

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO PARA UNA PLANTA DE ASFALTO DE
180T/H**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECATRÓNICO**

**EFRAIN ELIO CARRASCO SANTOS
PROMOCION 2009 - II**

LIMA-PERU

2013

DEDICATORIA

El presente trabajo, se lo dedico Nuestro Dios Jehová por darme la vida y a mis queridos padres porque están siempre conmigo, Al mismo tiempo agradecer todos mis profesores y amigos que hicieron posible que yo consiga logros importantes en mi vida, y sin duda dedicarles a mis amores Cecilia y Karol.

TABLA DE CONTENIDOS

PROLOGO	1
---------------	---

CAPITULO 1.- INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES	3
1.2. OBJETIVOS	4
1.3. JUSTIFICACIÓN	5
1.4. ALCANCES	5

CAPITULO 2.- MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

2.1. DEFINICIÓN	6
2.2. TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	6
2.2.1. Mantenimiento correctivo	7
2.2.2. Mantenimiento preventivo	8
2.2.3. Mantenimiento predictivo	9
2.3. CONCEPTO DE CODIFICACIÓN, UBICACIONES TÉCNICAS Y EQUIPOS.....	12
2.3.1. Codificación	12
2.3.2. Ubicación técnica.....	12
2.3.3. Códigos de equipos	14
2.3.4. Importancia de la codificación de equipos	14
2.3.5. Pasos para la codificación de un equipo	15
2.4. ANÁLISIS DE LA CRITICIDAD	15
2.4.1. Criterios para determinar la criticidad	17
2.5. ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	20
2.5.1. Principales indicadores de mantenimiento	23

2.6.	COSTOS DE MANTENIMIENTO	25
2.6.1.	Costos en el mantenimiento.....	25
2.6.2.	Costo global del mantenimiento.....	26

CAPITULO 3.- DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA DE ASFALTO

3.1.	CONCEPTO DE PLANTA DE ASFALTO.....	29
3.2.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	29
3.3.	DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE ASFALTO	32
3.3.1.	Sistema de alimentación y dosificación de agregados en frío.	32
3.3.2.	Tambor mezclador (Drumix).....	35
3.3.3.	Elevador de paletas	37
3.3.4.	Colector de polvos	37
3.3.5.	Dosificación de cemento asfáltico y tanques de almacenamiento	39
3.3.5.1.	Dosificación de cemento asfáltico (CA)	39
3.3.5.2.	Tanques de almacenamiento	40
3.3.5.3.	Sistema de calentamiento de cemento	41
3.3.5.4.	Sistema de carga y descarga de cemento	44
3.3.6.	Silo de almacenamiento	45
3.3.7.	Cabina de control	46
3.3.8.	Sistema de control con el HMI	47
3.3.8.1.	Visualización de tolvas de alimentación en HMI.....	52
3.3.8.2.	Visualización del proceso de mezclado en HMI.....	54
3.3.8.3.	Visualización de pantalla de alarmas en HMI	55
3.4.	INDICADORES DE MANTENIMIENTO ACTUAL.....	57
3.5.	CALIFICACIÓN DE PERSONAL	58

3.6.	ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS DETECTADOS.....	59
------	---	----

CAPITULO 4.- DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

4.1.	CODIFICACIÓN DE EQUIPOS	61
4.1.1.	Sistemas y subsistemas principales de la planta	62
4.1.2.	Especificación de códigos de equipos y componentes	63
4.1.3.	Listado de códigos de equipos y componentes	64
4.2.	CRITICIDAD DE EQUIPOS DE LA PLANTA DE ASFALTO	69
4.3.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA PLANTA DE ASFALTO BMG.....	72
4.3.1.	Cabina de control	73
4.3.2.	Sistema de Control	75
4.3.3.	Sistema de alimentación y dosificación de agregados.....	80
4.3.4.	Tambor mezclador (Drumix).....	83
4.3.5.	Elevador de paletas.....	87
4.3.6.	Silo de almacenamiento	89
4.3.7.	Colector de Polvos	91
4.3.8.	Sistema de dosificación de cemento asfáltico	93
4.3.9.	Sistema de descarga de cemento	96
4.3.10.	Sistema de calentamiento de cemento	98
4.4.	PLANEAMIENTO DEL MANTENIMIENTO.....	101
4.5.	DETERMINACIÓN DE ÍNDICES DE MANTENIMIENTO.....	103
4.6.	CAPACITACIÓN TÉCNICA AL PERSONAL DE MANTENIMIENTO	105

CAPITULO 5.- ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1.	COSTOS DE MANTENIMIENTO ACTUAL.....	107
5.2.	PÉRDIDAS EN PRODUCCIÓN.....	109

5.3.	COSTOS CON EL PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO.....	110
5.4.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	111
	CONCLUSIONES	114
	RECOMENDACIONES.....	115
	BIBLIOGRAFÍA	116
	ANEXOS.....	117

LISTA DE FIGURAS

Fig. 2.1 Ubicación técnica de máquinas y equipos	13
Fig. 2.2 Codificación de máquinas y equipos	14
Fig. 3.1 Flujo de proceso productivo de la Planta de Asfalto BMG	31
Fig. 3.2 Planta de Asfalto BMG.....	32
Fig. 3.3 Diagrama de los equipos principales de la planta de asfalto	33
Fig. 3.4 Tolvas de alimentación	35
Fig. 3.5 Tambor mezclador – Drumix	36
Fig. 3.6 Paletas de tambor mezclador	36
Fig. 3.7 Elevador de paletas	37
Fig. 3.8 Colector de polvos	39
Fig. 3.9 Tanques de almacenamiento	41
Fig. 3.10 Diagrama de sistema de calentamiento, carga y descarga de CA	43
Fig. 3.11 Caldera.....	44
Fig. 3.12 Carga y descarga de cemento asfáltico	45
Fig. 3.13 Silo de almacenamiento.....	46
Fig. 3.14 Cabina de control.....	47
Fig. 3.15 Panel de control e indicadores de presión	47
Fig. 3.16 Sistema de control dosificación de agregados	48
Fig. 3.17 Sistema de control dosificación de CA	49
Fig. 3.18 Visualización de tolvas de alimentación	52
Fig. 3.19 Indicador de funcionamiento de motor de faja de alimentación	53

Fig. 3.20 Pantalla de HMI- Lectura y regulación.....	53
Fig. 3.21 Proceso de mezclado	55
Fig. 3.22 Alarma en HMI	56
Fig. 4.1 Comunicación del sistema de control.....	76
Fig. 4.2 Quemador Hauck.....	84
Fig. 4.3 Cono difusor.....	84
Fig. 4.4 Bomba de agua en la planta de asfalto	94
Fig. 4.5 Bomba de asfalto Blackmer NP3C	96
Fig. 4.6 - Caldera	98
Fig. 4.7. Bomba centrífuga de aceite térmico	99
Fig. 4.8 Comparación de indicador de disponibilidad.....	104
Fig. 5.1 . Comparación en costos de mantenimiento actual y el propuesto.....	113

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Determinación de criticidad por puntuación ponderada.....	17
Tabla 2.2. Clasificación de equipos críticos.....	19
Tabla 3.1. Horas de producción y paradas de la planta de asfalto-plan de mantenimiento actual	57
Tabla 4.1. Código actual de la Planta de Asfalto BMG	62
Tabla 4.2. Clasificación de subsistemas.....	63
Tabla 4.3. Especificación de códigos de equipos	64
Tabla 4.4. Listado de códigos de equipos – cabina de control	65
Tabla 4.5. Listado de códigos de equipos - alimentación de agregados.....	66

Tabla 4.6 . Listado de códigos de equipos -Tambor mezclador (Drumix)	67
Tabla 4.7 . Listado de códigos de equipos- Elevador de Paletas	67
Tabla 4.8 . Listado de códigos de equipos- Silo.....	67
Tabla 4.9. Listado de códigos de equipos- Colector de Polvos	68
Tabla 4.10 . Listado de código de equipos-Sistema de dosificación de cemento asfáltico	68
Tabla 4.11. Listado de código de equipos-Tanques de almacenamiento y calentamiento de cemento asfáltico.	68
Tabla 4.12. Criticidad de equipos-cabina de control	69
Tabla 4.13. Criticidad de equipos-sistema de alimentación de agregados	69
Tabla 4.14. Criticidad de equipos- Drumix.....	70
Tabla 4.15. Criticidad de equipos-Elevador de Paletas	71
Tabla 4.16. Criticidad de equipos-Silo de almacenamiento/sistema neumático	71
Tabla 4.17. Criticidad de equipos-Colector de Polvos	71
Tabla 4.18. Criticidad de equipos-tanques de almacenamiento y sus sistemas	72
Tabla 4.19. Equipos críticos de la cabina de control	74
Tabla 4.20. Plan de frecuencia de mantenimiento-Equipos de cabina de control.....	74
Tabla 4.21 Equipos críticos del sistema de control	76
Tabla 4.22 Plan de frecuencia de mantenimiento - HMI	77
Tabla 4.23 Plan de frecuencia de mantenimiento-PLC.....	78
Tabla 4.24 Plan de frecuencia de mantenimiento -variador de velocidad	79
Tabla 4.25. Equipos críticos del sistema de alimentación de agregados	81
Tabla 4.26. Plan de frecuencia de mantenimiento-Equipos del sistema de alimentación de agregados.....	82
Tabla 4.27. Equipos críticos de tambor mezclador	84
Tabla 4.28. Plan de frecuencia de mantenimiento -Equipos de tambor mezclador...	85

Tabla 4.29. Equipos críticos de Elevador de Paletas	87
Tabla 4.30. Plan de frecuencia de mantenimiento-Equipos de Elevador de Paletas.	88
Tabla 4.31. Equipos críticos del sistema neumático	89
Tabla 4.32. Plan de frecuencia de mantenimiento-Equipos del sistema neumático ..	90
Tabla 4.33. Equipos críticos del colector de polvos	91
Tabla 4.34. Plan de frecuencia de mantenimiento-Equipos de colector de polvos....	91
Tabla 4.35. Equipos críticos del sistema de dosificación de cemento asfáltico	94
Tabla 4.36. Plan de frecuencia de mantenimiento-Equipos del sistema de dosificación de cemento asfáltico.....	95
Tabla 4.37. Equipos críticos de sistema de descarga de cemento asfáltico	96
Tabla 4.38. Plan de frecuencia de mantenimiento-Equipos del sistema de descarga de cemento asfáltico.....	97
Tabla 4.39. Equipos críticos de sistema de calentamiento de cemento asfáltico	98
Tabla 4.40. Plan de frecuencia de mantenimiento-Equipos del sistema de calentamiento de cemento asfáltico.....	100
Tabla 4.41. Horas de producción y paradas de la planta de asfalto-plan de mantenimiento propuesto	104
Tabla 5.1 .- Costo en repuestos- mantenimiento actual	107
Tabla 5.2 Costo de materiales-mantenimiento actual	108
Tabla 5.3 .- Costo en mano de obra- mantenimiento actual	109
Tabla 5.4.- Costos en repuestos, materiales y mano de obra	110
Tabla 5.5 . Resumen de producción y costos	111
Tabla 5.6 Indicadores de costos y mantenimiento	112

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

CA: Cemento asfáltico.

SCADA: Supervisión, Control y Adquisición de Datos.

HMI: Interfaz Hombre Maquina.

PLC: Controlador Lógico Programable

IFO: Intermediate Fuel Oil,

PROLOGO

La empresa OBRAINSA adquiere su primera planta de asfalto el año 1990, desde entonces esta planta industrial no ha dejado de producir. La empresa está creciendo y desarrollándose en forma integral, por lo que está tomado conciencia de la importancia de conservar sus equipos. Es por ello la necesidad de implementar nuevas reformas en las tareas de mantenimiento.

