencia de agua entre el 0.1% al 0.5%). Se determina la presencia de combustible mediante el probador de destello. Este probador esta calibrado para determinar el % de combustible diluido. la presencia de anticongelante se determina mediante una prueba química.(cualquier indicación positiva es inaceptable).

Análisis de las condiciones del aceite

Las condiciones del aceite se determinan mediante el análisis infrarrojo. Esta prueba determina y mide la cantidad de contaminantes, como hollín y azufre, y productos de oxidación y nitración. Aunque también puede detectar agua y anticongelante en el aceite, para poder hacer un diagnóstico preciso sobre el análisis infrarrojo debe ir acompañado siempre por el análisis de desgaste y la pruebas físicas y químicas.

También se puede usar el análisis infrarrojo para reducir, mantener o prolongar los intervalos de cambio de aceite según las condiciones y aplicaciones en particular.

4.2.3 Mantenimiento correctivo

Consiste en el conjunto de actividades de corrección, en los distintos sistemas y equipos de la planta; tiene dos funciones:

1. Corregir las anomalías sistemáticas que se presentan en los elementos que componen la planta.
2. Reacondicionamiento y/o reparación de elementos que por su uso ya se encuentran en condiciones que hagan difícil conseguir una operación y/o funcionamiento correcto. Además que corran el riesgo de sufrir una falla totalmente imprevista.

El mantenimiento correctivo como parte del mantenimiento predictivo tiene interacción con el monitoreo de condición. Dentro de las actividades del mantenimiento correctivo podemos mencionar:

Corregir la calibración de la planta

Calibración del quemador

Reparación de Motores de combustión interna

Reparación de Bombas
Reparación de Compresores
Reparación de tuberías
Cambios de elementos de medición
Reparaciones Mayores de elementos de la planta
Reparación de sistemas eléctricos
Reparación de sistemas neumáticos

4.2.3.1 Calibración del quemador

La calibración del quemador se hace con el fin de una quema completa de combustible y por consiguiente un buen rendimiento del quemador, con el mínimo de emisión de gases contaminantes, es fundamental observar la relación correcta entre la masa de aire x masa de combustible enviada al quemador. En lenguaje técnico, esto la llama de "Relación Estequiométrica." La forma de calibración del quemador depende del tipo quemador y este directamente del tipo de planta y por supuesto del fabricante. La calibración del quemador requiere por lo regular de personal altamente calificado y es una acción de corrección muy importante.

4.2.3.2 Ajuste de la presión del combustible

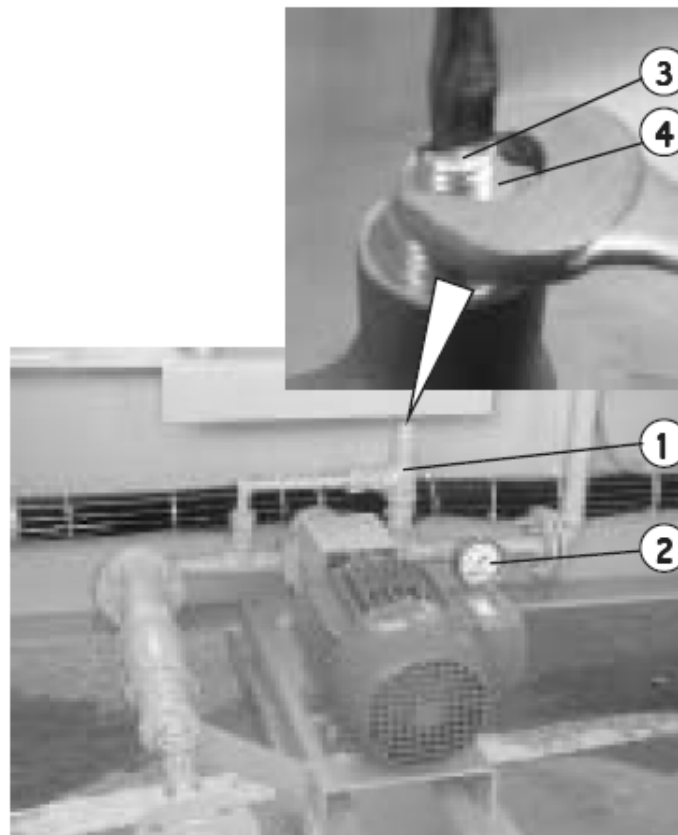
Ajuste de la presión del combustible La válvula (1) que controla la presión del combustible que se indica en el manómetro (2).

El procedimiento para la afinación:

- a) Con la bomba en el funcionamiento normal, quite la tapa de la válvula;
- b) Sostenga el tornillo de afinación (3) con un destornillador y suelta la contratuerca (4).

- c) Gire el tornillo (3) en el sentido horario o en sentido contrario, para aumentar o disminuir, respectivamente, la presión del sistema;
- d) Cuando se alcanza la presión de afinación, conforme al tipo de combustible, sostenga el tornillo y apriete el contratuerca; y) Reinstale la tapa de la válvula.

Figura. 43: Calibración de la presión del combustible



Fuente: CMI-Cifali. **Manual de Plantas RD.** 2003. Módulo 03 Pág. 21

4.2.3.3 Reparación de bombas

Por lo general, las bombas requieren de poco mantenimiento, especialmente las de tipo centrífugas; el mantenimiento de una bomba centrífuga sólo se reduce a renovar el aceite de las chumaceras, los empaques del prensa-estopa y el número de elementos a cambiar es muy pequeño, sin embargo, es necesario realizar el mantenimiento correctivo, para evitar

inconvenientes como fugas, mal funcionamiento o la posibilidad de una falla imprevista que nos llevaría a un mantenimiento por avería el cual es costoso. El mantenimiento de las bombas de engranes es similar a las de las bombas centrífugas y requiere especial cuidado en los cojinetes del eje impulsor.

4.2.3.4 Reparaciones mayores

Como se mencionó anteriormente, las actividades de mantenimiento correctivo están íntimamente ligadas al monitoreo de condición, por medio de este podemos descubrir pequeñas señales de daños es los equipos, esto nos lleva a las actividades de corrección, de no ser así en el futuro será necesario el mantenimiento por avería. Dentro de las reparaciones mayores podríamos mencionar: el reemplazo de cojinetes, reparación de motoreductores, reparación de compresores, soldadura de componentes, cambio de mangas del filtro, reparación del trasportador escalonado.

4.2.4 Mantenimiento por avería

Consiste en realizar todas las actividades de reparación de las fallas totalmente imprevistas, el mantenimiento por avería como parte del mantenimiento predictivo debe de ser mínimo, uno de los hechos que implica considerar siempre el mantenimiento por avería es que siempre, aunque el mantenimiento preventivo, correctivo, y el análisis predictivo sean lo mas eficiente posible, existirá la posibilidad de que mas de algún componente pueda fallar a consecuencia de:

Factores externos: Personal operario no capacitado, errores humanos, accidentes, mal mantenimiento preventivo y correctivo, inexistencia de los insumos recomendados por los fabricantes.

Factores no controlables: Fallas de fábrica del componente, negligencia del personal de mantenimiento.

Reparaciones mayores

Generalmente cuando ocurre una falla, que es imprevista, a pesar de un buen mantenimiento preventivo y correctivo, estas siempre suelen ser de gran magnitud y muchas veces incurrir en el paro de la planta, tal es el caso por ejemplo del atrancamiento de un motoreductor por quebradura de un engrane o la quema de un motor eléctrico. Para poder lograr un buen mantenimiento por avería, y por lo tanto reducir el tiempo paro de la planta, es recomendable contar con personal capacitado, herramienta y tener planificado las acciones de corrección en cada una de las posibles fallas por avería.

4.2.5 Análisis predictivo

El análisis predictivo es el enlace entre las distintas actividades de los mantenimientos preventivo, correctivo y por avería; Consiste en evaluar, investigar, monitorear, archivar todas las actividades de mantenimiento, para posteriormente modificar o mejorar los distintos métodos y acciones de mantenimiento. En otras palabras realizar un estudio de lo que paso, por que sucedió, lo que sucede y como sucede, para de alguna manera poder “predecir” lo que posiblemente puede suceder.

4.3 Eficiencia y eficacia del mantenimiento

Como en todo proceso, se debe perseguir tanto la eficiencia como la eficacia del mantenimiento. Los costos del mantenimiento preventivo sumados a los del mantenimiento correctivo, incluyendo el monitoreo de condición y el análisis predictivo podrían resultar muy altos, a tal caso que puede ocurrir que

se gaste demasiado en conducir este proceso de mantenimiento y que el costo de prevención del mismo exceda el costo que sería causado por las eventuales fallas, sin embargo como sucede con todas las actividades basadas en el costo existe un punto de equilibrio en la curva de costo falla-mantenimiento. Indiscutiblemente se deben realizar todas las acciones posibles para conseguir estar lo más cerca posible de este punto y para lograrlo necesitamos implementar una buena administración del proceso de mantenimiento.

4.3.1 Frentes de mantenimiento

Existen dos frentes de mantenimiento:

1. El personal de mantenimiento que efectúa las reparaciones directamente.
2. El personal que opera los equipos, implícitamente tiene relación con el mantenimiento.

Como parte de la buena administración del proceso de mantenimiento de la planta, se debe considerar la importancia de las actividades de control y supervisión de los trabajos de mantenimiento en sí, pero paralelo a esto deberá supervisarse las acciones de operación de la planta, una mala operación influirá notablemente en la necesidad de más mantenimiento y por lo regular correctivo. También hay que considerar que en el proceso de mantenimiento, intervienen personal con capacidades distintas, el personal que realiza el mantenimiento preventivo no efectúa por lo general el monitoreo de condición, por esta situación es necesario y de mucha importancia la supervisión de las actividades de mantenimiento.

4.3.2 Capacitación del personal de mantenimiento

La capacitación de personal directamente de mantenimiento se hace necesaria a todos los niveles, y definitivamente la capacitación deberá hacerse de acuerdo a las actividades de cada grupo de trabajo. Se pueden planificar cursos de capacitación de manera de no afectar las actividades de mantenimiento de la planta, además muchas empresas prestan servicios de capacitación como parte del paquete de la compra de sus productos, esto puede ser muy beneficioso para la empresa y para el proceso de mantenimiento y no implicaría ningún costo.

La capacitación del personal puede ir encaminada directamente a las actividades de mantenimiento, pero también es bueno que el personal reciba capacitación en otras áreas como: manejo de recursos, seguridad e higiene industrial, entre otras. Muchas empresas lamentablemente consideran la capacitación de personal como un incremento en los costos de operación y no como una inversión que mejora las actividades en todo sentido.

4.3.3 Capacitación del personal operario

Como se mencionó anteriormente, el personal operario esta relacionado tácitamente con el proceso de mantenimiento y lo podríamos llamar el “mantenimiento Principal” que no es más que leer las instrucciones, saber usar y utilizar correctamente los equipos. Un equipo mal operado, esta propenso a sufrir daños, aunque su estado este en óptimas condiciones y posteriormente necesitar mantenimiento “correctivo”, por esta razón, la importancia y la necesidad de capacitar el personal operario.

4.4 Suministros, herramienta y equipo de mantenimiento básico a utilizar en las plantas para mezcla asfáltica en caliente

Para conseguir un desarrollo óptimo en el proceso de mantenimiento de las plantas de asfalto, necesitamos contar con los suministros, herramienta y equipo específico para realizar las tareas de mantenimiento. Por lo general los fabricantes, a través de los manuales de los equipos, nos ofrecen datos acerca de los suministros necesarios, como tipo de lubricantes, grasas, además de información importante. A continuación se describen los suministros, herramienta y equipo más importante, específico para el mantenimiento de las plantas de asfalto.

4.4.1 Lubricantes y grasas

Un lubricante es cualquier sustancia que reduce la fricción y el desgaste, además proporciona una operación uniforme y una vida satisfactoria de los elementos de máquinas. La mayoría de los lubricantes son líquidos como aceites minerales, ésteres sintéticos, fluidos silicónicos y agua; pero pueden ser sólidos (politetrafluoretileno) que se usan en cojinetes secos; grasas, las cuales se usan en los cojinetes de elementos rodantes; o gases como el aire que se utiliza en los cojinetes de gas. Un lubricante es un líquido, sólido o un gas que se interpone entre las superficies sólidas para facilitar su movimiento relativo deslizante o rodante, controlando de esta manera la fricción y el desgaste. Sin embargo, la separación de las superficies no es la única función del lubricante, los lubricantes líquidos tienen otras funciones:

- Tienen una capacidad de disipación térmica para enfriar las partes en contacto.