El presente Informe de Suficiencia desarrollara un plan de mantenimiento para los equipos de la Planta de Asfalto BMG, la cual consta de 5 capítulos que a continuación se detallan:

Capítulo 1.- Se indica el objetivo principal del informe, los antecedentes que servirán como iniciativa para el desarrollo del diseño de un plan de mantenimiento, la justificación y el alcance del informe.

Capítulo 2.- En este capítulo, se expone todo lo relacionado a la definición y tipos de mantenimiento en la industria, el análisis de la criticidad y codificación de equipos en una planta industrial.

Capítulo 3.- En este capítulo se describe el proceso de producción de mezcla asfáltica, asimismo se presenta una descripción de los equipos de la planta de

asfalto, y además el análisis de los problemas encontrados en la planta que requieren una mejora.

Capítulo 4.- Se enfoca la solución del problema encontrado, para dar una propuesta del diseño de plan de mantenimiento.

Capítulo 5.- Se realiza el análisis económico, el análisis de costos incurridos en el año 2011 sin programa de mantenimiento, y con las mismas variables se realiza un análisis comparativo con el nuevo programa de mantenimiento, y se concluye que el plan propuesto es factible económicamente.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES.

OBRAINSA es una de las empresas de mayor crecimiento en el sector Ingeniería y Construcción del Perú.

La empresa OBRAINSA cuenta con una variedad de equipos Administrados por el Departamento de Equipos, los cuales están organizados en 4 grupos, (1) Línea Amarilla conformada por excavadora, cargador frontal, tractor, rodillo Tándem, motoniveladora y otros; (2) Línea de Transporte conformado por volquetes, cama baja, camión cisterna, camionetas y otros relacionados; (3) Línea de Plantas Industriales conformado por las plantas de asfalto, plantas de concreto, chancadoras, zarandas y fajas transportadoras; (4) Línea de equipos menores, donde se incluyen grupo electrógeno, compresoras y otros equipos complementarios de baja potencia.

El Departamento de Equipos enfoca su atención en la implementación de un mantenimiento preventivo y predictivo con el objetivo principal de incrementar el índice de disponibilidad y confiabilidad en todos los equipos. En el aspecto de mantenimiento predictivo se realiza análisis de aceites en los equipos críticos, para ello desarrolla una estrategia conjunta con su proveedor de lubricantes, quien a su

vez se encarga de capacitar al personal técnico en todas las operaciones o actividades, con la finalidad de mejorar el desempeño y el cuidado de los equipos.

La Planta de Asfalto BMG de 180 toneladas/hora cuenta con un mantenimiento correctivo. En cuanto al mantenimiento preventivo, este es aún incipiente y es ejecutado por acción de la experiencia del personal. Para realizar una mejora en este campo hay que desarrollar un plan de mantenimiento, documentarlo; así como capacitar y concientizar al personal de trabajo.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Principal

- Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para una Planta de Asfalto de 180 Tonelada/hora.

1.2.2. Objetivos secundarios

- Diagnosticar la situación actual de los equipos pertenecientes a la planta de asfalto.
- Identificar los componentes de los equipos que acarreen mayor relevancia en la planta de asfalto, aplicando un análisis de criticidad.
- Determinar tareas y frecuencias de mantenimiento a los componentes críticos de la planta de asfalto.
- Incrementar la disponibilidad de los equipos.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Toda empresa busca el crecimiento económico y la mejora continua en sus procesos, en concordancia con ello se plantea el diseño del plan de mantenimiento aplicado a una planta de asfalto, el cual optimiza la relación coste-disponibilidad.

1.4. ALCANCES

El presente trabajo contempla el estudio de todos los equipos y sistemas de la planta de asfalto, en la que se incluye la codificación de los componentes para un mejor estudio. Además se realizara un análisis de criticidad para identificar los sistemas y componentes que necesiten implementar un plan de mantenimiento, y la selección del tipo de mantenimiento que requiere, así como correctivo o preventivo.

Para la justificación de la propuesta, se realizara una evaluación económica, analizando los costos de mantenimiento actual y las pérdidas en producción ocasionadas por paradas de planta, luego se realizara una comparación de los logros a obtener con los parámetros actuales, finalmente los resultados validaran el informe.

CAPÍTULO 2

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

2.1. DEFINICIÓN

El mantenimiento es la función empresarial a la que se encomienda el control constante de las instalaciones así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento continuo y el buen estado de conservación de las instalaciones productivas, servicios e instrumentación de los establecimientos. Se caracteriza por el desarrollo de un servicio en favor de la producción. Conforme con la anterior definición se deducen distintas actividades:

- ✓ prevenir y/o corregir averías.
- ✓ cuantificar y/o evaluar el estado de las instalaciones.
- ✓ aspecto económico (costes).

2.2. TIPOS DE MANTENIMIENTO

Los tipos mantenimiento surgieron como consecuencia de su evolución misma. El orden cronológico se corresponde con el grado de complejidad y efectividad del mantenimiento. A las formas más primitivas siguen otras más elaboradas. Sin embargo aquellas no se dejan de usar sino que complementan a las posteriores.

Las fallas son algo no deseado y por lo tanto el control que tengamos sobre su ocurrencia determina la primera gran división: la falla nos toma por sorpresa o bien,

sabiendo que ocurrirá, nos anticipamos realizando acciones para evitarla. Así surge primeramente el mantenimiento correctivo y luego el mantenimiento preventivo.

2.2.1. Mantenimiento Correctivo

Es una actividad reactiva o sea actúa una vez ocurrido al hecho. Por lo tanto es costosa pues aparecen las temidas pérdidas por paradas de producción: mano de obra directa ociosa y atrasos en los entregables. A raíz de esto se moviliza un grupo de gente generalmente de manera agitada y nerviosa por la presión que el departamento de producción ejerce. En este ambiente es poco probable que la reparación sea satisfactoria, será solo un parche que permita, en el caso de haber detectado la verdadera causa de la falla, ganar un poco de tiempo hasta llegar al turno libre o un fin de semana que la planta no produzca. Pero esto será posible si se cuenta con los materiales de respuesta en el almacén y si la mano de obra tiene la calificación necesaria. Sin duda que estas intervenciones están lejos de ser las ideales porque tampoco responden a los objetivos enunciados en el punto anterior. Evidentemente sino se realizara intervenciones idóneas, las fallas serán cada vez más frecuente y profundizaran sus efectos con el notable incremento en los costos. Por otro lado las condiciones originales de la maquina se pierde disminuyendo así la capacidad operativa, su calidad y su valor residual estará lejos de los valores de mercado acelerando su depreciación.

Pese a todo, este tipo de mantenimiento nunca desaparecerá pero si deberá ser reducido al mínimo. La lógica en estos casos es que, si bien no se puede evitar la ocurrencia de algunas fallas, hay que minimizar sus efectos. Es decir, si hay incertidumbre respecto a cuándo fallaran algunos sistemas de la

máquina, lo mejor es tener alternativas de intervención y los repuestos en stock.

2.2.2. Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo es una metodología de intervención de equipos e instalaciones a fin de minimizar los tiempos de paradas o de bajo rendimiento de los mismos. Esta forma de mantenimiento se basa en la planificación, construcción de estándares, en base de las recomendaciones del fabricante del equipo, como así también la experiencia adquirida por el personal en el desarrollo de su tarea profesional. Con estos elementos se confeccionan los estándares, es decir los procedimientos que establecen que es lo que se debe hacer, como efectuarse y la frecuencia de las inspecciones en cada medio.

Este tipo de mantenimiento requiere un soporte informático donde se registraran los datos de los equipos y sus criticidades como así también los datos de las intervenciones y toda información adicional acerca de los mismos, que servirá como historial. Este medio permite realizar la planificación de las tareas, asignando recursos humanos, materiales y tiempos de ejecución. La tarea, en síntesis, consiste en la realización de rutinas periódicas de inspección en los puntos mencionados, efectuando pequeños ajustes y relevando las novedades para establecer la intervención al detectar anomalías. Esta rutina desplegada a lo largo del tiempo será cumplida por operarios de producción si son más simples.

2.2.3. Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo se encarga de predecir las fallas de equipos críticos a través del monitoreo de parámetros de operación susceptibles de ser medidos, se efectúa por medio de instrumentos y ensayos de complejidad basada en desarrollos tecnológicos y siguiendo una serie de procedimientos normalizados. Se fijan secuencias de control de los puntos críticos según el tipo de ensayo y se lleva un historial de los resultados. De esta manera se tiene una idea de cuándo ocurrirá la falla y por lo tanto permite planificar la intervención.

Los parámetros de control son:

a) Vibraciones anómalas:

Los elementos rotantes de las máquinas como rodamientos, manchones de acople, engranaje, ejes, rotores, poleas, etc., pueden estar desgastados, desbalanceados, desalineados y/o deformados, lo que origina al principio pequeñas vibraciones imperceptibles al sentido humano y luego a medida que el deterioro continúa se incrementa llegando al colapso. A través de un análisis del espectro de vibraciones se tiene clara idea de cuan cerca el elemento esta de la rotura y por lo tanto permite programar su reemplazo o reparación.

b) Temperaturas elevadas:

Se puede analizar el exceso de temperatura en los componentes eléctricos o en los mecánicos. En los primeros, es difícil percibir la sobre temperatura porque los operadores para poder detectarla deben hacer contacto con el elemento anómalo y siendo un circuito eléctrico, eso no es posible. Para ello mediante el análisis termográfico infrarrojo se detecta los puntos calientes del

sistema que generalmente son producto de una sobrecarga o de un falso contacto. En cuanto a las sobretemperaturas de índole mecánico generalmente son de detección más sencilla porque se puede acceder a los puntos críticos sin riesgos y se puede controlar con instrumentos de contacto como el termómetro digital. Ejemplos de este tipo de anomalía son los elementos carentes de una buena lubricación o lubricantes con sus características de diseño alteradas. Puede ocurrir que los elementos mecánicos que manifiestan alta temperatura tengan asociada también la emisión de ruidos y vibraciones anómalas.

c) Potencia absorbida:

Los motores eléctricos están calibrados para entregar una determinada potencia nominal de servicio. Cuando por alguna causa la carga que debe mover, excede su capacidad, se produce un incremento en la intensidad y con ello un aumento en la potencia absorbida. La carga a que se hace referencia puede ser originada por elementos rotantes o sistemas de traslación con excesivo rozamiento o desgaste causados por un juego entre partes no correcto o por una lubricación deficiente.

d) Análisis de los lubricantes:

Los lubricantes son sustancias muy útiles para determinar que está pasando en los mecanismos de las máquinas, ya sea porque se degrada fuera de los límites de diseño denotado anomalías de funcionamiento o porque en ellos se detectan partículas metálicas, óxido o contaminación líquida (agua u otros aceites). Igualmente en las máquinas que utilizan la oleohidráulica como

principal fuente de potencia, el estado del aceite hidráulico determina la situación del equipo o bien si existe riesgo de una falla potencial.

e) Importancia del Equilibrado:

Si la masa de un elemento rotativo está regularmente distribuida alrededor del eje de rotación, el elemento está equilibrado y gira sin vibración.

Si existe un exceso de masa a un lado del rotor, la fuerza centrífuga que genera no se ve compensada por la del lado opuesto más ligero, creando un desequilibrio que empuja al rotor en la dirección más pesada. Se dice entonces que el rotor está desequilibrado.

Las consecuencias: El desequilibrio de piezas rotativas: pueden ser muy severas

- ✓ Desgaste excesivo en cojinetes, casquillos, ejes y en los engranajes.
- ✓ Fatiga en soportes y estructura.
- ✓ Disminución de eficiencia.
- ✓ Transmisión de vibraciones al operador y otras máquinas.

Por tanto el equilibrado tiene por objeto:

- ✓ Incrementar la vida de cojinetes
- ✓ Minimizar las vibraciones y ruidos
- ✓ Minimizar las tensiones mecánicas
- ✓ Minimizar las pérdidas de energía
- ✓ Minimizar la fatiga del operador.

2.3. CONCEPTO DE CODIFICACIÓN, UBICACIONES TÉCNICAS Y EQUIPOS

2.3.1. Codificación

La codificación significa a grandes rasgos, dar a las máquinas y equipos una dirección donde ubicarlas y un nombre con el cual identificarlas, permitiendo tener un control y conocimiento sobre la información técnica, centros de costo, características generales, etc. de cada una de las máquinas, equipos y componentes posicionados en los sectores pertinentes de la empresa.

2.3.2. Ubicación técnica

Este concepto va directamente relacionado al proceso de planificación de la mantención, pero la utilidad que presta el contar con ubicaciones técnicas de las máquinas y los equipos se extiende a toda la empresa. La ubicación técnica representa un área de un sistema, en el que se puede instalar un objeto. Estos “objetos” se denominan equipos en un sistema computarizado (Plan de Mantenimiento PM). Las ubicaciones técnicas son creadas jerárquicamente y pueden también crearse basándose en los siguientes criterios:

- ✓ Funcional: “compresor”, triturador”.
- ✓ Relativos al proceso: Ejemplo “pintado”, “escuadrado”
- ✓ Espacial: “hall”, “patio”.

La ubicación técnica es la dirección de la máquina (equipo) o donde está emplazada. A través de ella deducimos si corresponde a una planta de zarandeo, planta chancadora, planta de asfaltos, etc. También nos indica en que área de la empresa está emplazado un equipo, y a que máquina específica corresponde y por último nos indica a que subconjunto o división de la máquina

corresponde. Por lo tanto, cuando se quiere nombrar una ubicación técnica de alguna máquina en particular se realiza como se indica en la **Fig. 2.1**

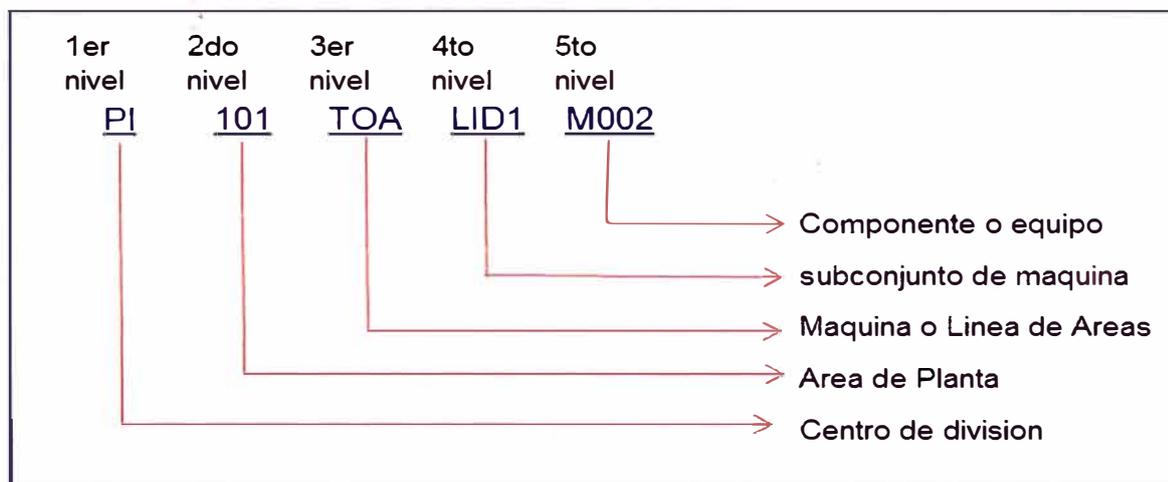


Fig. 2.1 Ubicación técnica de máquinas y equipos

Por ejemplo, si se quisiera realizar una mantención o inspección en el área de plantas de asfalto y específicamente al motor, se notificaría por la siguiente codificación:

PI – 101 – TOA – LID1 – M002,

dónde:

PI: División de Plantas Industriales en el Área de Equipos Obrainsa,

101: Planta de Asfalto BMG (101, Planta de Asfalto BMG),

TOA: Codificación general, para las líneas de alimentación de agregados,

LID1: Sistema de alimentación Faja 1, dentro de la Planta de Asfalto BMG,

M002: Motor número dos, dentro del sistema de alimentación de agregados.

Por lo tanto cuando se realizan mantenciones o inspecciones preventivas; a los mantenedores se les puede indicar específicamente que máquina y que equipo intervenir.

2.3.3. Códigos de equipos

Los códigos de equipos corresponden al nombre que reciben los equipos, es su identificación. Este nombre es genérico, referido al centro de división, a la clase de equipo propiamente tal y al número de ese tipo de equipo codificado en la planta (Fig. 2.2).

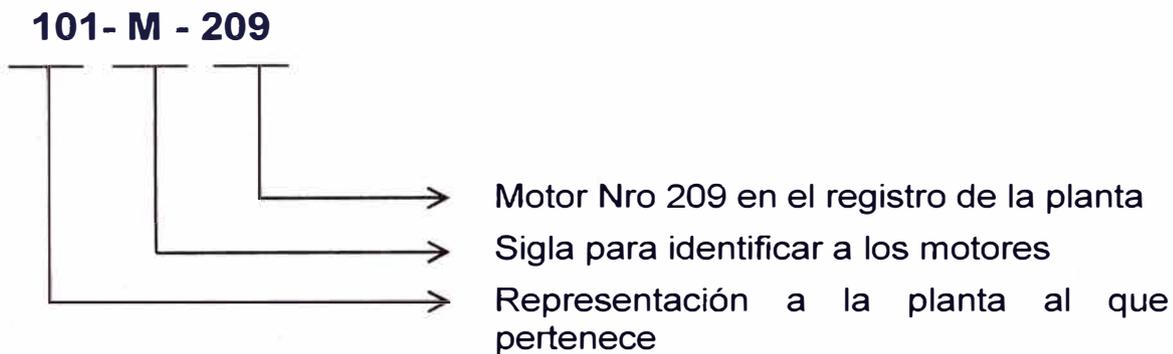


Fig. 2.2 Codificación de máquinas y equipos

Ejemplo: **101-M-209** = Corresponde al motor alimentación de agregados.

2.3.4. Importancia de la codificación de equipos

Existen varias razones para destacar la importancia de la codificación de equipos, razones que van desde lo asociado al uso de un sistema computarizado, como razones asociadas al ordenamiento de la planta de proceso lo que permite tener un mayor control y conocimiento de todas las instalaciones.

En principio podemos destacar que la codificación de los equipos y establecimientos de las ubicaciones técnicas sirve para tener un ordenamiento global de la empresa en términos de equipos instalados o desinstalados y de las instalaciones y su distribución. Esto puede servir, por ejemplo, como el primer paso para el establecimiento de un plan global de

mantenimiento en una empresa, para la división en áreas administrativas de empresas grandes, o por ejemplo también se podría utilizar para la planificación de una estrategia de seguridad y prevención de riesgos, en caso de catástrofes o incidentes, o simplemente para la elaboración de planes de seguridad y procedimientos para cada una de las máquinas instaladas en la planta.

En fin podemos decir que para una empresa en la que se ha implementado un sistema computarizado de administración de gestión de mantenimiento como SAP, Oracle u otros, el proceso de codificación es imprescindible y va asociado directamente con el éxito o fracaso que pueda tener la empresa en la implantación del sistema. Por lo demás implementar un proceso de codificación requiere de un costo insignificante para la empresa al lado de los múltiples beneficios que esta acarrea.

2.3.5. Pasos para la codificación de un equipo

Para realizar la labor de codificación de una forma eficiente y rápida se establecen ciertos pasos que permiten un resultado más óptimo en términos de tiempo y alcance de lo que se requiere para el mantenimiento y para sistematización de los equipos. Los pasos son los siguientes:

1. Identificar todos los equipos que requieren ser codificados.
2. Elaborar una carta Gantt que determine los tiempos aproximados que deben ocuparse para la codificación de cada máquina.
3. Coordinar con producción y planificación las fechas de parada de las máquinas y líneas. De esta forma se realiza el recojo de información sin afectar

la producción ni incomodar flujo diario de trabajo de los operarios y de las máquinas.

4. Conocer la función que realiza cada máquina, su línea de trabajo, el orden en que realiza las operaciones, etc.

5. Realizar un layout (esquema) de las máquinas o línea.

6. Definir subconjuntos principales en las máquinas.

7. Establecer el orden de codificación de la máquina basado en sus subconjuntos.

8. Realizar el recojo de información basada en el orden anterior asignado.

9. Realizar una hoja de datos de los equipo.

10. ordenar la información recogida.

11. asignar ubicaciones técnicas a cada uno de los equipos según los cinco niveles establecidos, tratando de no repetir ninguna ubicación técnica que ya se halla establecido.

12. asignar códigos a los equipos según el patrón establecido, cuidando de no repetir ningún código que ya se halla establecido en el sistema.

13. efectuar el llenado de las planillas de datos (planillas equipos, ubicaciones técnicas).

14. efectuar el llenado las fichas técnicas. Para el llenado de las fichas técnica generalmente se realiza una recogida de información bibliográfica a través de catálogos de los equipos ya que muchas veces la información obtenida en terreno es limitada.

15. revisar las planillas para la corrección de posibles errores.

16. enviar las planillas para el ingreso al sistema informático como el Oracle o SAP.

2.4. ANÁLISIS DE CRITICIDAD.

El nivel de criticidad lo determina el personal de operaciones, el departamento de mantenimiento y la gerencia, quienes determinan el nivel de prioridades para el mantenimiento preventivo y predictivo.

2.4.1. Criterios para determinar la criticidad

Existen muchas posibilidades de establecer un sistema de criticidad, desde los más simples, como una lista de equipos en orden de importancia, hasta lo más complicados, haciendo depender al sistema de muchas variables. Se propone 4 niveles o clases de criticidad, según se muestra en la **Tabla 2.1** La escala de referencia se obtiene a partir de la aplicación de criterios elaborados sobre la base del impacto que un fallo funcional del equipo puede tener sobre la calidad del producto, la seguridad del personal, la protección al medio ambiente, la productividad y otros equipos, el cual se detalla la matriz de criticidad indicada en la **Tabla 2.2** .

Tabla 2.1. Determinación de criticidad por puntuación ponderada

ESCALA DE REFERENCIA	
A CRITICA	16 a 20
B IMPORTANTE	11 a 15
C REGULAR	06 a 10
D OPCIONAL	00 a 05

Los equipos con criticidad A (críticos), son aquellos que al fallar, provocan un paro inmediato de la producción en el área de proceso a la que pertenece y su sustitución o restablecimiento no puede hacerse en un período corto de

tiempo. Además, su costo de reparación es elevado, que puede afectar muy seriamente la seguridad del personal, al medio ambiente y a otros equipos.

Los equipos con criticidad B (importantes), son aquellos que al fallar, provocan una reducción en la tasa de producción y su sustitución o restablecimiento puede hacerse en un período corto de tiempo. Además, su costo de reparación es moderado, pueden resultar solo parcialmente afectados el medio ambiente, la seguridad del personal y otros equipos.

Los equipos con criticidad C (regular), son aquellos que al fallar, tienen poca incidencia sobre la producción, y su tiempo y/o costo de reparación es bajo. Además, no resultan afectados: el medio ambiente, la seguridad del personal y otros equipos.