- Se pueden mezclar con otros productos químicos para obtener una variedad de propiedades como resistencia a la corrosión, limpieza o capas de superficie activa.
- Pueden remover partículas producidas por el desgaste.

Los lubricantes líquidos se pueden dividir de acuerdo con su origen. Los derivados del petróleo son conocidos como aceites minerales; y los de origen animal o vegetal, como aceites grasos. Con frecuencia los aceites sintéticos se agrupan con estos últimos. Para que un lubricante resulte efectivo debe ser lo suficientemente viscoso como para mantener una película lubricante en condiciones de operación; pero debe ser tan fluido como para remover el calor y evitar la pérdida de la potencia debida al arrastre viscoso.

Generalmente los fabricantes dan la especificación para cada uno de los lubricantes de los diferentes componentes de la planta, de acuerdo con la organización que ellos consideren pertinente, por ejemplo, SAE 90, ISO 100. Existen diferentes organizaciones que norman las características de los lubricantes entre estas encontramos:

ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
ASME	<i>American Society of Mechanical Engineers</i>
API	<i>American Petroleum Institute</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>
NLGI	<i>National Lubricating Grease Institute</i>

Grasas

Las grasas son lubricantes semisólidos utilizados principalmente en cadenas, engranes, cojinetes y mecanismos. Las grasas tienen gran uso en los distintos elementos de las plantas de asfalto. Se recomienda el uso de grasa multipropósito con base de jabón de litio. Este es un tipo de grasa industrial elaborada de hidroxistearato de litio como espesante, aceites minerales refinados, aditivos antioxidantes y anticorrosivos. Es una grasa de gran rendimiento, especialmente recomendada para cojinetes que operan en las condiciones más difíciles, como la contaminación con polvo, variadas temperaturas (-18.9 °C a 135 °C) y presencia de humedad. También es recomendada para rodamientos de gran tamaño, rodamientos montados verticalmente y rodamientos sellados.

Ventajas:

Combate la corrosión.

Resisten el lavado con agua.

Excelente estabilidad mecánica.

Excelente resistencia a la oxidación.

Pueden trabajar a altas temperaturas.

Proveen protección contra el herrumbre aun en presencia de agua salada.

Especificaciones grasa a base de jabón de litio:

Shell Alvania

MIL G24139

DEF STAN-91-28/1

FAFNIR MS-P175A

En el mercado podemos encontrar presentaciones de cubeta de 120 libras o cubetas de 35 libras. Esto dependerá de la casa comercial proveedora.

4.4.2 Correas

El accionamiento de las plantas de asfalto regularmente se realiza en gran mayoría por la potencia que transmiten los motores eléctricos hacia las poleas de los moto reductores a través de las correas. Es muy importante la utilización de las dimensiones correctas de las correas, como también que sean originales según las especificaciones requeridas.

4.4.3 Taller de reparaciones

Dentro de las instalaciones de la planta es necesario incluir un área determinada para la construcción de un taller de reparaciones; muchas empresas constructoras productoras de plantas para mezcla asfáltica en caliente, cuentan con un taller central de reparaciones, totalmente equipados con todo lo necesario hacia donde son llevados los trabajos mayores, pero siempre es conveniente que exista un pequeño lugar en la planta donde se puedan realizar actividades de mantenimiento.

Se recomienda que mínimo el taller de reparaciones en planta este equipado con:

- Equipo de soldadura eléctrica y autógena.
- Equipo de corte, oxiacetilénico.
- Bancos para el trabajo.
- Prensas.
- Juegos de herramientas
- Taladro

El hecho que exista un pequeño taller para reparaciones menores, hace más fácil y rápido la solución de problemas de mantenimiento, además reduce

los costos en que se incurre al perder tiempo por el traslado y transporte de los elementos dañados.

Herramientas métricas e inglesas

En la actualidad, las actividades de ingeniería se ven, con la dificultad de tener que manejar los dos sistemas de medida principalmente, el sistema internacional de medidas (SI) y el sistema Ingles, este hecho nos lleva de alguna manera a encontrarnos con combinaciones de elementos que han sido diseñados unos en el sistema internacional y otros con el ingles, por esta razón se necesita contar con elementos de medición, y herramientas de trabajo en ambos, sistemas.

En muchos casos, el personal de mantenimiento, lamentablemente ya sea por falta de herramienta o falta de conocimiento emplean herramienta inadecuada al sistema de medida en que fue diseñada la pieza que están trabajando, este simple hecho causa daño tanto a la pieza como a la misma herramienta.

Procesos y equipos de soldadura

PROCESO STICK

Consiste en soldar utilizando una varilla revestida, llamado electrodo, en el cual, por medio de el arco eléctrico producido por una fuente de poder, el electrodo se funde y une las dos piezas metálicas, el recubrimiento del electrodo produce la escoria la cual tiene la función de proteger nuestro cordón del ambiente y así lograr una soldadura de calidad. La temperatura a la que se da la fusión va desde 1200 °C hasta 3000 °C, por lo cual es importante, proteger la soldadura del ambiente.

Es un proceso simple y no caro, se pueden encontrar maquinas de soldadura en el mercado desde unos Q800.00 hasta Q30,000.00 dependiendo su capacidad. Este tipo de soldadura es muy utilizado, normalmente es el utilizado en las herrerías (120 A), se puede soldar diferentes metales así como también diferentes calibres de material.

Sus aplicaciones van desde las muy sencillas hasta niveles industriales, se puede soldar en todas las posiciones, solo con variar el electrodo, (por ejemplo 6013, 6018). Existen diversos tipos de electrodos dependiendo el material que se va ha soldar, los calibres, la penetración o la posición de la soldadura.

Se necesita:

- Una fuente de poder
- El electrodo
- Porta electrodo
- Cable del electrodo
- Prensa tierra

Figura. 44: Aplicación de soldadura



Fuente: Planta de Asfaltos, Sigma Constructores. Palencia 2005.

PROCESO MIG

Consiste en soldar, al igual que en el proceso stick por medio de el arco eléctrico, con la diferencia de que no se utiliza un electrodo revestido, sino un alambre continuo el cual proviene de una bobina y que se hace llegar hasta la antorcha MIG con una velocidad constante la cual es manejada por un mecanismo. El alambre se funde y la soldadura es protegida por un gas inerte (Argón, CO₂), que se hace llegar también hasta la antorcha. Las bobinas tienen gran capacidad de alambre (25lb o más)

Ventajas del proceso MIG

- Mayor velocidad.
- Mayor eficiencia (95 %).
- Se pueden soldar otros materiales como Aluminio.
- Simple y fácil de aprender.
- Se puede hacer largos cordones de Soldadura sin parar.
- Se evitan defectos de soldadura.
- No produce escoria.
- Se puede soldar en cualquier posición.

Aplicaciones:

Se puede aplicar en pequeños talleres pero, por su mayor eficiencia es muy utilizado este proceso en las grandes industrias, ingenios, cementeras, construcción de casas, grandes fábricas.

Equipo Básico

- Fuente de poder
- Cilindro de Argón o CO₂
- Regulador
- Antorcha MIG
- Mecanismo para la bobina
- Prensa tierra

Controles MIG

Se deben manejar dos variables: Voltaje y Velocidad del Alambre.

PROCESO MAG

Este proceso de soldadura es muy similar con el proceso MIG, con la única diferencia que se utilizan gases activos, los cuales suelen ser mezclados con dióxido de carbono, En este caso como en el proceso MIG el electrodo, es una varilla desnuda o recubierta con fundente la cual se funde para rellenar la unión.

PROCESO TIG

Otro tipo de soldadura con protección gaseosa es la soldadura TIG, que utiliza un gas inerte para proteger los metales del oxígeno, como la MIG, pero se diferencia en que el electrodo no es fundible (no es consumible); Se utiliza una varilla refractaria de wolframio o de tungsteno, por su alto punto de fusión. El metal de aportación se puede suministrar acercando una varilla desnuda al electrodo.

Este tipo de soldadura es un proceso más fino y se utiliza para soldar piezas especiales, es más caro, pero también de mayor calidad.

Ventajas

- Se pueden soldar más materiales
- 0% de escoria
- No produce crispas
- Cordones de alta calidad
- Proceso limpio
- Mejor calidad de soldadura

Aplicaciones

Se utiliza con mayor frecuencia en soldadura de tuberías, en calderas y en trabajos que requieren de alta calidad y acabados perfectos. Pasa pruebas de radiografía y de tintas.

Equipo básico

- Control remoto de gas (control de flujo de gas)
- Gas
- Fuente de poder (corriente eléctrica)
- Prensa tierra
- Antorcha TIG

Controles

- Tiempo antes de iniciar, suministro de gas (1-10 Segundos)
- Tiempo después de terminado
- Voltaje (dependiendo penetración, limpieza)
- Calor aportado
- Amperaje (corriente de 10-300 A)
- Control remoto (pie) Para gas
- Control de Distancia de inicio de arco eléctrico

Equipo de comunicación

Los equipos de comunicación, representan una gran ayuda, en las actividades de mantenimiento, principalmente durante el montaje de la planta , monitoreo de condición y calibración de la planta. La comunicación en tiempo real es sin duda una gran herramienta para controlar, agilizar y mejorar todas las actividades de mantenimiento.

Multímetros

Como se ha mencionado anteriormente, por lo general el accionamiento de la mayoría de elementos de las plantas de asfalto se lleva a cabo mediante la potencia transmitida por el funcionamiento de motores eléctricos, este hecho nos lleva a la necesidad de contar con elementos de medición, herramienta y equipo para el control y mantenimiento de sistemas eléctricos.

Básicamente, un multímetro consta de un voltímetro, un ohmiómetro y un medidor de corriente contenidos en una caja. Sin embargo un multímetro dispone de un solo mecanismo medidor con una escala calibrada en volts, ohms y miliamperes. Los resistores multiplicadores necesarios y todos los resistores en derivación están dentro de la caja. Cuenta con interruptores selectores frontales para seleccionar una función en particular del medidor y un rango especial para esa función. Un multímetro típico puede tener dos interruptores: uno para ajustar los circuitos de manera que midan ya sea corriente continua, o voltaje de CC, corriente o voltaje alterno o resistencia; el otro para seleccionar el rango de la magnitud a medir. Algunas veces se usa solo un interruptor para seleccionar la función y el rango y en otros casos se tienen terminales especiales para el objeto.

Repuestos

Para evitar retrasos, en la operación de la planta y en las actividades de mantenimiento, es aconsejable mantener, algunos artículos de común reemplazo, en algunos casos los fabricantes de las plantas proporcionan una lista de repuestos que es necesario mantener en bodega, para proceder al mantenimiento preventivo. Se puede realizar un inventario donde se lleve el control del movimiento de estos artículos, por si es necesario proceder a realizar las requisiciones respectivas.

Una práctica muy importante para evitar los retrasos es la inspección general periódica de la planta. Así, se descubre componentes que pueden presentar algún problema, temprano a las fallas mayores y se procede a retirar el artículo afectado. Además de evitar las paradas indeseables, el mantenimiento preventivo es más barato que el correctivo, porque evita que otros componentes se alcancen a dañar por un problema pequeño como el daño de un cojinete, por ejemplo.

5. IMPACTO AMBIENTAL, SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL EN LA OPERACIÓN DE PLANTAS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

5.1 Las plantas para mezcla asfáltica en caliente y su impacto al medio ambiente

La totalidad de las actividades, que realiza el hombre traen consigo impactos al medio-ambiente, beneficiosos y dañinos. El medio ambiente como receptor de la acción humana es el interlocutor de nuestros proyectos de desarrollo, para lo cual tiene sus límites de tolerancia. Si estos son rebasados y no se toman las acciones correctivas o mitigantes, aparecen los problemas ambientales.

La contaminación ambiental es cualquier deterioro de la calidad ambiental, este presente o no, algún riesgo para la salud pública. Se define como todo cambio indeseable en las características del aire, del agua, del suelo y de los alimentos, que afecta nocivamente la sobrevivencia o las actividades de los humanos y otros organismos vivos.

La implementación y operación de una planta para mezcla asfáltica en caliente, traerá consigo desde luego impactos ambientales, tanto benéficos como dañinos. Es muy importante optimizar los recursos, pues si bien es cierto el simple hecho de producir mezcla asfáltica para lograr mejorar la infraestructura y realizar proyectos viales es algo muy beneficioso; se debe buscar que todo el proceso desde la ubicación, montaje y operación de la planta se realice tomado en consideración la preservación del medio ambiente, no solamente por el simple hecho de cumplir con la legislación y normativa de la región, sino como parte de la toma de conciencia de la importancia de preservar y respetar nuestros recursos naturales.