Por último, los equipos con criticidad D (opcional), son todos aquellos cuyo fallo, no tienen efecto sobre la producción, y su tiempo y/o costo de reparación es bajo. Además, no resultan afectados el medio ambiente, la seguridad del personal y otros equipos.

Con base en todo lo dicho anteriormente, se deduce que para efectos de ejecución de mantenimiento preventivo o predictivo, los equipos con criticidad A tienen la prioridad más alta, siguiéndoles en orden de prioridad descendente, los equipos con criticidad B, C y D respectivamente.

Tabla 2.2. Clasificación de equipos críticos

TABLA DE PRIORIDADES PARA EVALUAR LOS EQUIPOS			
ITEM VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACIÓN	OBSERVACIONES
1 EFECTO SOBRE EL SERVICIO A OPERACIONES Y MEDIO AMBIENTE			
	Para	4	afecta medio ambiente
	Reduce	2	
	No Para	0	
2 VALOR TÉCNICO ECONÓMICO			
Considerar el costo de Adquisición, Operación y mantenimiento	Alto	3	Más de US\$ 50 000
	Medio	2	
	Bajo	1	Menos de US\$ 10 000
3 LA FALLA AFECTA			
a. Al equipo en Sí	Si	1	¿Deteriora otros componentes?
	No	0	
b. Al servicio	Si	1	¿Origina Problemas a otros equipos?
	No	0	
c. Al operador	Riesgo	1	¿Posibilidad de accidentes al operador?
	Sin riesgo	0	
d. A la Seguridad en General	Si	1	¿Posibilidad de accidente a otras personas u otros equipos cercanos?
	No	0	
4. PROBABILIDAD DE FALLA (CONFIABILIDAD)			
	Alta	2	¿Se puede asegurar que el equipo va a trabajar correctamente cuando se le necesite?
	Baja	0	
5 FLEXIBILIDAD DEL EQUIPO EN EL SISTEMA			
	Único	2	No existe otro igual o similar
	By Pass	1	El sistema puede seguir funcionando
	Stand Vi	0	Existe otro igual o similar no instalado
6 DEPENDENCIA LOGÍSTICA			
	Extranjero	2	Repuestos se tienen que importar
	Loc. / Ext.	1	Algunos repuestos se compran localmente
	Local	0	repuestos se consiguen localmente
7 DEPENDENCIA DE LA MANO DE OBRA			
	Terceros	2	El mantenimiento requiere contratar a terceros
	Propia	0	El mantenimiento se realiza con personal propio
8 FACILIDAD DE REPARACIÓN (MANTENIBILIDAD)			
	Baja	1	Mantenimiento difícil
	Alta	0	Mantenimiento fácil

2.5. ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

La gestión administrativa del mantenimiento resulta crucial a la hora de lograr la efectividad del servicio. Para referirse a la estructura administrativa es necesario tener en cuenta los siguientes elementos: estructura de organización, administración, archivo, documentos, y los sistemas informáticos asociados a la gestión.

a) Estructura organizativa: Respecto a este aspecto, solo se debe tener en cuenta que, sea cual fuese la estructura organizacional-funcional que se tenga, siempre existirán unas series de especialidades que pueden ser parte de una célula básica de trabajo, o bien depender de una sección dentro del departamento de mantenimiento que los agrupa.

b) Administración: Dentro de las actividades de mantenimiento se requiere de un buen sistema administrativo, debido al carácter intermitente de la actividad y el gran volumen de datos que involucran esta tarea. Esto se convierte en indispensable para un manejo adecuado, al tratarse a la concreción de la información. La velocidad de acceso a la información o las diferentes bases de datos, son ventajas fundamentales al momento de medir el tiempo de respuesta del servicio de mantenimiento. Toda esta gestión suele estar acompañada generalmente por un software computarizado de soporte, que ayuda a la gestión integral de esta actividad.

c) Archivos: Existen una serie de datos o archivo que deben mantenerse actualizado, para lograr una adecuada una adecuada gestión del mantenimiento, dentro de ellos se ubican; los elementos involucrados en el mantenimiento (maquinarias, instrumentos, herramientas, inmuebles, rodados, etc.) todos ellos identificados por medios de códigos, denominación de identificación, proveedor, etc.;

luego las tareas inherentes al mantenimiento, donde cada una de ellas, también deberán estar identificadas por tipos, características, frecuencias, métodos de trabajo, tiempo estándar, herramientas requeridas, etc. Por último los planos y documentación técnica, deberán estar ordenadas con las mismas características de la información anterior, para hacer posible la ubicación dentro de una biblioteca o microfilmado.

d) Documentos: Para los trabajos de mantenimiento existen dos tipos de documentos fundamentales, las ordenes de trabajos (que se utilizan para registrar pedidos de reparaciones o mantenimiento de equipos) y las ordenes de recorrida (que se trata de secuencia de tareas sobre ciertos sectores de los equipos de la planta) con las cuales se realizaran en general monitorios, inspecciones, lubricaciones, calibración, etc.

e) Aplicaciones de sistemas informáticos: En consonancia con lo dicho anteriormente, y por tratarse de una actividad con un nivel de atomización e intermitencia, requiere de una gestión administrativa eficiente a través de un sistema computarizado. Su actividad principal se encuentra vinculada con el planeamiento, programación, control, costeo, etc. Dicho sistema debe ser de característica integral y constar con componentes técnicos, económicas, de administración de gestión, y cumplir con una serie de características que son importantes como:

- ✓ Constar con archivos actualizado y completo.
- ✓ Consulta rápida y veloz de los mismos.
- ✓ Realizar automáticamente el mantenimiento preventivo de los equipos asociados al sistema.

- ✓ Establecer el costo aproximado de la mano de obra.
- ✓ Registrar el seguimiento de los trabajos en curso.
- ✓ Manejar las órdenes de trabajo solicitadas y las ordenes de recorridas de las cuales ya se ha hablado.
- ✓ Calcular el costo estimado de cada orden, con el objeto de autorizar su viabilidad económica
- ✓ Contar con los elementos de juicio para evaluar la conveniencia de encarar un trabajo con personal interno o bien una empresa externa o proveedor.
- ✓ Lograr una reevaluación dinámica y versátil en gestión de mantenimiento.
- ✓ Conocer con anticipación los materiales y repuestos que se necesitara para realizar cada orden, para luego ordenar comprar aquellos materiales que no hubiera existencias en almacén.
- ✓ Proyectar un diagrama de mantenimiento programado parada de planta.
- ✓ Procesar la información de las variables técnicas y generar los informes para ver la evolución del mantenimiento.
- ✓ Lograr una gestión desburocratizada y con la mínima cantidad de papel posible.
- ✓ Controlar el cumplimiento de lo programado y lo efectivo.
- ✓ Verificar la eficiencia y la productividad de la mano de obra.
- ✓ Controlar el uso del comportamiento de los materiales a lo largo del tiempo.
- ✓ Registrar y controlar las fallas de máquinas y equipos.
- ✓ Generar la información necesaria para mejorar los tiempos de intervención.
- ✓ Clasificar el costo de mantenimiento, por equipo, por concepto, orden o centro de costo.
- ✓ Adecuadas para un operador de mantenimiento.
- ✓ Ser un sistema modular y simple para utilizar.

2.5.1. Principales Indicadores de Mantenimiento

Existe una diversidad de indicadores para evaluar todas las actividades de mantenimiento. Mencionaremos los indispensables para la efectiva gestión de mantenimiento.

a) Tiempo medio entre fallas (TMFE). Relación entre el producto del número de ítems por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado.

$$TMFE = \frac{\text{Nro de horas de operacion}}{\text{Nro de paradas correctivas}}$$

El TMFE nos demuestra el promedio de la cantidad de horas entre falla y falla que se presenta mostrando el tiempo más largo en cada mes y el más corto en el que sucedió la falla.

b) Tiempo medio para reparación (TMPR). Relación entre el tiempo total de intervención correctivo en un conjunto de ítems con fallas y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado.

$$TMPR = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones correctivas}}{\text{Nro de reparaciones correctivas}}$$

c) Tiempo medio para falla (TMPF). Relación entre el tiempo total de operación de un conjunto de ítems no reparables y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado.

$$TMPF = \frac{\text{Nro de horas de operacion}}{\text{Nro de Fallas}}$$

Empleado en sistemas no reparables (por ejemplo satélites, fluorescentes) o en aquellos equipos donde el tiempo de reparación o sustitución no es significativo con relación a las horas de operación. El concepto es el mismo que el TMFE.

d) Disponibilidad (DISP). Es el porcentaje del tiempo analizado, en el cual el equipo está disponible para producir. Se calcula como: relación entre la diferencia del número de horas del periodo considerado con el número de horas de intervención por el personal de mantenimiento (mantenimiento preventivo por tiempo o por estado, mantenimiento correctivo y otros servicios) para cada ítem observado y el número total de horas del periodo considerado.

$$DISP = \frac{HL - PP - PR}{HL}$$

donde:

HL: Horas laborables de la empresa, donde se excluye domingos y feriados, u horas programadas de trabajo para la máquina.

PP: Paradas programadas para mantenimiento proactivo, también se incluye reparaciones programadas u overhauls,

PR: Paradas por mantenimiento reactivo (no programadas).

f) Relación de costos de mantenimiento Vs. producción. Mide la proporción del costo de mantenimiento en relación al costo total de producción.

$$\text{Costo - Mtto Vs Producción} = \frac{\text{Costo de mantenimiento}}{\text{Costo total de Producción}} \times 100\%$$

g) Relación de pérdidas por mantenimiento Vs producción. Mide la proporción las pérdidas económicas ocasionadas por el mantenimiento en relación al costo total de producción.

$$\text{Perdidas – Mtto Vs Producción} = \frac{\text{Perdidas por mantenimiento}}{\text{Costo total de Producción}} \times 100\%$$

h) Costos de mantenimiento por unidad de producción. Mide el costo de mantenimiento por unidad de producción en un periodo dado. Permite visualizar mejoras o deficiencias en el desempeño de mantenimiento en relación a las unidades producidas.

$$\text{Costo – Mtto/ producción} = \frac{\text{Costo de mantenimiento}}{\text{Produccion total del periodo (m}^3\text{)}}$$

2.6. COSTOS DE MANTENIMIENTO

Es el precio pagado por concepto de las acciones realizadas para conservar o restaurar un bien o un producto a un estado específico.

2.6.1. Costos en el mantenimiento

Para tomar decisiones basadas en la estructura de costos, y teniendo presente que para un administrador una de sus principales tareas será minimizar los costos, entonces es importante conocer su componentes.

Los costos, en general, se pueden agrupar en dos categorías: i) los costos que tienen relación directa con las operaciones de mantenimiento, como ser: costos administrativos, de mano de obra, de materiales, de repuestos, de subcontratación, de almacenamiento y costos de capital, y ii) costos por pérdidas de producción a causa de las fallas de los equipos, por disminución de

la tasa de producción y pérdidas por fallas en la calidad producto al mal funcionamiento de los equipos.

2.6.2. Costo global del mantenimiento

El costo global de mantenimiento es la suma de cuatro costos, $C_g = C_i + C_f + C_a + C_{si}$, donde:

- Costo de las intervenciones (C_i)
- Costo de las fallas (C_f)
- Costo de almacenamiento (C_a)
- Costo de sobre-inversiones (C_{si})

En el costo de las intervenciones (C_i) se incluyen los gastos relacionados con el mantenimiento preventivo y correctivo. No se incluyen costos de inversión ni de actualización tecnológica ya que estos son producto de proyectos específicos que van en relación directa con el aumento de la producción, por tanto deben estar considerados en el flujo financiero que evalúa la conveniencia de realizar ese proyecto. Tampoco se incluyen ajustes de los parámetros de producción, re-ubicación de los equipos, tareas de limpieza, etc.

El costo de las intervenciones está compuesto principalmente por:

- mano de obra interna o externa.
- repuestos de almacén o comprados para la intervención.
- material fungible ocupado en la intervención.

Costo de fallas (C_f) Estos costos corresponden a las pérdidas del margen de utilidad debido a problemas directos del mantenimiento que hayan redundado en una reducción en la tasa de producción de productos con la calidad

deseada, costos por multas debido al daño ambiental, aumento del costo de la seguridad del personal por fallas en los dispositivos de seguridad, pérdidas de negocios, pérdidas de materias primas que no se pueden reciclar, aumento de los costos de explotación, etc. Los problemas de mantenimiento ocurren por:

- Mantenimiento preventivo mal definido.
- Mantenimiento preventivo o correctivo mal ejecutado, uso de repuesto malos, inadecuados o de baja calidad.
- Mantenimientos efectuados en plazos muy largos por falta de comunicación entre departamentos o adquisición de repuestos.
- Falta de métodos, procedimientos, planificación o personal no calificado.

Costo de almacenamiento (Ca) En general este costo es alto en las empresas y es aquí donde existe espacio para implementar mejoras tendientes a bajar costos. El costo de almacenamiento representa los costos incurridos en financiar y manejar el inventario de piezas de recambio e insumos necesarios para la función mantenimiento, se incluyen:

- El interés financiero del capital inmovilizado por el inventario.
- La mano de obra y la infraestructura computacional dedicada a la gestión y manejo del inventario.
- Los costos de explotación de edificios: energía, seguridad y mantenimiento.
- Amortización de sistemas adjuntos: montacargas, tratamientos especiales, etc.
- Costos en seguros.

- Costos de obsolescencia.

Costo de sobre-inversiones (Csi) En el diseño inicial de una planta, lo correcto es tomar la decisión de adquirir equipos que minimicen el costo global de mantenimiento durante su ciclo de vida. Ello implica en general que se compren equipos cuyas inversiones iniciales son mayores que las de otros que cumplen los mismos requerimientos pero cuyos costos de intervención y almacenamiento asociados se estiman menores.

A fin de incluir la sobre-inversión, se amortiza la diferencia sobre la vida del equipo. Así es posible castigar en el costo global las inversiones extras requeridas para disminuir los demás componentes del costo.

CAPÍTULO 3

DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA DE ASFALTO

3.1. CONCEPTO DE PLANTA DE ASFALTO.

La planta de asfalto es un conjunto de equipos mecánicos y electrónicos en donde los agregados son combinados, calentados, secados, y mezclados con cemento asfáltico para producir una mezcla asfáltica en caliente (aproximadamente a 160°C), que debe cumplir con ciertas especificaciones y que se utilizan para la construcción de carreteras.

3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.

La planta de asfalto, de marca BMG, tiene una capacidad de diseño de 180 tonelada/hora, su producción acumulada hasta marzo del año 2013 es de 41400 toneladas. Esta planta tiene la característica de ser móvil y por ende haber desarrollado trabajos en diferentes regiones del Perú, como se detalla:

- ✓ Consorcio Obrainsa Puente Raiter (Marzo 2012-Febrero 2013)
- ✓ Consorcio Obrainsa ILO (Enero 2011-Febrero 2012)
- ✓ Consorcio Santa en Chimbote (Abril 2010 – Diciembre 2010)
- ✓ Obrainsa en Cerro de Pasco (Agosto 2009 – Febrero 2010)
- ✓ Consorcio Obrainsa SVC en Desaguadero (Octubre 2007 – Febrero 2009)

- ✓ Consorcio Bayovar en Piura (Agosto 2004 – Julio 2006)
- ✓ Consorcio Yura en Arequipa (Febrero 2003 – Julio 2003)
- ✓ Constructora Queiroz Galvao en Moyobamba (Enero 2002 – Febrero 2003)
- ✓ Constructora Queiroz en Cañahuaz (Enero 2000 – Noviembre 2001)
- ✓ Obra de Ayaviri (Abril 1999 – Diciembre 1999)
- ✓ Pedeca – Presinca Copavinca en Juliaca (Mayo 1997 – Febrero 1999)
- ✓ Obra de Tacna (Mayo 1996 – Febrero 1997)
- ✓ Pedeca – Servicom en Nazca (Julio 1993 – Febrero 1996)

El proceso productivo, tiene como insumos los agregados, cemento asfáltico (Pen 60/70 o Pen 80/100), filler, aditivos; estos insumos se mezclan a temperatura de 160 °C y finalmente se obtiene como salida la mezcla asfáltica en caliente.

El proceso se inicia en las tolvas de agregados en frío, mediante una faja transportadora se dosifica cada tipo de agregado (arena, gravilla 3/8", grava 3/4", piedra chancada), la faja transportadora de alimentación tiene un sistema de pesaje automático, con el cual se monitorea la cantidad de agregado que ingresa al tambor mezclador (drumix). El sistema de pesaje está entrelazado con los controles de la bomba de cemento asfáltico, la cual extrae asfalto del tanque de almacenamiento y lo envía al tambor. La acción rotatoria del tambor combina totalmente el cemento asfáltico y el agregado, en este mismo equipo también se eleva la temperatura mediante un quemador. Un sistema colector de polvo (exhaustor) atrapa el exceso de polvo que escapa del tambor; en este equipo se encuentra un sistema de recuperador de finos, el cual hace regresar un porcentaje de exceso de polvo al tambor mezclador. La mezcla en caliente es transportada mediante un elevador de paletas hacia el silo de almacenamiento temporal, donde es cargada en los camiones

y luego transportada al sitio de pavimentación. La **Fig. 3.1** esquematiza el proceso de la planta de asfalto.

Todas las operaciones de la planta son monitoreadas y controladas con instrumentos que se encuentran en la cabina de control. El sistema de control de la alimentación de agregados, supervisión del proceso de mezclado y las alarmas principales se realiza con un HMI.

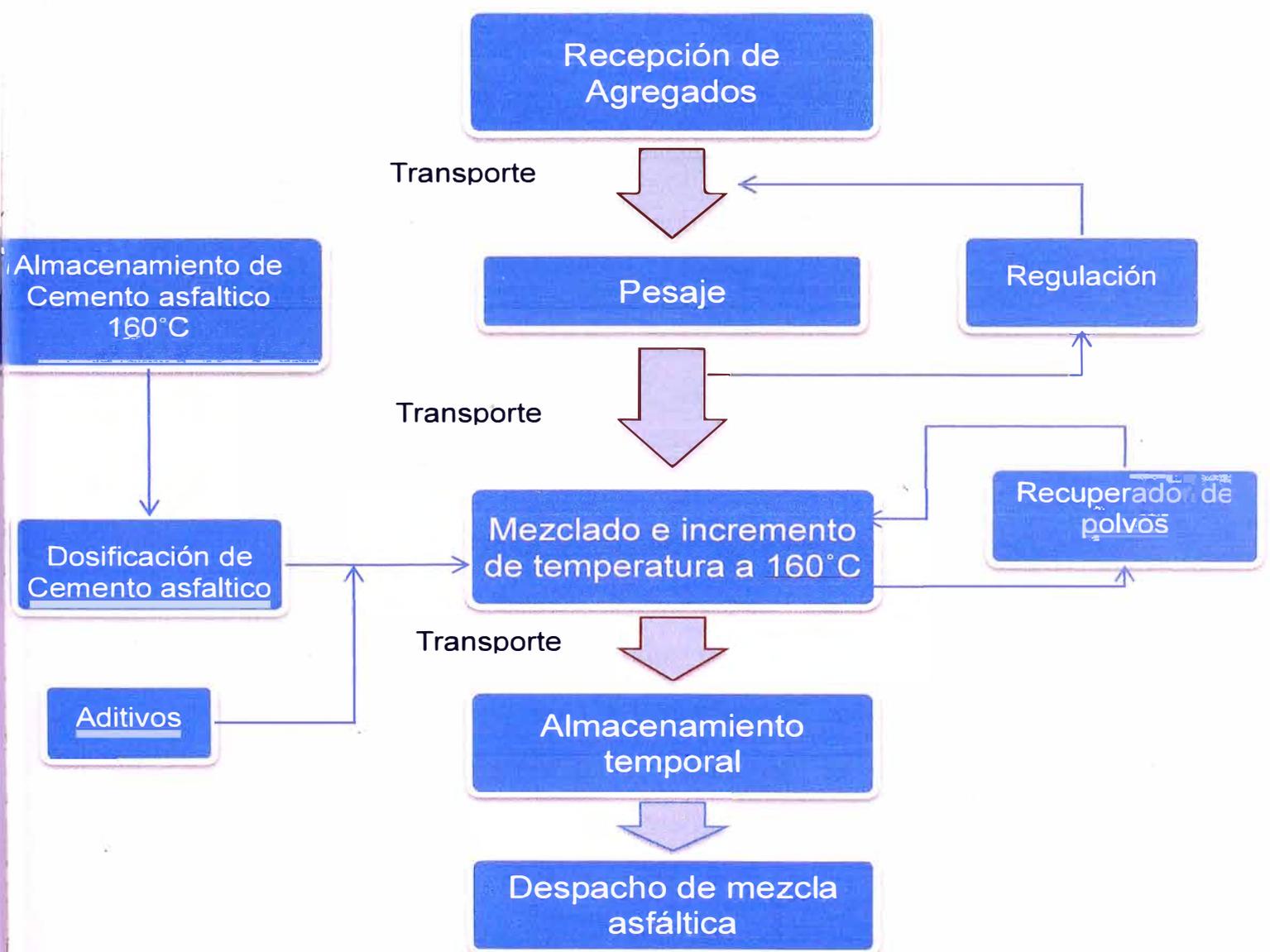


Fig. 3.1 Flujo de proceso productivo de la Planta de Asfalto BMG

3.3. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE ASFALTO

Una vista panorámica de la planta de asfalto se muestra en la **Fig. 3.2**. La **Fig. 3.3** muestra un diagrama de equipos principales de la planta de asfalto; además la cabina de control, 3 tanques de cemento asfáltico y 1 tanque de combustible IFO.