5.1.1 Área de Influencia

Uno de los factores que deben considerarse para la ubicación de una planta de asfalto, es el estudio de impacto ambiental, se hace necesario estudiar el área que será influenciada por la presencia y operación de la planta y los daños que esta traerá por estar en ese preciso lugar, a los diferentes factores ambientales. Por supuesto, no se justifica la presencia de una planta de mezcla asfáltica en caliente cuando los impactos ambientales son demasiado grandes, de aquí la razón de la importancia de seleccionar una ubicación adecuada para la planta, donde los impactos ambientales dañinos sean mínimos y se puedan implementar también medidas de mitigación y/o mejoramiento de las condiciones ambientales, tampoco debe olvidarse que deben considerarse otros factores, para la selección de la ubicación de una planta de asfalto, lo importante es optimizar. Además deben considerarse las condiciones ambientales que influyen en el montaje y operación de la planta tales como:

- Descripción geográfica del área
- Si es o no zona de tolerancia industrial
- Climatología
- Sismicidad
- Vientos

Estos factores influirán directamente en el montaje y operación de la planta, por supuesto deben tomarse en cuenta para no tener problemas posteriores, además influyen indirectamente en las consideraciones ambientales que deben considerarse para el buen funcionamiento de la planta.

5.1.2 Consideración de los recursos ambientales

5.1.2.1 Hídrico

Estos recursos lo constituyen todas las fuentes de agua, incluyendo el agua superficial y subterránea, pueden correr riesgo de contaminación durante la fase de instalación y montaje de la planta debido principalmente a los trabajos de manejo y disposición final de desechos, maquinaria y equipo, acarreo de material, mientras que en la fase de operación la contaminación podría ser causada por accidentes y contingencias.

Agua superficial

La contaminación puede ocurrir al infiltrarse el agua de lluvia a través de los residuos de agua en la vertiente. Si existen ríos aledaños podrían ser contaminados por el acarreo de residuos de combustible y lubricantes a través del agua de lluvia. Deben tomarse medidas de precaución para evitar los derrames de CA, combustibles, lubricantes o cualquier otra sustancia contaminante.

Agua subterránea

La calidad de agua podría verse afectada si no se cuenta con un adecuado sistema de manejo para disposición final de desechos (sólidos o líquidos) o si existen accidentes como derrames de petróleo o combustible durante el proceso de producción de asfalto, por lo que se deben tomar las medidas de seguridad necesarias.

Debe tomarse muy en cuenta que los recursos hídricos son de gran importancia para la sobre vivencia de los seres vivos, además la contaminación con derivados de petróleo conlleva a grandes problemas ambientales.

5.1.2.2 Edáfico

La calidad del suelo, es uno de los factores que debe tomarse en cuenta, no es lo mismo la utilización de un suelo árido a la de un suelo orgánico rico en diversidad de fauna y flora, este último se vería grandemente afectado inicialmente por la preparación del terreno y posteriormente por el apelmazamiento que acusaría el tráfico de todos los caminos que transiten en la planta.

La contaminación del suelo se define como la acumulación en este de compuestos tóxicos persistentes, productos químicos, sales, materiales radiactivos o agentes patógenos, que tienen efectos adversos en el desarrollo de las plantas y la salud de los animales.

El suelo puede ser alterado por las siguientes actividades: manejo y disposición final de desechos, maquinaria y acarreo de material y equipo. Estos trabajos involucran maquinaria afectando la calidad del mismo y contribuyendo a su compactación.

5.1.2.3 Lítico

El recurso lítico comprende la presencia de los distintos minerales y rocas en determinado lugar, la preservación fisiográfica de un determinado lugar puede ser necesaria para la conservación de especies animales específicas, por esta razón debe de tomarse en consideración, tomando en cuenta que uno de los trabajos iniciales para el montaje de una planta de asfalto es precisamente afectar su situación fisiográfica, al realizar los trabajos de movimientos de tierra para nivelar el terreno.

5.1.2.4 Sistema Atmosférico

La contaminación atmosférica se da por diferentes factores: las condiciones climáticas (dirección del viento), olores desagradables, partículas en suspensión (polvo, humo), debido a las características de cada proyecto pueden existir impactos adversos para este factor en la fase de instalación por el manejo y disposición final de desechos, polvo y humo originado por la maquinaria en ambas fases de los proyectos.

Se pueden presentar problemas que afecten el sistema atmosférico como el exceso de emisiones gaseosas al ambiente debido al mal funcionamiento del quemador, mal funcionamiento del filtro de mangas, y de que los sistemas de inyección de la maquinaria este mal calibrados, sin embargo si todos estos equipos están en buenas condiciones las emisiones hacia la atmósfera no pueden llegar a ser significativas, y llegarían a serlo probablemente si el área donde esta ubicada la planta es pequeña y es una área urbana.

5.1.2.5 Biótico

Se refiere a la existencia, de flora y fauna del lugar donde se implantará la planta de asfalto; lamentablemente en la actualidad existen muchas especies tanto de animales como de plantas en peligro de extinción, por esta razón, se debe establecer que especies se verán afectadas, durante el montaje y operación de la planta.

5.1.2.6 Elementos audiovisuales

Por la naturaleza del trabajo, además del tráfico de camiones el ruido que producen las plantas de asfalto es considerable y constituye un elemento contaminante de igual forma provocara alteraciones al paisaje, produciendo un

impacto visual negativo. Se pueden tomar medidas para minimizar estos dos factores negativos: ruido y contaminación visual, para el primero, mantener todos los mecanismos en buen funcionamiento y para el segundo pintar con colores afines al panorama.

5.1.2.7 Recursos culturales

La cultura humana, desde los inicios de la historia ha sido participe del hecho de consagrar lugares específicos por diversas razones: místicas, religiosas, hechos de trascendencia, costumbre, políticas, etc. Este hecho hace que existan en todos lados más de algún lugar que tenga un valor cultural y desde luego sea protegido no solo por las leyes, sino por los mismos pobladores de cada región. Esto conduce a respetar las costumbres y la identidad de las comunidades y por lo tanto, es un factor muy importante a considerar. A ninguna empresa le convendría entrar a problemas con una comunidad.

5.1.3 Medidas de mitigación sobre la ubicación de la planta

El simple hecho de preparar el terreno para la ubicación y posterior montaje de una planta de asfalto conlleva a cambios que pueden afectar el medio-ambiente, posterior a esto viene la consideración de los cambios y/o contaminación que la planta producirá por su operación en esta área, que por supuesto fue seleccionada tomando en consideración todos los aspectos a considerar siendo uno de ellos las consideraciones ambientales; Esto significa que la ubicación seleccionada causa daños al medio ambiente, pero estos podrán ser mitigados, monitoreados, y controlados. Debe buscarse un punto de equilibrio donde los daños ambientales sean mínimos y puedan ser insignificantes en comparación con los beneficios que se obtendrán, por el

funcionamiento de la planta. La producción de mezcla asfáltica en caliente a través de las plantas de asfalto genera fuentes de empleo, además la mezcla es la materia prima en la construcción de proyectos viales, que a su vez promueven el desarrollo.

Las medidas de mitigación, que se pueden tomar para corregir los posibles daños en el área de influencia por la instalación de una planta de asfalto son todas aquellas acciones que se realizan para reparar y mejorar las condiciones ambientales que fueron afectadas por la implementación de la planta.

5.1.3.1 Recuperación ambiental

Para el plan de recuperación ambiental deberá existir un profesional con conocimiento en el manejo y la administración de los recursos naturales y control de la contaminación, quien será responsable de implementar las medidas de mitigación que considere necesarias, así como el control y monitoreo de las mismas.

La recuperación ambiental puede iniciarse con el correcto uso de los recursos naturales tomando medidas como:

- Control de las actividades por un profesional con conocimientos ambientales.
- Uso únicamente del área necesaria para el montaje y operación de la planta.
- Buena selección del área para ubicar la planta.
- Monitoreo de los daños ambientales durante la instalación de la planta.
- Evitando accidentes como derrames de líquidos contaminantes durante la instalación y/o montaje de la planta.

Posteriormente deben de tomarse medidas para mitigar los efectos negativos por la implementación de la planta como:

- Reforestación de los perímetros de la planta: esto con el fin de evitar que el polvo y el humo se propague además para evitar la contaminación visual.
- Considerar las áreas más idóneas para la colocación de materiales contaminantes como combustibles, CA y lubricantes. Esto con el fin de proteger las áreas más vulnerables a contaminación, por ejemplo ríos, riachuelos o manantiales.
- Preestablecer áreas para la jardinería de la planta.
- Mejorar áreas aledañas a la planta.
- Manejo de aguas pluviales, para evitar que acarreen residuos contaminantes.

Todas estas medidas deberán contemplarse como parte de la recuperación ambiental, desde luego que estas difieren para cada caso y el profesional ambientalista será el responsable de indicar las medidas a tomar para la recuperación ambiental.

5.1.3.2 Programa de monitoreo ambiental

Paralelo a la implantación de las acciones de mitigación ambiental y como parte fundamental de las acciones de recuperación ambiental, se hace indispensable establecer un programa de monitoreo ambiental, para garantizar la efectividad de las tareas de mitigación y recuperación ambiental.

El monitoreo ambiental, se hace más necesario durante las acciones de preparación del terreno e instalación y montaje de la planta, posteriormente ya

establecida la planta se controlan factores constantes de la operación de la planta y el desarrollo de la recuperación ambiental.

5.1.4 Operación de las plantas para mezcla asfáltica en caliente y su impacto al medio ambiente.

Por la naturaleza del proceso de producción de mezcla asfáltica en caliente las plantas de asfalto, pueden traer consigo problemas ambientales, desde luego que con buenas practicas de operación, estos problemas pueden ser monitoreados, controlados y mitigados para que no sean considerados significativos.

La correcta operación de la planta nos lleva a conservar los lineamientos ambientales, todo inicia desde el momento de la selección del lugar donde instalará la planta posterior a esto el tipo de planta que se instalará, esta elección será de acuerdo a varios factores pero dentro de los que se encuentra las consideraciones ambientales. En la actualidad por la legislación que cada día es más exigente, y por la misma situación ambiental que día a día es más afectada por la actividad humana; la tecnología es aplicada a los procesos de producción de mezcla asfáltica en caliente y nos lleva a nuevos métodos de producción tratando de preservar nuestro medio ambiente; tal es el caso de los sistemas de control por medio de los cuales se controla de manera mas eficiente la operación de las plantas, pudiendo mejorar por ejemplo la correcta combustión dentro del tambor secador-mezclador, la correcta dosificación de cemento asfáltico y agregados evitando el “desperdicio” excesivo.

Además, la implementación de nuevos métodos como:

- Utilización de filtros secos
- Implementación del tambor secador-mezclador
- Sistemas más eficientes de quema de combustible

Estos nuevos métodos entre otros han contribuido a la mayor eficiencia y preservación del medio ambiente, reduciendo los impactos adversos por la operación de las plantas. Uno de los grandes avances lo constituye la implementación de filtros secos, estos tienen la función de retener las partículas, de polvo y carbón producidas por la mezcla y combustión, evitando la producción de desechos sólidos, que producen los estanques de asentamiento, que son necesarios para la decantación de las partículas que contiene el agua que se hace recircular y que captura las partículas en el colector de finos vía húmeda, lamentablemente por el alto costo de los filtros de mangas todavía algunas plantas los siguen utilizando.

Uno de los grandes factores que debe de considerarse para evitar la contaminación y los daños al ambiente es el correcto estado de funcionamiento de los equipos de la planta, esto implica que el proceso de mantenimiento deba de ser lo más eficaz posible. Lamentablemente muchas veces por falta de mantenimiento los equipos trabajan fuera de sus lineamientos de operación causando daño al ambiente, tal es el caso de un motor de combustión interna, con mezcla de combustión mal calibrada, posiblemente todos sus mecanismos estén correctos pero la falta de calibración causa daño. Otra situación desfavorable es el hecho de que equipos que por antigüedad o exceso de trabajo se encuentren en malas condiciones y que aun así continúen trabajando, causando daño a pesar de recibir mantenimiento.

Por último, la creación de procedimientos para las distintas actividades que se generan en el proceso de producción de mezcla asfáltica en caliente, con el fin de prevenir accidentes y contingencias que afecten el medio-ambiente y también la salud de los trabajadores.

5.1.4.1 Manejo de desechos

Los desechos son todos los residuos, que se producen luego de un proceso o durante el proceso, y que no pueden ser reutilizados o que no conviene ser reutilizados por causas económicas o de factibilidad, estos pueden causar contaminación al no ser tratados y depositados en un lugar conveniente, esto según sea el caso; pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos.

En la producción de mezclas asfálticas en caliente, la producción de desechos es mínima y los desechos que se generan pueden ser fácilmente tratados y reincorporados al proceso o a otros procesos, o buscárseles una aplicación secundaria.

5.1.4.1.1 Residuos Líquidos

Por lo general, los residuos líquidos, que se generan en la planta de asfalto lo constituyen aguas residuales. Las características de los desechos de agua determinan el grado y tipo de tratamiento requerido y el efecto del tratamiento del afluente de la planta en el recipiente de agua. Las características específicas de los desechos de agua de importancia para los afluentes de la plantas incluyen PH, salinidad, acidez, alcalinidad, dureza, sabor, olor, color, turbiedad, materia en suspensión, aceite y temperatura.

Las corrientes de desechos de agua pueden clasificarse basadas en el tipo y frecuencia de contaminación como sigue:

- Agua libre de aceite y material orgánico: En esta categoría están las calderas, afluentes de agua fría y unidades de calderas alimentadoras de agua, lluvias desde áreas libres de aceite y agua fría que no tiene contacto directo con aceite.
- Agua contaminada accidentalmente con aceite: Esta categoría incluye corrientes de agua que normalmente están libres de aceite, pero que pueden contener aceite después de un accidente. Estas corrientes las constituyen agua de los tanques, áreas de carga y descarga y áreas de procesos libres de aceite.

Medidas para el control de contaminación en los afluentes de agua:

- Evitar al máximo los derrames de aceites y lubricantes.
- Recuperación de derrames de aceites e hidrocarburos para reducir la contaminación de aguas.
- Separación de los desechos de aceites.
- Manejo correcto de los residuos líquidos de aceite.

Medidas de precaución para controlar la contaminación subterránea:

- Medida manual de los tanques de almacenamiento de hidrocarburos a intervalos regulares para verificar que los calibradores manuales están trabajando correctamente.
- Revisión de la correcta certificación de las mangueras y tuberías a intervalos programados.
- Supervisar las actividades de construcción, y/o reparación por que se podrían causar daños indeseados a las tuberías subterráneas.

Control de contaminación de agua

Los volúmenes y características de los desechos de agua producidos y descargados de las plantas de mezclas asfálticas, dependen en gran parte de las propiedades del petróleo, unidad de procesamiento, mezcla final del producto, método de tratamiento y neutralización.

Proceso de tratamiento

Se pueden emplear dos tipos de sistemas de tratamiento de acuerdo a las necesidades:

- Tratamiento de aguas ácidas
- Tratamiento de desechos de agua

Tratamiento para aguas ácidas: El agua que contienen sulfuro es calificada como agua ácida o condensado ácido. El cemento asfáltico, CA contiene un porcentaje de azufre, por tal motivo se produce agua ácida debido a que contiene sulfuro de hidrógeno (H_2S). Además el agua ácida contiene amoníaco y pequeñas cantidades de fenoles y otros hidrocarburos. Estos contaminantes son olorosos y pueden causar trastornos en la fosa de tratamiento de desechos de agua si son descargados sin tratamiento adecuado.

Tratamiento de desechos de agua: El propósito del tratamiento de desechos de agua es mejorar la calidad del efluente de agua a modo de que pueda estar a disposición segura para la descarga al ambiente. Los desechos de agua en una planta de mezclas asfálticas, esta constituido generalmente por aceites, sulfuros, y sólidos disueltos o suspendidos.

5.1.4.1.2 Residuos sólidos

Los residuos sólidos, que se generan en la producción de mezcla asfáltica lo constituyen principalmente:

- El desperdicio es la mezcla asfáltica que se produce durante la calibración de la planta, al inicio del proceso, durante el paro de la planta y por cualquier fallo que se presente; Se caracteriza por que no cumple con la calidad requerida. El desperdicio puede ser reciclado si la planta cuenta con esta opción, sino puede ser utilizado para el tratado de parqueos o áreas que así lo requieran.
- Los lodos que se acumulan en los tanques de decantación de sólidos, como producto del funcionamiento del sistema de recolección de finos o polvos por vía húmeda. El sistema de decantación está compuesto por dos secciones, la primera destinada a sólidos y la segunda a líquidos. Estas dos secciones se conectan por medio de un vertedor que tiene la función de recuperar el agua para su recirculación. El principal inconveniente de este sistema, es el de no eliminar totalmente los residuos que provocan la contaminación ambiental. Los lodos que se retiran periódicamente de los tanques pueden ser colocados en un lugar apropiado para que se sequen y poder ser incorporados al proceso. Con los filtros secos podemos eliminar esta fuente de contaminación.
- Pueden producirse otros desechos sólidos, pero no representan grandes fuentes de contaminación.

5.1.4.2 Vibraciones

Las vibraciones son ocasionadas por el funcionamiento de la maquinaria pesada, como la planta de asfalto, el tránsito de los camiones, etc. Las vibraciones pueden ser perjudiciales principalmente para la fauna y poblados presentes en las cercanías de las instalaciones de la planta y para los trabajadores de la planta. Se recomienda la correcta cimentación y anclaje de los diferentes equipos, además la utilización de aislantes entre las cimentaciones y los equipos, esto con la finalidad de reducir al máximo la propagación de la vibración.

5.1.4.3 Olores

La producción de mezclas en caliente genera olores que pueden ser fuertes persistentes y molestos para los empleados y los vecinos. Controlarlos y abatirlos es necesario para evitar inconvenientes.

La industria del asfalto ha estado buscando un aditivo que controle los olores, se ha desarrollado una nueva familia de aditivos que pueden ser mezclados directamente en los betúmenes utilizados en la industria del asfalto para controlar las emisiones de olor. Adicionando una pequeña cantidad del aditivo correcto en los tanques de almacenamiento líquido durante la manipulación, las emisiones olorosas se reducen significativamente siendo incluso eliminadas. Los aditivos se pueden utilizar en:

- Mezclas asfálticas en caliente
- Mezclas asfálticas en caliente con Anti-Strip y otros aditivos
- Emulsiones asfálticas
- Fuel Oil
- Fuel Oil usado

Estos aditivos han demostrado su efectividad en el control de las emisiones olorosas en refinerías plantas de mezcla en caliente, sistemas de transporte y en operaciones de pavimentación.

- Los aditivos son efectivos contra los olores orgánicos e inorgánicos
- Los aditivos para asfalto van directamente en la mezcla asfáltica, el combustible y sus emulsiones.
- Los aditivos para asfalto han sido analizados por laboratorios independientes demostrando que no tienen efectos negativos sobre las propiedades de los asfaltos.

Simplemente un litro por cada 10.000 litros en la mayoría de los betúmenes y un litro por cada 10000 litros de *fuel* y *fuel oil* usado durante los procesos de transferencia y manipulación, se eliminan los olores no deseados incluso en los gases de la combustión.

Los productos no son tóxicos, no son peligrosos y son biodegradables. No contienen VOC's dañinos, y es seguro para las personas y para el entorno.

Se ha utilizado un laboratorio independiente para analizar el efecto que produce en el asfalto el uso de estos aditivos. Utilizado un cromatógrafo de gases conjuntamente con un espectrómetro de masas, se comparo el análisis de un asfalto tratado con el aditivo con otro del mismo material sin tratar.

Los resultados han demostrando que no se detectan compuestos volátiles en la muestra tratada, mientras que en la muestra sin tratar se encontraron hidrocarburos de alto peso molecular como componentes volátiles. El tratamiento con los aditivos redujo las emisiones volátiles asta un nivel por

debajo del límite de detección del instrumento. El aditivo no enmascara, elimina las emisiones y elementos volátiles olorosos. La aplicación de estos aditivos es una solución para la industria del asfalto segura y efectiva.

Terminales: manipulación y transporte.

Las terminales de asfalto tienden a estar localizadas en zonas industriales y a menudo cerca de accesos por barco o ferrocarril. En cualquier caso tienen vecinos a veces en zonas residenciales. La carga y la descarga del asfalto es un proceso susceptible de emitir olores, Asimismo, el transporte del asfalto desde la terminal puede ser un problema cuando los camiones deben cruzar zonas habitadas. Añadiendo tan solo 2 litros de el aditivo a 20000 lts. carga se eliminaran los molestos olores asociados con el transporte y la manipulación del asfalto.

Terminales almacenamiento.

En algunos casos, la aplicación de aditivo puede no ser la mejor solución. Esto ocurre por ejemplo, en almacenamientos de larga duración en los cuales se produce el venteo de los olores. En estos casos lo practico es recoger los gases de los venteos y conducirlos hasta una cubo de humectación donde se atomiza una solución acuosa estándar, allí se eliminaran los olores antes de liberarlos a la atmósfera.

Plantas de mezcla en caliente.

Aun cuando es posible que las plantas de producción de mezcla asfáltica en caliente, se sitúan lejos de las zonas residenciales o comerciales, las plantas antiguas a pesar de haberse situado en zonas alejadas, suelen acabar teniendo vecinos en sus cercanías debido al crecimiento del los núcleos

urbanos, los cuales además se quejan de las molestias que les causa la instalación que estaba antes que ellos. La experiencia nos indica que las plantas pueden acabar con las quejas de los vecinos simplemente adicionando 1 parte del aditivo por 10.000 de ligante.

5.1.4.4 Contaminación visual

Cuando la ubicación de las plantas de asfalto, no se realiza en zonas industriales, puede ocasionar un impacto visual negativo, provocando alteraciones al paisaje. Para minimizar este impacto se deben implementar medidas de atenuación como reforestación y jardinería tanto dentro de la planta como en sus límites, con especies propias del área. El mantenimiento de la pintura dará siempre una buena presentación a las instalaciones de la planta, si esta se encuentra cercana a un área boscosa se pueden utilizar colores que ayuden a atenuar su presencia.

5.1.4.5 Ruido

La generación de ruido es parte del proceso de producción de mezclas asfálticas, es un factor importante a considerar en la implementación y operación de las plantas de asfalto, el ruido puede perjudicar las actividades de las personas cercanas a la planta, a los trabajadores y afectar la fauna de el lugar donde se localiza la planta. Se recomienda que el área donde se instale la planta no sea un área cerrada, esto causaría que el sonido se encierre, produciendo resonancia. El rango de ruido generado por el proceso esta arriba de los 85 decibeles, por lo tanto es necesario proporcionar a los trabajadores equipo de protección como tapones y orejeras para proteger el sentido del oído.

5.1.4.6 Polvo

El manejo de los agregados pétreos, arenas, agregados gruesos, *fillers*, traen consigo la generación de polvos, además el tránsito de los camiones, si el suelo no está bien preparado puede generar aun más polvo, y por último la generación de humos, todo esto junto puede causar daños ambientales significativos si no se toman las medidas correspondientes para reducir al mínimo estos elementos contaminantes. El polvo y humo además pueden causar daños a los trabajadores y a los componentes de la planta, para evitar la generación de polvo se puede preparar el terreno y evitar que la velocidad de los camiones sea excesiva dentro de la planta. Para reducir la generación de humos se recomienda la periódica calibración de los camiones y/o maquinaria incluyendo la planta.

5.1.4.7 Emanación de gases

La emanación de gases que se producen en las plantas de asfalto se generan principalmente por el uso de hidrocarburos durante el proceso, además por el uso de cemento asfáltico como materia prima.

Las emisiones de hidrocarburos son potencialmente el tipo más grande de emisión y se le debe prestar atención para reducirlas. Las fuentes potenciales son:

Tanques de almacenamiento

Camiones cisternas

Válvulas de seguridad (descarga durante un exceso de presión)

Bombas de proceso

Quema de hidrocarburos

Oxido de azufre

El dióxido de azufre (SO₂), produce irritación en los ojos, la nariz la garganta y también puede causar dificultades para respirar a trabajadores sensibles. Tiene un olor característico a su límite de concentración máxima, y es uno de los contaminantes mas comunes en la planta, debido a que se produce cuando un combustible que contiene azufre se quema. La mayor fuente de emisiones de SO₂ son las calderas, generadores, calentadores y el quemador de la planta.

Monóxido de carbono

El CO esta presente normalmente en solo unas ppm en el gas de combustión, que se utiliza para el funcionamiento de generadores, calderas, calentadores de procesos y motores de compresor si los hubiera.

Partículas

Las principales fuentes de partículas son los procesos de calentamiento y calderas, dependiendo de la calidad del combustible que se utiliza. Si el combustible tiene un alto contenido de ceniza, una cantidad de esta aparecerá como ceniza volátil en el tubo de escape. La operación inapropiada de un proceso de combustión puede crear contaminación ambiental.