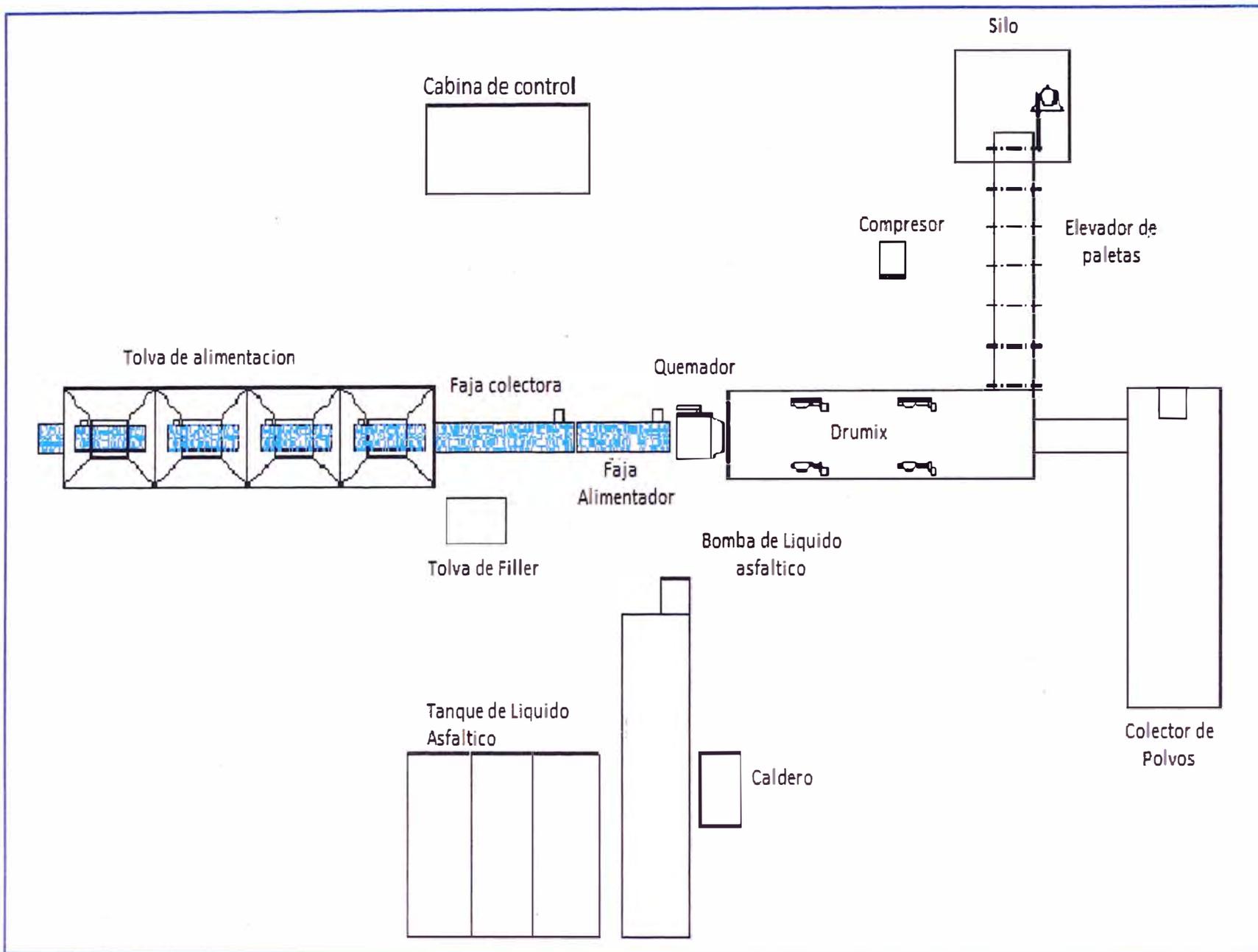


Fig. 3.2 Planta de Asfalto BMG

3.3.1. Sistema de alimentación y dosificación de agregados en frío.

Este sistema es el encargado de la captación de los agregados (**Fig. 3.4**), a temperatura ambiente, está compuesto por cuatro tolvas, En la parte inferior de cada tolva se encuentra una faja transportadora con la función de dosificar el tipo de agregado correspondiente, más abajo de las fajas dosificadoras se encuentra una faja transportadora denominada Faja Colectora que junta los agregados de las 4 tolvas, luego se transporta a otra faja transportadora denominada Faja Alimentadora, finalmente este se encarga de transportar el agregado al Drumix.

Fig. 3.3 Diagrama de los equipos principales de la planta de asfalto



Tolvas: son elementos en forma de tronco piramidal invertidos, con capacidad en volumen de 5 m^3 , dimensión de 8'x10' (pies). En estas tolvas es depositado cada uno de los agregados. La Faja Dosificadora, es accionada por una polea guía, la cual recibe potencia a través de motor -reductor cuya velocidad es controlada con un variador de velocidad desde la cabina de control. En el lado de la salida y en dirección donde corre la faja dosificadora está provista de compuertas encargadas de limitar la salida del agregado, con lo cual se consigue la dosificación necesaria.

Celda de Pesaje: una celda de pesaje es un dispositivo electrónico (transductor) que es utilizado para pesar la cantidad de los agregados, la cual es instalada en la parte inferior de la Faja Colectora. La unidad de medida puede ser tonelada / hora.

Faja Colectora: consiste en una faja transportadora donde son llevados todos los agregados ya dosificados en forma conjunta y uniforme.

Faja Alimentadora: consiste en una faja transportadora, donde recibe los agregados de la faja colectora y luego lo lleva al tambor mezclador (Drumix).

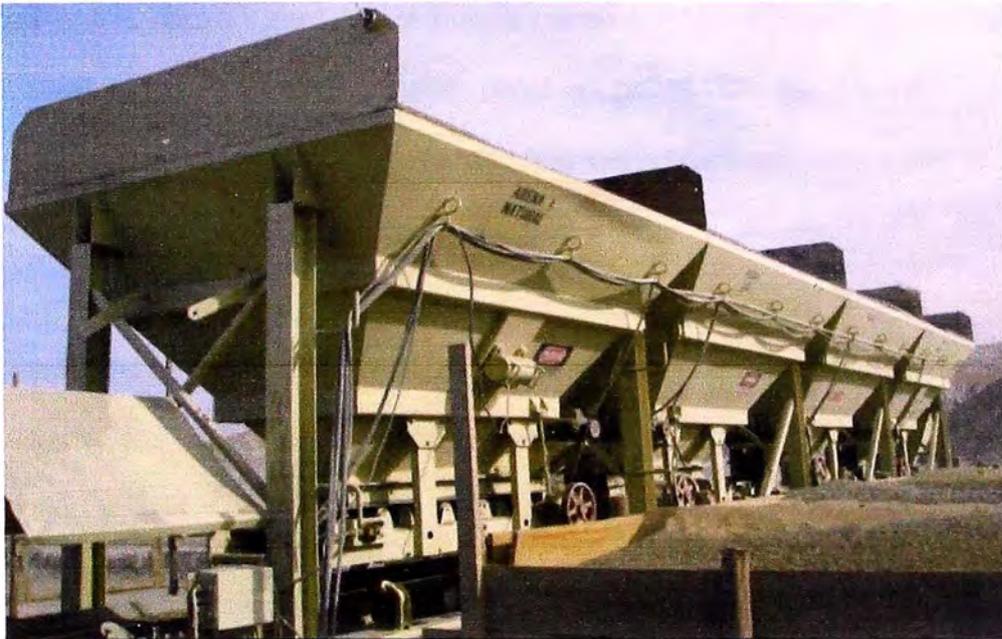


Fig. 3.4 Tolvas de alimentación

3.3.2. Tambor mezclador (Drumix).

Es el elemento de la planta donde después de haberse dosificado los agregados se realiza la mezcla homogénea de estos con el cemento asfáltico. Este proceso de mezcla se realiza a temperatura mayor de 160°C.

La estructura del tambor (**Fig. 3.5 y Fig. 3.6**) consiste en un cilindro metálico y dos anillos de acero, en estos últimos es donde el cilindro se apoya para rodar sobre 4 trunnions (rodillos) transmisores de fuerza. El tambor gira sobre su propio eje accionado por 2 motoreductores. En la primera sección interior están dispuestas las paletas que hacen que los agregados sean elevados y caigan obligatoriamente; el flujo de gases calientes provenientes del fuego del quemador, 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 hecha por la bomba dosificadora, en esta sección las

paletas 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.

Quemador: produce una llama de intensidad graduable, la cual hace posible el secado de los agregados y la elevación de la temperatura de la mezcla asfáltica.



Fig. 3.5 Tambor mezclador – Drumix



Fig. 3.6 Paletas de tambor mezclador

3.3.3. Elevador de paletas

El Elevador de Paletas (**Fig. 3.7**), tiene como función transportar la mezcla Asfáltica terminada que sale del Tambor Mezclador, hacia el depósito de descarga denominado silo de almacenamiento. El Elevador de Paletas consiste en un rectángulo metálico, en su interior posee una cadena equipada con paletas de arrastre, accionada por un motoredutor, y es montado de forma inclinada a 50 grados.



Fig. 3.7 Elevador de paletas

3.3.4. Colector de Polvos

El sistema Colector de Polvos es del tipo vía húmeda (**Fig. 3.8**), 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 Polvos. El sistema Colector de Polvos está 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 60 galones/minuto.

El agua y el flujo de gases forma una mezcla densa de agua y polvo, los cuales se remueven y se transfiere a los estanques de asentamiento; estos estanques están diseñados para permitir la remoción de las partículas sólidas del agua.

Estanque de asentamiento. Consiste en una fosa o depósito de concreto, su función es la decantación de sólidos, está compuesta 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 los depósitos o fosas cada cierto tiempo para liberar espacio.



Fig. 3.8 Colector de polvos

3.3.5. Dosificación de cemento asfáltico y tanques de almacenamiento

3.3.5.1. Dosificación de cemento asfáltico (CA)

La dosificación de cemento asfáltico, se realiza por medio de una bomba de engranajes (bomba asfáltica).

Bomba asfáltica: la bomba es de tipo engranajes, posee una cámara externa por donde circula aceite térmico para mantener la fluidez del CA (cemento asfáltico). La operación de la bomba, por lo general durante la operación de la planta es en el modo automático. 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:

- a. **Manual:** En este caso, la velocidad de la bomba puede controlarse a mano, a través de un botón creciente/decreciente desde la cabina de control.
- b. **Automático:** La velocidad de la bomba es controlada por el sistema de control. Como se indica en la Sección 3.3.8.
- c. **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 todos los residuos hacia el tanque. Este modo de régimen se realiza cuando no hay agregados pétreos a la temperatura de diseño en el Drumix, es decir cuando se inicia la producción hasta que el quemador eleve la temperatura alrededor de los 160°C o a la temperatura de diseño, y luego al finalizar la producción para cortar la alimentación de cemento asfáltico limpiando residuos en la tubería.

3.3.5.2. Tanques de almacenamiento

Las condiciones que se deben considerar para el almacenamiento de cemento asfáltico (CA) son: evitar el ingreso de agua, ventilación adecuada, contenedores debidamente cerrados y etiquetados. Los asfaltos deben ser manejados a la menor temperatura posible, teniendo en cuenta su uso eficiente. Cuando se está bombeando asfalto desde un tanque de almacenamiento se debe evitar el riesgo de fuego o explosión por la presencia de tubos calientes. Los tanques de asfalto se pueden calentar con aceite caliente, vapor, electricidad o con llama. Se debe realizar una inspección para asegurar que el tanque receptor tiene suficiente espacio vacío para contener carga.

El sistema de almacenamiento del cemento asfáltico consiste en tanques de almacenamiento (**Fig. 3.9**), provistos de dispositivos para calentar el cemento asfáltico hasta la temperatura de diseño. Los tanques son depósitos cilíndricos metálicos con aislante térmico, en este caso con fibra de vidrio; y equipadas con serpentines para mantener una temperatura adecuada de almacenamiento. Se tienen 3 tanques de almacenamiento de cemento asfáltico con la siguiente capacidad: 2 tanques de 13000 gal y 1 de 20000 gal, y para el almacenamiento de combustible (IFO 380) se tiene 1 tanque de 13000 gal.



Fig. 3.9 Tanques de almacenamiento

3.3.5.3. Sistema de calentamiento de cemento asfáltico

El cemento asfáltico para que pueda ser tratado como líquido debe tener una temperatura mayor a 100°C; para llegar a dicha temperatura se utiliza el aceite

térmico, el cual transfiere calor a los tanques de cemento asfáltico y también al combustible IFO-380 cuando sea necesario.

La caldera produce calor a través de su quemador para elevar la temperatura del aceite térmico, donde el mando de temperatura es automático según lo programado, el aceite térmico está constantemente circulando por todo el sistema intercambiando y transfiriendo calor a los tanques de cemento asfáltico, además las tuberías de CA están encamisadas con aceite térmico para mantener la temperatura elevada y en consecuencia la fluidez del CA. La bomba centrífuga es responsable de la circulación del aceite térmico para el sistema entero. La apertura y cierre de la circulación del aceite térmico en los tanques es hecho a través de las válvulas de compuerta que están en la entrada del serpentín de cada tanque; si la válvula está cerrada, el aceite térmico va hasta el siguiente tanque. En la **Fig. 3.10** se muestra un diagrama del sistema de calentamiento de CA.