5.1.5 Plan de contingencias

De acuerdo con lo estipulado en el nuevo reglamento de procedimientos para las evaluaciones de impacto ambiental de la Comisión Nacional del Medio-ambiente se describen a continuación las medidas que se consideran deben adoptarse en situaciones de emergencia derivadas por la presencia y operación de las plantas de asfalto:

- Establecer principalmente las actividades a realizar antes, durante y después de un desastre, la organización de brigadas de auxilio y rescate, así como la atención de heridos y damnificados.
- Elaboración de un plan de acción para el caso de riesgos por movimientos sísmicos, para los trabajadores de la planta y para evitar desastres como derrames de líquido contaminantes.
- Elaboración de un plan acción en caso de incendios en la planta o cerca de esta.
- Se recomienda proveer a los trabajadores del equipo de protección personal para las labores de operación de la planta, además de que se cuente con equipo necesario para poder contrarrestar cualquier desastre en la planta.
- Se recomienda que exista una persona, capacitada para prestar primeros auxilios a las personas que laboran en la planta y un plan de acción para conducir a los trabajadores hacia centros asistenciales, ya sea por accidentes particulares o como resultado de lesiones por un desastre.
- Supervisión constante sobre todas las tareas dentro de la planta, desde la preparación, instalación y/o montaje hasta la operación de la planta.

5.2 Seguridad y salud ocupacional

Las distintas y variadas formas de actividad humana desarrolladas por el constante cambio, científico, técnico y tecnológico, representan a menudo un riesgo importante de ocurrencia de accidentes y enfermedades ocasionadas por

los mismos materiales, herramientas y equipos que se utilizan en las diversas labores, para la producción de productos y subproductos.

Desde el inicio de la historia el hombre ha descubierto los riesgos y la ocurrencia de accidentes por el simple hecho de realizar actividades.

Gracias a la Revolución industrial del siglo XVIII se logra el perfeccionamiento de numerosas maquinas y la organización de las primeras fabricas e industrias manufactureras. La creación de este tipo de empresas considero un verdadero riesgo para los trabajadores de la época, ya que no se contaban con reglamentos, ni procedimientos que aseguraran las actividades laborales ni las condiciones de trabajo. Los accidentes y las enfermedades diezaban a los grupos laborales, pero el mismo desarrollo económico y la falta de especialización los hacia fácil de reemplazar. Hasta que la tecnología exigió de trabajadores especializados y difíciles de reemplazar, los empresarios comenzaron a darse cuenta del costo que representaba un trabajador accidentado o enfermo ya que también representaba una maquina o equipo parado, lo que disminuía la producción y las ganancias.

Las revoluciones sociales de los siglos XIX y XX provocarían el despertar de los trabajadores, quienes comenzaron a exigir con mas energía condiciones de trabajo mas dignas y confortables y ante todo que no se pusieran en riesgo su salud y su vida.

A partir de la Segunda Guerra Mundial comenzaron a desarrollarse los primeros intentos científicos para proteger a los trabajadores, estudiando condiciones ambientales y revisando distribución y diseño de maquinaria. En América Latina se iniciaron los intentos por proteger a los trabajadores alrededor de la década de 1920, pero fue hasta mediados de siglo cuando se

organizaron algunos servicios de salud de varios países de América del Sur proporcionando cursos regulares e intensivos de 6 a 10 meses para ingenieros, médicos y químicos principalmente en todo el continente. En la actualidad, existen programas y leyes reguladoras de seguridad e higiene en todos los países.

En Guatemala, la mayoría de la legislación en relacionada a las actividades de seguridad y salud ocupacional y protección al medio ambiente están basadas en normativas internacionales, en el caso de la legislación nacional podemos mencionar: La Constitución Política de la República de Guatemala, el Código de Trabajo, Ley de minería, Ley de Hidrocarburos y sus respectivos reglamentos. Las organizaciones internacionales que rigen este tema son:

OIT	Organización internacional del trabajo
OSHA	Administración de Salud y Seguridad Ocupacional
CPWR	Centro de protección de los Derechos de los trabajadores
NIOSH	Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional
ISO	Organización Internacional de Normalización serie 14000
CERSSO	Centro Regional de Seguridad y Salud Ocupacional

5.1.2 Actividades peligrosas dentro de la planta

Las actividades peligrosas dentro de la planta comprenden las tareas con alto riesgo de accidentes o zonas donde la realización de actividades que conlleve a estar expuesto a materiales, herramienta y/o equipo o condiciones que por su uso o por la estadía periódica o regular en la zona ponga en riesgo la salud de los trabajadores.

Dentro de las actividades más peligrosas y riesgos dentro de la planta se pueden identificar las siguientes:

- Manejo y exposición al contacto de Cemento Asfáltico
- Almacenamiento de combustibles
- Tránsito de Maquinaria pesada, vehículos y camiones
- Manejo de altas temperaturas y altas presiones
- Uso de equipo y actividades de oxicorte y soldadura
- Locomoción por lugares con superficies con altas temperaturas
- Realización de actividades cercanas a muchas partes móviles de la plantas
- Exposición a emanación de gases
- Realización de trabajos con herramienta y equipo pesados
- Movimiento de equipo pesado
- Exposición a polvo
- Exposición a vibraciones y ruido arriba de los 80 decibeles.

La adecuada identificación de las actividades peligrosas y riesgos en las plantas de asfalto es importante para realizar los requerimientos de equipo de protección personal y realizar las acciones preventivas y correctivas a los procesos para modificar, aislar o eliminar actividades que representen riesgos para los trabajadores.

5.2.2 Procedimientos para la salud y seguridad ocupacional

Los procedimientos, tienen por finalidad la reducción de los riesgos y accidentes, se debe procurar su aplicación y respeto.

5.2.2.1 Manejo de derivados del petróleo

Las medidas preventivas que deben usarse en el terreno de trabajo de una planta o áreas de almacenamiento, empiezan con dispositivos y procedimientos que están diseñados para prevenir los derrames, medidas tales como el buen funcionamiento y mantenimiento de la planta, maquinaria y equipo, entrenamiento y capacitación de personal. Es muy importante evitar el contacto directo de los derivados del petróleo con la piel, mantenerse alejado de las emanaciones gaseosas, cuando los derivados del petróleo como el CA por el aumento de temperatura, necesario para su manipulación produce emanaciones gaseosas. Utilice mascarillas.

En las plantas y depósitos de almacenamiento se debe utilizar un dispositivo denominado muro o dique de contención este dispositivo es una medida preventiva, para minimizar la propagación de cualquier derrame. Estos diques deben ser construidos con materiales que no permitan la filtración y contaminación del suelo, por parte de los productos derramados.

Deben realizarse inspecciones visuales periódicas con el fin de detectar cualquier fuga o derrame en las tuberías y tanques de la planta.

5.2.2.2 Manejo de altos voltajes

La seguridad del personal que realiza trabajos eléctricos es responsabilidad de cada trabajador. Las personas que trabajan cercanas a instalaciones eléctricas deben ser capacitadas en lo que se refiere a normas básicas de seguridad: código de colores, acciones a tomar, como prestar primeros auxilios.

La seguridad del personal depende de entender o poner en práctica tres principios:

- Los conocimientos básicos de la electricidad
- Las condiciones y procedimientos seguros de trabajo
- La respuesta correcta durante las emergencias

Se recomienda reconocer y corregir las condiciones peligrosas en el ambiente de trabajo, o sea todo lo que rodea, el área de trabajo.

Código de colores

Leer los avisos e identificar los códigos de colores pueden representar, una gran ayuda en la prevención de accidentes, estos pueden alertar acerca de peligros específicos. El color de piso, pieza de maquinaria o de un aviso puede decir mucho. Desde luego la implementación de estas medidas de seguridad es primordial.

Los usos de los colores más comunes son:

Rojo	Barrera de detección o interruptores de emergencia
Anaranjado	Partes móviles de maquinaria o peligros eléctricos
Amarillo	Áreas de precaución
Verde	Ubicación de los equipos de seguridad

Toda área de trabajo debe permanecer libre de basura y objetos inservibles.

La humedad

La humedad puede producir una trayectoria conductora de electricidad que puede causar choque mortal. Nunca trabaje con piso, ropa, equipo o herramienta mojada. No trabaje a la intemperie si esta lloviendo.

La atmósfera

La atmósfera debe de estar libre de cualquier gas inflamable, puesto que al producirse una chispa, puede generarse un incendio.

La iluminación podría ser un factor muy relevante como medida de seguridad, su deficiencia podría ser causante de un accidente. Se recomienda el uso de ropa adecuada.

La herramienta

El uso de herramienta en mal estado o que no sea la correcta, representa grandes riesgos en el manejo de altos voltajes. Toda herramienta debe tener aislamiento de fábrica en el punto de agarre.

El aseguramiento y colocación de avisos

Se ha comprobado que el uso de candados y avisos en los circuitos eléctricos y equipos es una forma segura de evitar y reducir los accidentes eléctricos.

- Después de la desconexión coloque un aviso.
- Coloque un candado de manera que este asegure la parte de-energizada y que evite un energización accidental.
- Coloque avisos permanentes que den a conocer determinada área o situación.
- Descargue cuidadosamente el voltaje almacenado en los capacitores usando cables conectados a tierra y técnicas apropiadas.
- No se debe tocar un circuito para detectar si este tiene electricidad almacenada.
- El retiro de los candados de seguridad deben de ser removidos únicamente por la persona que los instalo.

Los trabajos de mantenimiento y/o reparación de los elementos mecánicos de la planta se deben realizar con la planta desconectada. Si se realizan trabajos de reparación en los elementos eléctricos de la planta deben realizarse tomando todas las medidas de precaución.

Regla de una sola mano

La regla de una sola mano consiste en utilizar únicamente una mano para realizar los trabajos en los tableros electrificados, ya que de lo contrario la electricidad podría pasar de un brazo a otro, pasando a través de órganos vitales causando daños irreversibles como parálisis o la muerte.

5.2.2.3 Manipulación de gases comprimidos

Por lo general, el uso de gases comprimidos es necesario en la mayoría de industrias y su uso tan frecuente hace pensar que no son peligrosos, sin embargo los gases comprimidos pueden ser mortales si son usados incorrectamente.

Existen cuatro tipos de gases:

- Gases comprimidos: Pueden llegar hasta 15,275 psi. Pero típicamente operan entre 5,077 psi a 7,609 psi.
- Gases líquidos: Son más bajos en presión; Propano y el dióxido de carbono.
- Gases sueltos: Son gases como el acetileno
- Gases criogénicos: Tales como el oxígeno líquido y óxido nítrico son muy fríos y pueden causar congelamiento.

Identificación de gases comprimidos

Es vital identificar los gases comprimidos para poder entender los peligros y los riesgos que estos representan. Los gases comprimidos se clasifican de acuerdo

a los peligros químicos y físicos tales como: inflamables, no inflamables, oxigenados o venenosos. Etiquetados en forma de diamante codificados con colores, identificando los gases y advirtiendo los peligros.

- Rojo: Gases inflamables
- Verde: No inflamable
- Amarillo: Oxidante
- Blanco: Venenoso

Si la etiqueta de identificación no existiera en el cilindro o es ilegible no trate de asumir el contenido del mismo, devuélvalo a su proveedor.

Gases inflamables

El propano, el hidrógeno, el óxido de etileno, el butano y el acetileno, son altamente inflamables cuando se combinan con el aire. Esta combinación mortal puede encenderse cuando se acerca una fuente pequeña de ignición pequeña como una llama, un cigarrillo o simplemente una chispa. Evite usar gases inflamables en lugares cerrados.

Gases no inflamables

El nombre de gases no inflamables no implica que no sean peligrosos. El nitrógeno, el Argón, y el halón pueden desplazar el oxígeno del aire. Esta falta de oxígeno puede resultar en muerte por asfixia o sofocación.

Aire comprimido

El aire comprimido también es un gas no inflamable potencialmente mortal debido a que bajo presión sustenta y acelera la ignición y tan solo 25 psi. de aire comprimido entrando en una cortadura o cualquier abertura del cuerpo puede causar la muerte.

Cilindros para gases comprimidos

Vienen en una gran variedad de tamaños y presiones reguladas. Un cilindro es usable únicamente si puede contener con seguridad el material específico a una presión específica. La presión del cilindro esta marcada en la parte exterior del mismo y siempre es menor a la presión real que resistiría el cilindro.

Manejo de cilindros

- Use la carretilla especial para su transporte
- Asegure los cilindros en servicio o guárdelos para evitar que se caigan o tropiecen contra otros cilindros o superficies.
- Agrupe los cilindros de acuerdo a su clasificación por riesgos
- Guarde los cilindros de gases combustibles por lo menos a 7 m. De los oxidantes.
- Nunca deje los cilindros expuestos directamente a la radiación solar o cerca de otras fuentes de calor.

Dispositivos de seguridad

Las válvulas y los dispositivos para liberar presión son elementos de seguridad sumamente importantes. Están diseñados para permitir la salida de los gases con seguridad. Nunca force las conexiones de una válvula dañada puede ocasionar que un cilindro sea expulsado violentamente. Es por esta razón que la válvula de los cilindros siempre esta cubierta con una tapa de válvula. La válvula no es la manilla del cilindro, nunca se debe usar para moverlo o levantarlo.

Un cilindro puede tener escapes cuando es: Bloqueado o asegurado incorrectamente; cuando es guardado durante largos períodos de tiempo en espacios cerrados.

Si se produce un escape indeseado siga el siguiente procedimiento:

1. Identifique el producto.
2. Evacue a todo el personal.
3. Colóquese un equipo de protección personal (mascarilla) el cual puede incluir un aparato auto contenido para respirar.
4. Cubra la válvula si es posible
5. Evite cualquier fuente de ignición.
6. Coloque el cilindro en posición vertical para minimizar la fuga puesto que si esta acostado esta será mayor.
7. Saque el cilindro fuera del área cerrada.
8. Localice la fuga si esta no es detectarle a simple inspección use agua con detergente.
9. Detenga el escape, apretando las conexiones flojas. Pero si el cilindro esta dañado estructuralmente espere a que la presión del cilindro iguale la presión del aire de afuera.

5.2.2.4 Manejo de herramienta y equipo

El correcto uso de la herramienta y equipo, por parte de los trabajadores de la planta conlleva a la reducción de accidentes y minimiza los riesgos de daños a la salud por malas prácticas operativas. El uso incorrecto de la herramienta y equipo se puede dar por varias causas:

- Falta de capacitación del personal
- Falta de herramienta y equipo
- Mal manejo del recurso humano
- Herramienta y equipo en mal estado

La falta de capacitación de personal, con respecto al correcto uso de la herramienta es causa de accidentes, además la falta de conocimiento conlleva a malos procedimientos que ponen en riesgo la vida de los trabajadores. Lamentablemente en ocasiones donde alguna herramienta o equipo no esta disponible, ya sea por que no se cuenta con él en la planta o por que se encuentra dañado, se usa otra herramienta que no es la apropiada para realizar dicha tarea este simple hecho puede causar graves accidentes. Otro caso es cuando el equipo se encuentra en mal estado pero aun así es utilizado para realizar las tareas, igualmente representa grandes riesgos. Por estas razones se recomienda no utilizar herramienta en mal estado y a utilizar únicamente la herramienta recomendada para cada tarea específica.

5.2.2.5 Tránsito dentro de la planta

La creación de un reglamento de tránsito interno es una medida muy acertada para la reducción de accidentes, hay que considerar que dentro de la planta, funcionaran maquinaria pesada encargada de apilar y alimentar el sistema de dosificación de agregados, además el transito de camiones que traen los agregados de fuera de la planta, los camiones que transportan la mezcla asfáltica hacia los frentes de trabajo, los vehículos que transportan suministros y herramienta y los vehículos del personal del área administrativa. Por esta razón y por las actividades propias del trabajo será necesario implementar normas dentro del reglamento de transito interno como:

- Todos los vehículos deberán contar con extintor de 2Kg. de polvo seco o de bióxido de carbono, salvo cuando se indique algo diferente.
- En todos los vehículos de carga no podrán viajar más de tres personas en la cabina.

- Se prohíbe el transporte de personas en los estribos, techos o fuera de la carrocería.
- El piloto del vehículo tiene la obligación de reportar cualquier anomalía de su vehículo a cargo.
- Los vehículos deberán contar con cinturón de seguridad, luz y alarma de reversa.
- Prohibido fumar en las unidades de transporte de combustibles, AC, y lubricantes debiendo contar con un extintor de 9Kg. de polvo químico seco o de bióxido de carbono, deberán tener también los señalamientos que indican las normas de transporte de combustibles y cable hacia tierra.

Obligaciones de los operadores de maquinaria y vehículos

- Tener la licencia respectiva vigente.
- Evitar manejar en estado de ebriedad o bajo efectos de alguna droga.
- Hacer alto al bajar o subir personal.
- Mantener la unidad limpia.
- Apagar el motor y accionar el freno de parqueo y conectar la primera velocidad antes de bajarse de la unidad.
- Verificar el estado de su unidad antes de arrancarla.
- No sobrepasar las velocidades permitidas.
- Someterse a chequeos médicos.
- Respetar todas las normas de tránsito exigidas dentro y fuera de la planta.

5.2.2.6 Lineamientos de higiene y comportamiento del personal dentro de la planta

Con el fin de establecer un ambiente sano y seguro para todos los trabajadores de la planta de asfalto y con esto mejorar la productividad de la planta, reduciendo accidentes y evitando riesgos, es necesario aplicar lineamientos que ayuden y que de alguna manera garanticen estas condiciones. Dentro de los lineamientos que se consideran necesarios tenemos:

1. Mantener el orden y limpieza.
2. Los materiales deberán ser colocados y almacenados según su naturaleza donde sea conveniente y seguro.
3. Mantener las áreas de paso libres de obstáculos.
4. Todos los materiales peligrosos deberán estar debidamente identificados.
5. Las áreas peligrosas estarán delimitadas y se prohibirá el paso a personal no autorizado.
6. Prohibido fumar dentro de las instalaciones de la planta.
7. Proporcionar agua potable a los trabajadores de la planta para su uso correcto.
8. Existencia de servicios sanitarios, vestidores y regadera.
9. Los trabajadores deberán de someterse a chequeos médicos periódicamente.
10. Los trabajadores deberán recibir cursos de capacitación en higiene y salud ocupacional.
11. Los trabajadores no podrán comer en horas ni en áreas de trabajo.
12. Los trabajadores deberán lavarse las manos siempre que beban o coman, estas actividades las realizaran en el área de descanso y en los horarios establecidos.

13. Los trabajadores deberán guardarse el debido respeto dentro de la planta y respetar los niveles de jerarquía, realizando las tareas que se le fueran encomendadas siempre y cuando estas no representen ningún riesgo para su integridad física y/o mental.
14. Los trabajadores de la planta deberán tomar todas las medidas precautorias en la realización de sus actividades.

5.2.3 Medidas y Dispositivos para la seguridad

Los dispositivos de seguridad son todos aquellos elementos con que cuenta tanto la planta como todas las instalaciones para promover la seguridad de los trabajadores. Si por alguna razón uno de estos dispositivos no se implementa o no se toman algunas medidas de seguridad, se está poniendo en riesgo la salud de los trabajadores.

5.2.3.1 Alarmas

Las plantas de asfalto están equipadas con un sistema de alarmas, que indican tanto el arranque como el paro de la planta, esta alarma debe ser reconocida por todos los trabajadores, para que tomen las medidas precautorias necesarias. El correcto funcionamiento de este sistema es responsabilidad del encargado de la planta si por alguna razón presentara daños deberá ser reparado inmediatamente por el personal de mantenimiento. Además de este sistema de alarma existen otras alarmas, que indican al operador de la planta alguna anomalía en el proceso, el operador procederá a realizar las acciones correctivas desde la cabina de mandos para que todo se normalice. Muchas de estas alarmas se escuchan únicamente en la cabina de mandos, aunque algunas otras se escuchan en toda la planta como la del medidor de nivel del silo de almacenamiento de mezcla.

5.2.3.2 Iluminación

Las plantas de asfalto por muchas razones operan muchas veces durante la noche, este hecho es suficiente para pensar en la necesidad de una iluminación suficiente para garantizar en buen desarrollo del proceso, y principalmente para promover la seguridad de los trabajadores. Como se menciona en la sección 2.15 se necesita suficiente iluminación durante el proceso y además un sistema de iluminación regular para promover la seguridad de las instalaciones durante las noches.

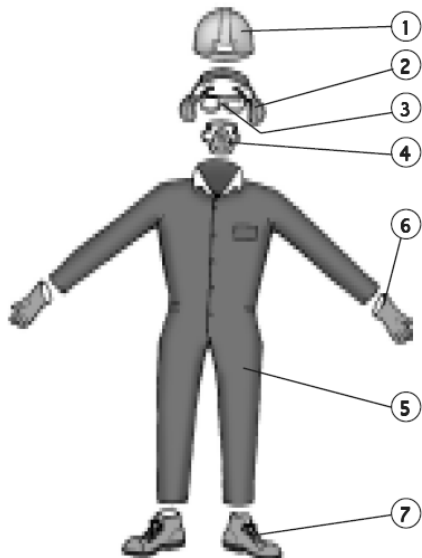
Por la naturaleza de las instalaciones se debe pensar en un proyecto de iluminación para las horas nocturnas de operación de la planta por medio del método punto por punto diseñado por un profesional con conocimiento del tema que garantice la correcta iluminación de la planta.

5.2.3.3 Equipo de protección personal

Es responsabilidad del ingeniero residente de la planta y del jefe de operación, hacer los arreglos y exigir el uso del equipo de protección personal EPP.

El uso de materiales que se emplean en el proceso de producción de mezclas en caliente, requiere la adopción de procedimientos correctos y cuidados, para la seguridad y salud ocupacional en las distintas áreas de la planta y que presten garantías a la integridad física, el bienestar y por consiguiente a la productividad de todas las personas involucradas en el funcionamiento y mantenimiento de la planta de asfalto.

Figura. 45: Equipo de protección personal



- 1 - El casco.
- 2 – Tapones y protector de orejas.
- 3 - Las gafas.
- 4 – Mascarilla para la nariz
- 5 – Overol
- 6 - Los guantes
- 7 - Las botas

Fuente: CMI-Cifali. **Manual de Plantas RD**. 2003. Módulo 01 Pág. 09.

Antes de suministrar esta clase de protecciones necesario realizar una campaña educativa y de motivación para que tales elementos cumplan con su función. Se debe explicar a los trabajadores la existencia de riesgos y la necesidad del uso de los elementos de protección personal, se debe mostrar la manera correcta de emplearlos, se debe mencionar la forma de establecer cuando están fallando. La selección de estos elementos debe ser muy cuidadosa, debe guiar su adquisición la calidad y no el costo, además de establecer un servicio de mantenimiento adecuado. A continuación se dan lineamientos para mejorar la seguridad corporal:

1. Cabeza: Cascos resistentes a golpes, mascarillas, respiradores cuando sea necesario, tapones y protectores de oreja y gafas.
2. Tronco: Overol, con chaleco de colores fluorescentes.
3. Manos: guantes de cuero con refuerzo palmar.

4. Pies: Media bota con puntera de acero, suela antideslizante y resistente al aceite.

La utilización del equipo de protección personal, puede variar, dependiendo las exigencias de la labor específica, pero no se debe olvidar que los accidentes pasan en cualquier momento y debemos estar protegidos.

5.2.3.4 Sistema de protección contra incendios

El fuego es una reacción química que involucra la oxidación o combustión rápida de un elemento. Se necesitan cuatro factores para que se de:

Oxígeno

El aire que respiramos está compuesto por 21% de oxígeno.

Combustible

Este puede ser cualquier material combustible ya sea sólido líquido gas.

Calor

Es la energía requerida para aumentar la temperatura del combustible hasta que se despiden suficientes vapores que permiten que ocurra la ignición.

Reacción química

Una reacción en cadena puede ocurrir cuando los otros tres elementos están presentes en las condiciones y proporciones adecuadas. El fuego ocurre cuando se lleva a cabo esta rápida oxidación de encendido.

Clasificación de los fuegos

Clase A: Involucran a los combustibles ordinarios o materiales fibrosos, tales como madera, papel, gomas, plásticos.

Apague todo fuego de combustibles comunes enfriando el material debajo de su temperatura ignición y remojando las fibras para evitar la re-ignición. Use agua presurizada, espuma o extintores de químico seco de uso múltiple. No utilice dióxido de carbono.

Clase B: Involucra a los líquidos inflamables o combustibles como gasolina, kerosén, pinturas, aditivos y el propano.

Apague el fuego de líquidos inflamables, grasa, gases, removiendo el oxígeno, evitando que los vapores alcancen la fuente de ignición o impidiendo la reacción química en cadena. La espuma, el dióxido de carbono, el químico seco común y los extintores de uso múltiple de químico seco se pueden usar.