Caldera. La caldera de aceite térmico (**Fig. 3.11**), es la responsable de la generación de calor que, a través del aceite térmico se transfiere al cemento asfáltico. Componentes principales de la caldera: A) Cámara de combustión para el calentamiento del aceite térmico; B) El quemador: está provisto con un turboventilador, una bomba de aceite diesel y un pico inyector, cerca de la salida.

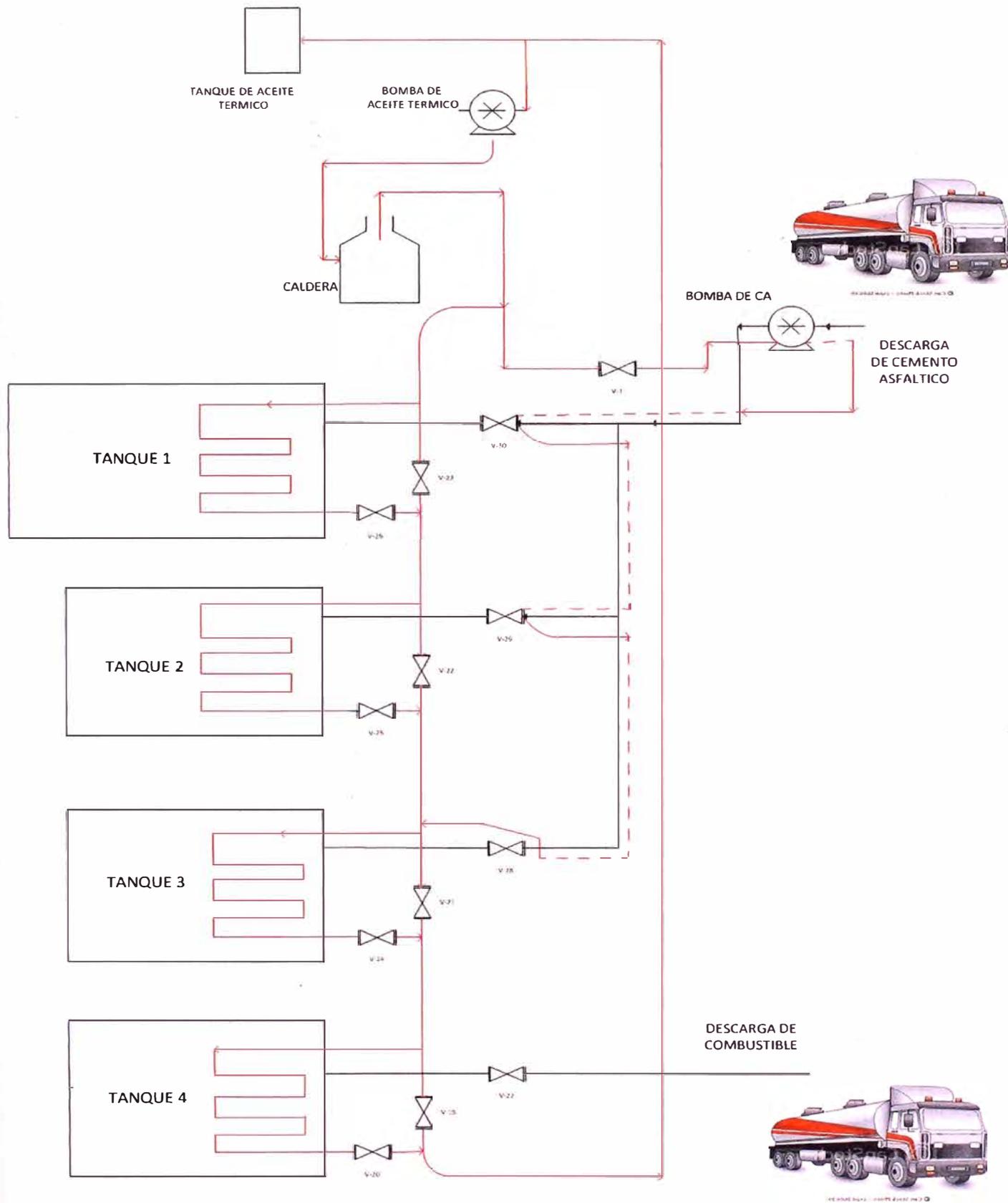


Fig. 3.10 Diagrama de sistema de calentamiento, carga y descarga de CA



Fig. 3.11 Caldera

3.3.5.4. Sistema de carga y descarga de cemento asfáltico

La carga y la descarga de cemento asfáltico hacia los tanques se llevan a cabo por medio de una sola bomba, claro que independiente a la bomba dosificadora, como se muestra en la **Fig. 3.12** y en el diagrama de la **Fig. 3.10**. Por lo regular solo se carga el tanque, en muy raras ocasiones es necesario vaciar el tanque; como por ejemplo cuando la planta se traslada. 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.

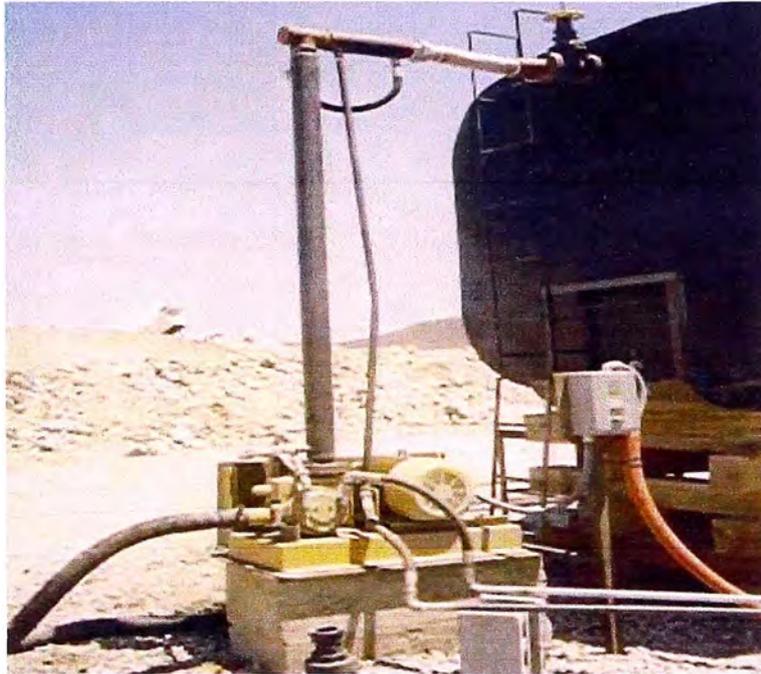


Fig. 3.12 Carga y descarga de cemento asfáltico

3.3.6. Silo de almacenamiento

Los silos de almacenamiento (**Fig. 3.13**) 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.

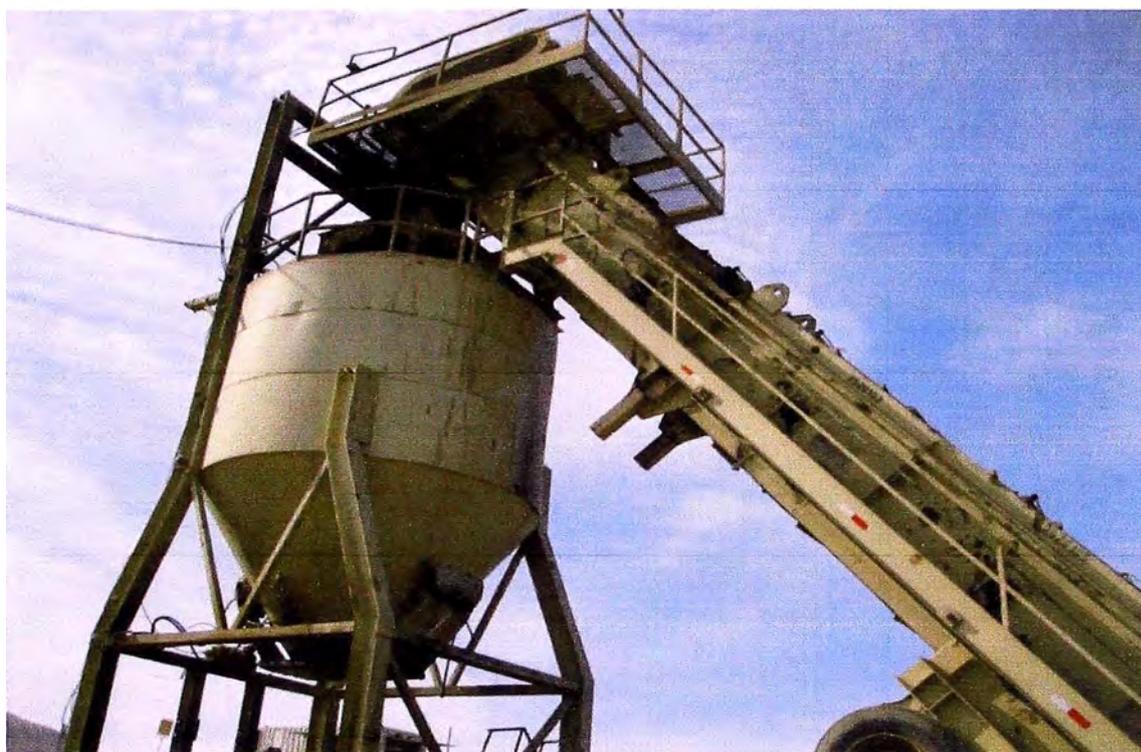


Fig. 3.13 Silo de almacenamiento

3.3.7. Cabina de control

En la cabina de control (**Fig. 3.14**) se encuentra el tablero eléctrico principal de todos los equipos, los variadores de velocidad, PLC, HMI, los mandos de la planta, y en conjunto el sistema de control, desde donde se pueden monitorear todas las operaciones de arranque, funcionamiento, acciones correctivas, parada de la planta, dosificación de agregados, dosificación de cemento asfáltico, inyección de combustible residual IFO (Intermediate Fuel Oil), temperatura de la mezcla asfáltica, despacho de la mezcla asfáltica en caliente (**Fig. 3.15**).

Los componentes del sistema de control, para la dosificación de agregados y dosificación de cemento asfáltico se detallan en la Sección 3.3.8



Fig. 3.14 Cabina de control



Fig. 3.15 Panel de control e indicadores de presión

3.3.8. Sistema de control con el HMI

El sistema de control está compuesto por el hardware (componentes físicos) y software. El hardware comprende el PLC y el HMI ; el software comprende los programas del computador, y se puede visualizar en la pantalla del HMI, desde

allí se monitorea y supervisa las operaciones de la Planta de Asfalto, permitiendo al personal, el sencillo control del proceso.

La función principal del sistema de control con el HMI en la planta de asfalto, es la de controlar la dosificación de agregados y la dosificación de cemento asfáltico, como se grafica en la **Fig. 3.16** y **Fig. 3.17**, mediante un sistema denominado SCADA. El procesador del sistema de control recibe una señal eléctrica de 0-20 mA de las balanzas (celda de pesaje) incorporada en las fajas de dosificación de la tolva de alimentación de agregados (input). Con la información de la velocidad de las fajas y de la carga de cada una de ellas, se calcula el flujo en Tonelada/hora de agregados y el cemento asfáltico a dosificar, estos datos se envían mediante señal digital a los variadores de velocidad (output), que controlan la velocidad del motor de las fajas de alimentación de agregado.