Clase C: Involucra equipos eléctricos energizados, tales como tableros, electrodomésticos, cajas de fusibles.

Utilice un agente extintor que no conduzca la corriente eléctrica para apagar este tipo de fuego. El dióxido de carbono, el químico seco común, y el químico seco de uso múltiple pueden ser utilizados. No utilice extintores de agua para combatir el fuego en los equipos energizados.

Clase D: Involucra a ciertos metales como magnesio, titanio, potasio, y sodio. Estos metales arden a altas temperaturas y exhalan suficiente oxígeno como para mantener la combustión. Pueden reaccionar violentamente con el agua u otros químicos. Este tipo de fuego debe ser manejado con cautela.

Apague el fuego utilizando agentes extintores es de polvo seco especialmente diseñados para estos materiales. En la mayoría de los casos esto absorben el calor del material enfriándolo por debajo de su temperatura de ignición.

Uso de los extintores portátiles

La correcta distribución de los extintores, así como la cantidad correcta de unidades colocadas en las instalaciones de la planta constituyen una acertada medida precautoria contra los incendios que se puedan generar. La naturaleza del proceso donde el manejo y uso de combustibles, gases inflamables, a altas temperaturas y presiones es necesario crea las condiciones propicias para la generación de incendios. Si no se toman los lineamientos y procedimientos correctos los riegos de incendio pueden ser mayores y siempre existen.

Como utilizar un extintor:

1. Retire el pasador de seguridad.
2. Apunte hacia las llamas con la boquilla del extintor.
3. Apriete el gatillo, manteniendo el extintor en posición vertical.
4. Mueva la boquilla de lado a lado cubriendo el área del fuego.

Inspección de los extintores

Reconozca la posición de los extintores.

Reconozca la clase de extintor esta disponible y si es el apropiado para el tipo de fuego que se pueda presentar.

Revise el sello

Revise el indicador de presión y revise el peso del extintor.

Revise que el pasador, la boquilla y la etiqueta estén intactos.

Reporte inmediatamente a la persona indicada si nota que hay un extintor vacío o dañado o la falta de alguno.

5.2.3.5 Señalización

Consiste en utilización de señales, con el fin de dar avisos de precaución, prohibición, indicación e instrucción de diferentes índoles. La señalización por lo general se realiza por medio de:

- Rótulos de precaución, instrucción e indicación
- Etiquetas de información
- Pintura de áreas usando código de colores
- Señales de tránsito dentro de la planta
- Utilización de pintura fluorescente en partes de maquinaria y equipo
- Utilización de tiras reflejantes en equipo y maquinaria
- Luces de emergencia
- Alarmas
- Cintas para restricción de áreas

La señalización cumple con la función de prevenir accidentes, minimizar riesgos por la aplicación de malos procedimientos. Estos ocurren muchas veces por falta de instrucciones, indicaciones o prohibiciones. Las etiquetas proporcionan información, por ejemplo del contenido de un recipiente, para saber tratarlo, la pintura, usando y reconociendo un código de colores puede servir para indicar por ejemplo la existencia de superficies calientes o objetos en movimiento, por otro lado, las señales de tránsito dentro de la planta dan a conocer los lineamientos o normas que se deben seguir cuando se maneja dentro de las instalaciones de la planta.

La utilización de pintura fluorescente resulta ser muy eficaz en la prevención de accidentes que se pueden dar por el movimiento de vehículos o maquinaria pesada dentro de la planta durante la operación de esta, durante la

noche por ejemplo los bordes de la rampa de carga de agregados pueden estar señalizados con elementos pintados con este tipo de pintura, los bordes de la bascula de igual manera. Las tiras de material reflejante pueden ser utilizados de igual manera que la pintura fluorescente. Por último, la utilización de alarmas y luces de emergencia suelen ser de gran ayuda en la prevención de incidentes, por ejemplo la alarma de reverso que se puede instalar a los vehículos que trabajan dentro de las instalaciones de la planta.

5.3 Plan de reducción de accidentes

Tiene como objeto establecer criterios de la investigación de los accidentes, para lograr una buena recopilación de datos que permitan conocer las causas reales que los produjeron, para su posterior análisis y determinar acciones a seguir, para reducir la posibilidad de que ocurra un suceso similar en el futuro. Su alcance aplica a todos los centros o áreas de trabajo de la planta. El control de horas-hombre sin accidente, es una forma de poder monitorear la ocurrencia de accidentes incapacitantes en las empresas y el avance en cuanto a la cultura de seguridad y salud ocupacional, ya que brinda evidencia de normas de seguridad en términos generales.

Se pueden establecer auditorias de seguridad y salud ocupacional estas tienen como objeto evaluar las fortalezas y debilidades del sistema de seguridad industrial implantado, así como revisar la eficiencia y efectividad de otras actividades y procesos de apoyo. También por medio de las auditorias, se pretende determinar si el sistema de seguridad cumple con los requerimientos de las normas internacionales de seguridad y si han sido implementadas y mantenidas afectivamente.

5.3.1 Capacitación del personal

Los programas de capacitación deben ser constantes tanto en teoría como en práctica, para todos los trabajadores de la planta ya que de ellos dependerá la efectividad del sistema de seguridad y salud ocupacional, que conlleva a la eficiencia del proceso y a la protección del medio ambiente.

Establecer el mecanismo para determinar las necesidades de capacitación de los colaboradores que realizan actividades específicas en la planta, así como la implantación y el seguimiento a las necesidades detectadas. El alcance comprende a todo el personal que por sus funciones y responsabilidades interviene en la operación y en sí de las distintas actividades del proceso de producción de mezclas asfálticas en caliente.

La capacitación se puede realizar por distintos medios:

- Conferencias.
- Adiestramiento en el lugar de trabajo específico.
- Adiestramiento programado.
- Instrucción inicial.
- Ejecución de tarea signada
- Medios escritos o digitales

La capacitación puede incluir temas como:

- Salud y seguridad ocupacional.
- Manejo de herramienta y equipo.
- Uso del equipo de protección personal.
- Riesgos específicos del trabajo.

- Como evitar accidentes.
- Procedimientos específicos.
- Medidas a tomar durante un desastre natural.

5.3.2 Análisis de riesgos

El análisis de riesgos en las instalaciones y áreas cercanas a la planta así como la supervisión de procedimientos da como resultado la identificación de los sitios y operaciones donde es necesario poner especial atención para evitar accidentes. La implementación de un comité de seguridad y salud ocupacional y protección al medio ambiente puede resultar muy útil, esta práctica es común en muchas organizaciones, aunque hay opiniones diferentes acerca de sus meritos. Una de las razones para organizar estos comités radica en la idea de que suministran un procedimiento para interesar a los empleados en el esfuerzo de seguridad y salud ocupacional y protección al medio ambiente. La mayor parte de los comités de seguridad están compuestos por miembros de la gerencia y representantes de las distintas área de trabajo de la empresa.

Controlar es una forma de asegurarse que los procesos están siendo bien aplicados de tal manera que se logren los objetivos para lo cual han sido generados; los planes, procedimientos, reglamentos y programas que contribuyen a la gestión en este caso la seguridad y salud ocupacional y protección del medio ambiente. También tiene como objetivo asegurar la congruencia entre la política, objetivos y las metas de la organización.

5.3.3 Administración del recurso humano

La administración del recurso humano se realiza a través de un departamento de administración, el cual debe estar integrado por personal

altamente calificado y especializado en esta área. Este departamento será el encargado y responsable de establecer los perfiles de los diferentes puestos del personal que trabajara en la planta.

La elección del personal debe hacerse siguiendo lineamientos como: preparación con relación a la tarea a realizar, aptitudes, actitudes, perfil psicológico, estado físico y emocional, El departamento de personal deberá establecer los métodos que considere necesarios para el correcto reclutamiento de personal.

CONCLUSIONES

1. El conocimiento de las generalidades sobre las plantas de asfalto y sobre la mezcla asfáltica en caliente en sí, contribuye de gran manera para comprender, mejorar y facilitar el montaje, operación y mantenimiento de las plantas. Además, el conocimiento de la materia prima, de los parámetros de calidad de los agregados y el cemento asfáltico, conlleva a formar criterio para comprender de mejor manera el proceso de producción de mezcla.
2. La producción de mezcla asfáltica en caliente, consiste en el proceso de elaboración de mezcla en planta y en caliente (temperatura de 150 grados centígrados), donde la dosificación de los agregados: agregado grueso, agregado fino, rellenedor (*filler*), polvo mineral y cemento asfáltico, se realiza por medio de métodos estrictamente controlados, dando lugar a la obtención de una mezcla homogénea que se tiende y se compacta en caliente, para formar una capa densa y uniforme, utilizada para la pavimentación.
3. La naturaleza de los distintos elementos de las plantas de asfalto, no difieren según el tipo de planta; la principal variante lo constituyen los procesos de secado, mezclado y el tipo de colector de polvo. La identificación de los distintos elementos y sistemas que componen una planta en sí, constituye la mejor herramienta para el correcto desempeño de las tareas de montaje, operación y mantenimiento.
4. Para la implementación de una planta de asfalto, deben tomarse en cuenta las consideraciones: legales, económicas, financieras, estudio de

mercado, estudio técnico y las consideraciones ambientales. De alguna manera, todos estos aspectos están relacionados entre sí, siendo necesario el adecuado estudio de cada uno de ellos, además, define las relaciones existentes para poder de esta manera, obtener resultados optimizados.

5. Por la naturaleza del trabajo, a excepción de las plantas de bachada, que son estrictamente estacionarias, la mayoría de plantas más modernas son móviles, este hecho conlleva a pensar en el montaje y desmontaje de las plantas en períodos de tiempo relativamente cortos y a considerar todas las actividades que se deben realizar: ubicación, cimentación, montaje, instalación de todos los sistemas. La correcta consideración de todas estas actividades, evitará problemas posteriores, reducción de costos, mejor servicio y mantención de los estándares de calidad de la mezcla.
6. En todo proceso manufacturero se persigue la calidad del producto final; sin embargo, ésta no se puede lograr si las condiciones del equipo que intervienen se encuentran en malas condiciones de operación. El principal objetivo de las plantas de asfalto en el proceso de producción de mezcla, es la dosificación exacta de los agregados pétreos y la del cemento asfáltico, según el método de diseño de la mezcla y el tipo en sí de ésta. Posteriormente, se debe controlar el proceso de secado-mezclado, que difiere según el tipo de planta y es donde se considera las temperaturas de cemento asfáltico y agregados, como la humedad de estos últimos.
7. En la actualidad, la producción en plantas de tambor secador-mezclador ha logrado llegar hasta 600 Ton. / hora; pudiendo producir diferentes volúmenes y tipos de mezcla sin ningún inconveniente; éste hecho hace de las plantas de tambor secador-mezclador, una de las mejores opciones,

en lo que a tipos de plantas se refiere, sumándoles la ventaja de poder contar con la opción de reciclaje de material.

8. Conocer las consideraciones de funcionamiento de los diferentes sistemas que componen las plantas de tambor, conjuntamente a las necesidades de la correcta calibración de estos, representan la garantía de lograr un proceso de mezcla asfáltica en caliente, eficiente, además de lograr la calidad del producto, conservando recursos, y cuidando el medio ambiente.
9. Las plantas de asfalto son un conjunto de elementos, dispositivos, mecanismos, equipos y sistemas dispuestos de tal manera para producir mezcla asfáltica en caliente. Por su concepción, todos estos elementos y por la naturaleza del trabajo, se requiere del correcto mantenimiento. La implementación del mantenimiento predictivo como proceso, conlleva a la realización de actividades propias del proceso que al ser realizadas de forma adecuada y logrando su integración, se consigue, la eficacia y eficiencia en el mantenimiento. Uno de los grandes factores que debe considerarse dentro del proceso de mantenimiento, es la buena selección, ubicación y capacitación del personal, tanto de mantenimiento como de operación, con esto garantizamos la buena operación de la planta, menos y mejores actividades de mantenimiento.
10. Las actividades de mantenimiento requieren de los respectivos suministros y herramienta. Regularmente, los fabricantes de plantas de asfalto adjuntan una lista de suministros, la cual es necesario mantener en existencia, además, se puede establecer una lista de herramienta, equipo y suministros para el proceso de mantenimiento predictivo, con esto se

pueden incrementar los costos pero a la larga se puede observar que el costo total de mantenimiento disminuye.

11. Toda actividad humana trae consigo impactos al medio ambiente, benéficos y dañinos. El medio ambiente es el interlocutor, de todo proyecto de desarrollo, mostrando cierta tolerancia, si ésta es rebasada aparecen los problemas ambientales. Las medidas de mitigación y preservación de los recursos naturales, pueden de gran manera justificar, los cambios causados por la implementación y operación de las plantas de asfalto considerando también, el beneficio de la operación de esta. La preservación del medio ambiente, no debe realizarse por el simple hecho de cumplir una legislación o normativa de una región, seguramente de esta manera no se tomarán todas las consideraciones necesarias. Lo importante es tomar conciencia de la importancia de preservar y respetar nuestros recursos naturales.

12. En todo proceso manufacturero, se dan riesgos de ocurrencia de accidentes; el proceso de producción de mezcla asfáltica en caliente no es la excepción, por el contrario, el hecho de la existencia de muchas partes móviles en la planta, manejo de altas temperaturas, altas presiones y la naturaleza de los suministros utilizados, puede presentar riesgos para la seguridad y salud ocupacional. El respeto y el alto cumplimiento de los distintos procedimientos, así como el uso del equipo de protección personal es de gran importancia.

RECOMENDACIONES

1. Es importante, el estudio teórico sobre las plantas de asfalto y de la mezcla asfáltica en sí, para lograr comprender de mejor manera el funcionamiento, operación y mantenimiento de los diferentes elementos que componen la planta y que participan durante el proceso de producción.
2. Es recomendable tomar en cuenta todas las consideraciones sobre la selección y ubicación de una planta para evitar problemas, posteriores y durante la operación. El correcto montaje de la planta implica lograr posicionarla de la manera más conveniente a las condiciones y área de terreno con que se cuente, sin olvidar las consideraciones ambientales.
3. Para producir, seguramente habrá que operar la planta; la operación es sin duda la prueba más representativa de que todo está bien, sin embargo, la mezcla podría presentar problemas, y esto no dependería directamente del funcionamiento de la planta sino de su calibración o de otros factores externos como el exceso de humedad en los agregados o la mala calidad del cemento asfáltico. Por esta razón, estas situaciones deberán ser controladas continuamente.
4. La implementación del mantenimiento predictivo ha dado buenos resultados, en maquinaria de procesos similares a la producción de mezcla asfáltica en caliente. La inversión en equipos para el control de condición y algunas otras actividades propias del mantenimiento predictivo, no son significativas en

comparación a la reducción de costos totales de mantenimiento. Además, el mantenimiento predictivo es la integración de los mantenimientos preventivo, correctivo y por avería.

5. De ninguna manera se pueden justificar los daños ambientales por malos procedimientos durante el montaje, operación y mantenimiento de las plantas de asfalto; por lo tanto, es importante seguir todas las medidas de seguridad para preservar los recursos naturales.

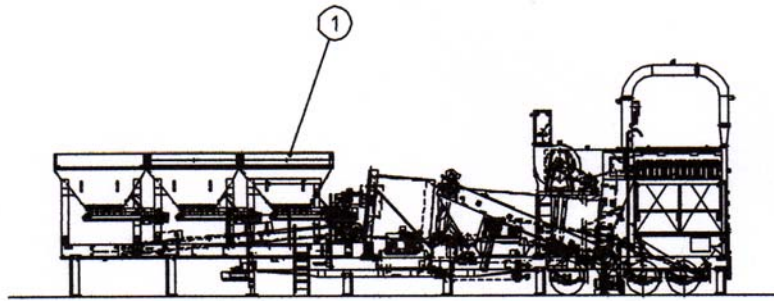
6. En todo proceso, no hay elemento más importante que el elemento humano, es recomendable la exigencia en cuanto a todo lo relacionado a las medidas de seguridad industrial y salud ocupacional. Preservar y mejorar la calidad de vida humana, es sin duda lo más importante y la prioridad más grande.

BIBLIOGRAFÍA

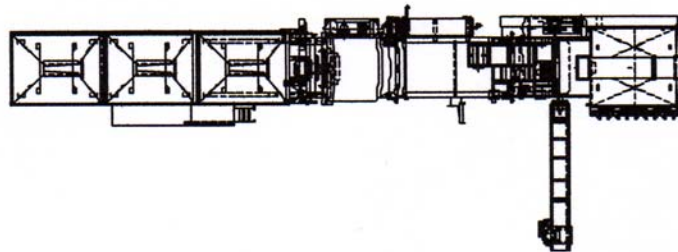
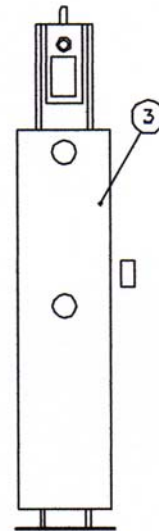
1. Alvarado Cuevas, Raúl Eduardo. Manual para la compactación de mezclas asfálticas en caliente. Tesis Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1984.
2. Cervantes Fernández, Juan Carlos. Seguridad y salud ocupacional y protección al medio ambiente en la operación de plantas de producción de agregados pétreos (Trituradoras) y plantas de producción de mezclas asfálticas.
3. CMI-Cifali. Manual de operación y mantenimiento de plantas de asfalto RD. Noviembre de 2003.
4. Fuentes Sandoval, Hugo Leonel. Estudio de plantas de tambor mezclador para mezcla asfáltica en caliente. Tesis Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1988.
5. Landaverry Villafuerte, Karen Yohana. Estudio de factibilidad para implementar una planta de producción de mezcla asfáltica y trituración de piedrín y arena en el municipio de Palencia del departamento de Guatemala. Tesis Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, 2005.
6. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Acuerdo Gubernativo 023-2003. Reglamento de evaluación, control seguimiento ambiental. 27 de enero de 2003.
7. Torres Méndez, Sergio Antonio. Manual de ingeniería de plantas. Facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1999.
8. TEREX. Roadbuilding. Documentación técnica de plantas de asfalto. 2003.

9. <http://www.ablisa.com> Enero de 2007
10. <http://www.astecinc.com> Enero de 2007
11. <http://www.ceienterprises.com> Febrero de 2007
12. <http://www.triasco.com> Abril de 2007

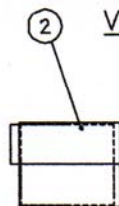
ANEXOS



VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR



POS.	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	QTD.
01	34060041	USINA DE ASFALTO BÁSICA	01
02	34055042	CABINE DE COMANDO	01
03	34059989	SISTEMA DE AQUECIMENTO E ESTOCAGEM	01



Artículos sugeridos:

1.1 - Sistema del Control de Proceso:

Artículo	Descripción	QT.
01	Célula de carga SV - 100	01
02	Termómetro angular 0-300°C	01
03	Válvula neumática direccional "spool" completa para silo	02

1.2 - Sistema del Secaje:

Artículo	Descripción	QT.
01	Reductor HC 3:90	01
02	Conjunto rulete de apoyo del secador	01
03	Manómetro 0-10,0Kg/mm ² reto, rosca 1/2" para línea combustible	01
04	Termómetro 0-300°C angular, hasta 200 mm rosca 1/2" combustible	01
05	Sensor de temperatura da masa PT-100 para el secador	01
06	Servo-motor del quemador CF-04	01
07	Transformación de ignición del quemador CF-04	01
08	Válvula solenoide del gas da chama piloto	01
09	Reparo do pico quemador CF-04	01
10	Vela BOSCH W5DC 0088	01

1.3 - Sistema de Elevación y Almacenaje de Masa:

Artículo	Descripción	QT.
01	Juego de engranajes bi-partida Z=06	03
02	Corriente del ascensor completa con palletas soldadas	01
03	Manguera plástica 3/16 sistema neumático	50 m
04	Juego de reparo pistón 5" accionamiento compuertas silo	02
05	Bobina solenoide 240 V para válvula "spool"	04
06	Chapa de desgaste fondo ascensor	01
07	Cilindro neumático 3.1/4"	01

1.4 - Sistema del Filtraje:

Artículo	Descripción	QT.
01	Válvula del pulso completa	02
02	Transportador helicoidal del filtro de mangas	01
03	Juego completo de mangas NOMEX	01
04	Gaiolas para filtro de mangas	05
05	Sensor de temperatura PT-100 para filtro mangas	01
06	Controlador de temperatura do filtro de mangas	01
07	Secuenciador do filtro de mangas	01
08	Válvula direccional neumática "spool" completa para filtro	01
09	Cilindro neumático 3.1/4"	01

1 - Cuadro general de manutención periódica da planta

OPERACIONES	10 hs o Diária	30 hs o 3 dias	50 hs o semanal	100 hs	200 hs	500 hs	Semestral	1.000 hs	2.000 hs	Annual
1 - Tambor (secador y ruletes)										
Lubricar mancales de los ruletes de apoyo	Y escora del tambor		X							
Verificar y corregir, se necesario, el nivel de aceite de los reductores						X				
Cambiar el aceite de los reductores (usar SAE 90)										
2 - Conjunto quemador del secador										
Apéese, lave las partes y cambie los vedantes del pico del quemador										
Apéese, lave las partes y cambie los vedantes de la válvula micrométrica										
3 - Dosadores del agregados y correa transportadora										
Verificar y corregir, si necesario, el nivel de aceite del reductor										
Cambiar el aceite de los reductores (usar SAE 30)										
Para lubricarlos los cojeras de los rollos de las extremidades de los cinturones								X		
Para lubricar el esticadores del dosadoras de los cinturones y portador								X		
4 - el redler del ascensor y silo de masa										
Para pulirlos los cojeras del rolamentos e hilo del esticadores								X		
Verificar y corregir, si necesario, el nivel de aceite del reductor								X		
Para cambiar el aceite del reductores (usar SAE 90)									X	
5 - Exhaustor del extractor										

OPERACIONES hs	10 hs o Diária	30 hs o 3 días	50 hs o semanal	100 hs	200 hs	500 hs	1.000 hs	2.000 hs
6 - Sistema dosador del asfalto								
Desmontar, limpiar y cambiar los vedantes X			elda bomba de CAP					
Hacer una limpieza completa de la tubulación, barra de la mistura y cambie lo que sea necesario			esparcidora de CAP				X	
7 - Filtro del mangas y transportador del finos								
Engrasar los rolamientos de la rosca transportadora de finos					X			
Verificar y corregir, se necesario, el nivel del aceite del reductor de la rosca transportadora							X	
Cambiar el aceite del reductor de la rosca transportadora (usar SAE 30)			X					
8 - Compresores del aire								
Drenar la agua del reservatorio de aire comprimido		X						
Verificar y corregir, si necesario, el nivel del aceite del carter								

REGRESAR PARA EL ÍNDICE GENERAL

REGRESAR PARA EL ÍNDICE DEL MÓDULO





TEREX
Roadbuilding

As informações aqui contidas podem ser alteradas sem prévio aviso em virtude dos constantes avanços tecnológicos de nossos produtos.
La información contenida aquí se puede modificar sin anterior reconocimiento en la virtud de los avances tecnológicos constantes de nuestros productos.
The information contained here may be changed without previous notice due to the constant technological advances of our products.

Documentação Técnica de Produto / Documentación Técnica de Producto
Technical Documentation of Product
Sistema Integrado de Consulta Digital
Sistema Integrado para Consulta Digital
Integrated System of Digital Consultation

SICOD

(P) Conversão de unidades de medida
(S) Conversión de unidades de medida
(E) Conversion of measuring units

(P) Viscosidade Cinemática
(S) Viscosidad Cinemática
(E) Viscosity

Unidade / Unidad / Unit	Símbolo / Símbolo / Symbol	Equivalência / Equivalencia / Equivalence
stokes	St	= "10 ⁻⁴ m ² .s ⁻¹ "

(P) Viscosidade Dinâmica
(S) Viscosidad Dinámica
(E) Dynamic Viscosity

Unidade / Unidad / Unit	Símbolo / Símbolo / Symbol	Equivalência / Equivalencia / Equivalence
unidade do SIU	Pa.s = N.m ⁻² .s	= "kg.m ⁻¹ .s ⁻¹ "
poise	P	= "10 ⁻¹ Pa.s"
centipoise	cP	= "mPa.s"

(P) Temperatura Termodinâmica
(S) Temperatura Termodinámica
(E) Thermodynamic Temperature

Unidade / Unidad / Unit	Símbolo / Símbolo / Symbol	Equivalência / Equivalencia / Equivalence
kelvin	K	= 1 K
grau Celsius	°C	= T (°K) - 273.15
grau Fahrenheit	°F	= "1.8" T (°C) + 32
grau Rankine	°R	= "(5/9)" K

SICOD
Terex Roadbuilding