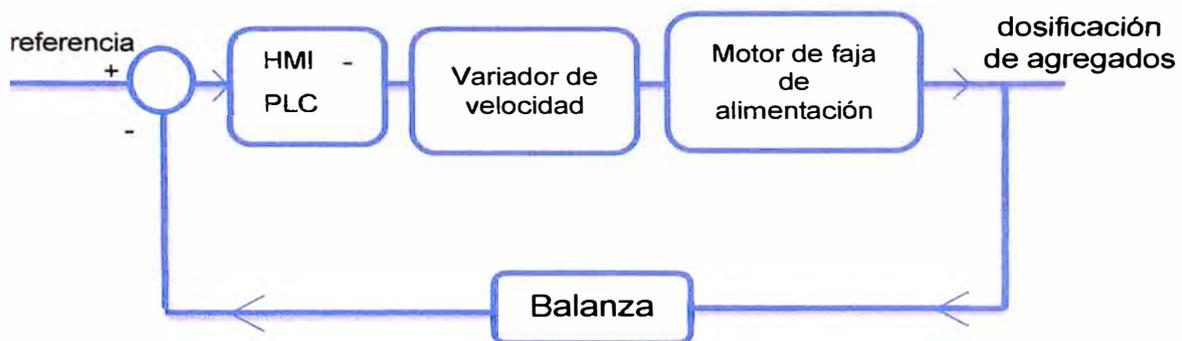


Fig. 3.16 Sistema de control dosificación de agregados

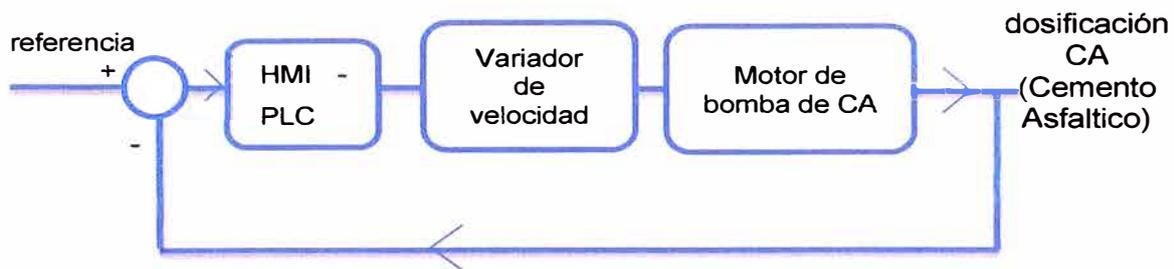


Fig. 3.17 Sistema de control dosificación de CA

En la pantalla del HMI se puede visualizar y registrar los siguientes parámetros:

- velocidad de motor de la faja de dosificación de agregados,
- velocidad de la bomba de dosificación de cemento asfáltico,
- temperatura del cemento asfáltico,
- temperatura de la mezcla asfáltica en la salida del tambor mezclador,
- temperatura de los gases,
- alarmas para valores irregulares de temperatura, ausencia de llama o por parada de algún motor.

El PLC (modelo BMX P34 1000), es la denominación dada al Controlador Lógico Programable, y se define como un equipo electrónico inteligente diseñado en base a microprocesadores, que consta de unidades o módulos que cumplen funciones específicas, tales como, una unidad central de procesamiento (CPU), módulos que permiten recibir información de todos los sensores y comandar todos los actuadores del sistema, además es posible agregarle otros módulos inteligentes para funciones de pre-procesamiento y comunicación. Los PLC, por su constitución de ser muy compactos, además cuentan con muy pocos componentes electromecánicos, por lo cual no requiere de un mantenimiento periódico.

HMI, significa “Human Machine Interface”, es decir es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina. Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso. En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI bastantes más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas.

Los variadores de velocidad (modelo Altivar 28), son dispositivos electrónicos que se usan para controlar la velocidad de los motores, y hasta no hace muchos años atrás esta variación se realizaba gracias a sistemas mecánicos como engranajes, fajas, poleas y piñones. Obtener como resultante la velocidad deseada implicaba realizar cálculos en el número de dientes, diámetros de los engranes, tensión adecuada en fajas etc. Lo cual dificultaba su utilización, incluyendo el mantenimiento constante lo cual implicaba tiempos de parada y elevado de costos en la producción. Gracias al desarrollo de los dispositivos electrónicos de potencia como lo son los IGBT (transistor bipolar de puerta aislada) y de los microprocesadores, que han permitido la solución a la necesidad de variar la velocidad de una manera sencilla, rápida, robusta y fiable.

El variador de velocidad presenta muchas ventajas como:

- Reducción en el consumo de energía eléctrica por efectos de reducción del pico del par de arranque.

- Mejoramiento de la rentabilidad y la productividad de los procesos productivos, debido a la posibilidad de aumentar la capacidad de producción incrementando la velocidad del proceso.

- Protección del motor por contar internamente con sistemas de protección además de permitirle mayor vida útil al motor por reducción de impactos mecánicos a través de la asignación de rampas de aceleración y desaceleración para eventos de arranque y parada.

- Ahorro en mantenimiento, por no contar con piezas mecánicas que puedan sufrir envejecimiento por desgaste mecánico.

- Posibilidad de realizar lazos de control y de interactuar con el proceso gracias a que actualmente muchos variadores de velocidad cuentan con funciones de control PID, además de activar señales de alarmas en casos de falla del proceso entre otras muchas posibilidades.

- Contar con la posibilidad de funciones de PLC básico, y de frenado dinámico.

- Tener accesibilidad y control desde cualquier punto de la planta a través del puerto RS485 Modbus que permite enlazarse con otros equipos.

3.3.8.1. Visualización de tolvas de alimentación en HMI

La pantalla del HMI, tiene la opción de visualizar las tolvas de alimentación de la materia prima, las 4 tolvas cuentan con un variador de velocidad Altivar 28 y su respectivo motor para la faja de alimentación, que alimentará a la faja principal (Fig. 3.18).

La lámpara de color verde se encenderá cuando el motor de cada faja alimentadora se encuentre encendido; y el cuadrado negro es el indicador luminoso cuando el vibrador de las tolvas entra en funcionamiento. El sensor que se visualiza en la parte inferior izquierda de cada tolva, es el sensor de estancamiento, cuando sea activado este parpadeará.

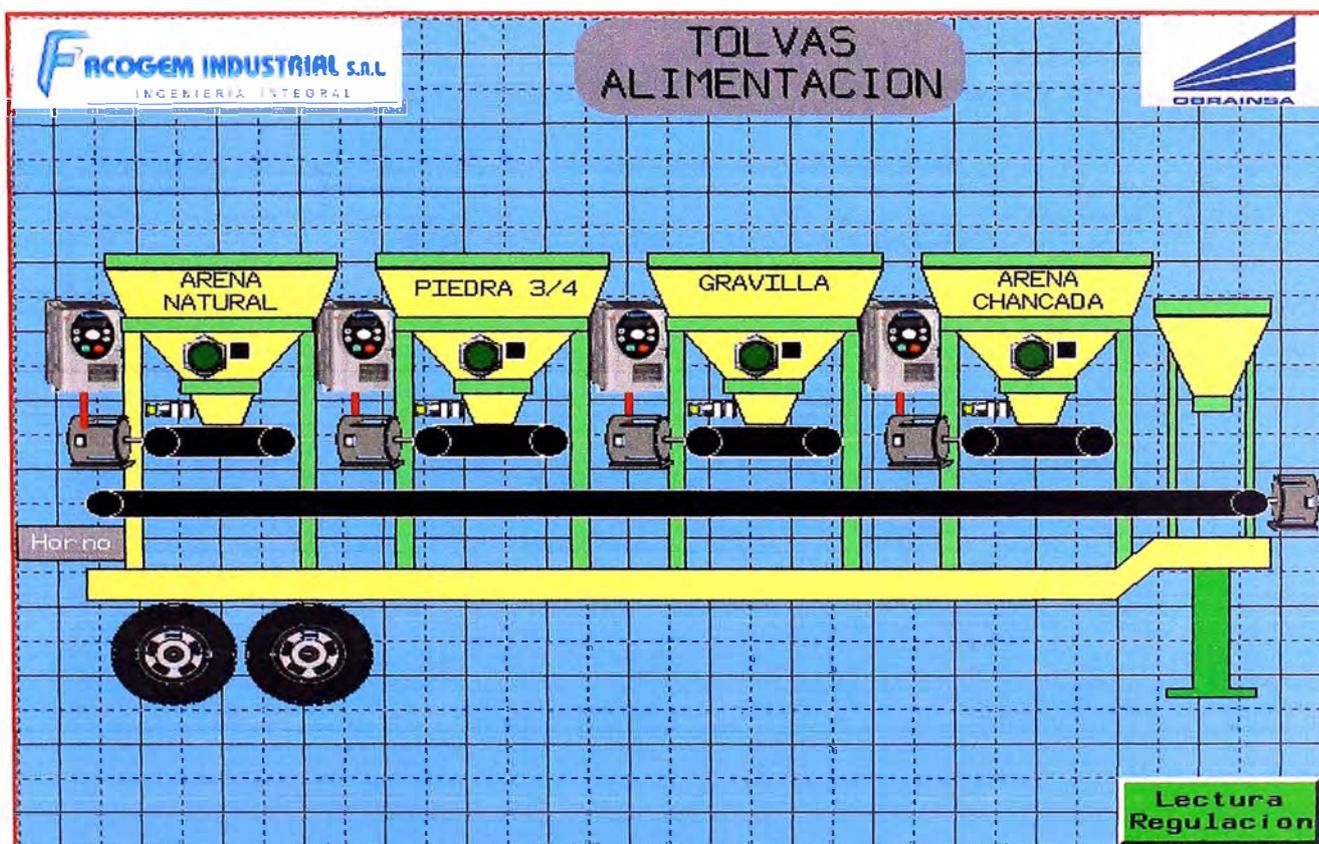


Fig. 3.18 Visualización de tolvas de alimentación

Además desde esta pantalla se indica los datos de placa de cada motor de las tolvas de alimentación y así como el horómetro que se acumula con el tiempo de funcionamiento (Fig. 3.19).

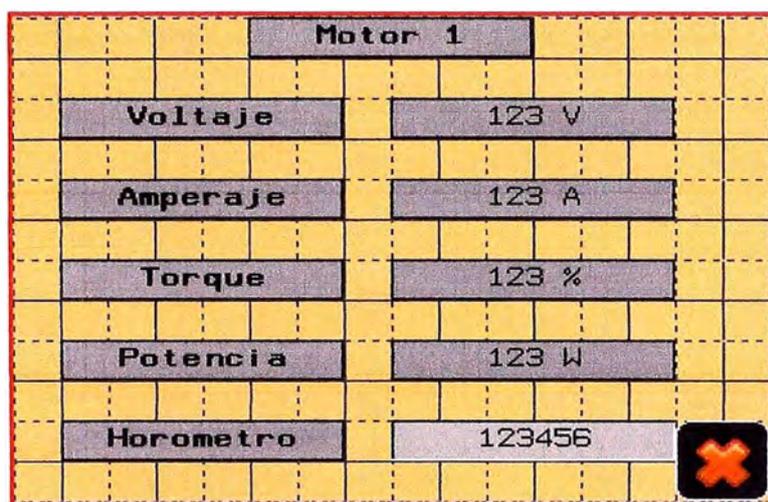


Fig. 3.19 Indicador de funcionamiento de motor de faja de alimentación

En la pantalla “LECTURA Y REGULACIÓN” (Fig. 3.20) se podrá visualizar y ajustar la velocidad de los motores de las fajas alimentadoras

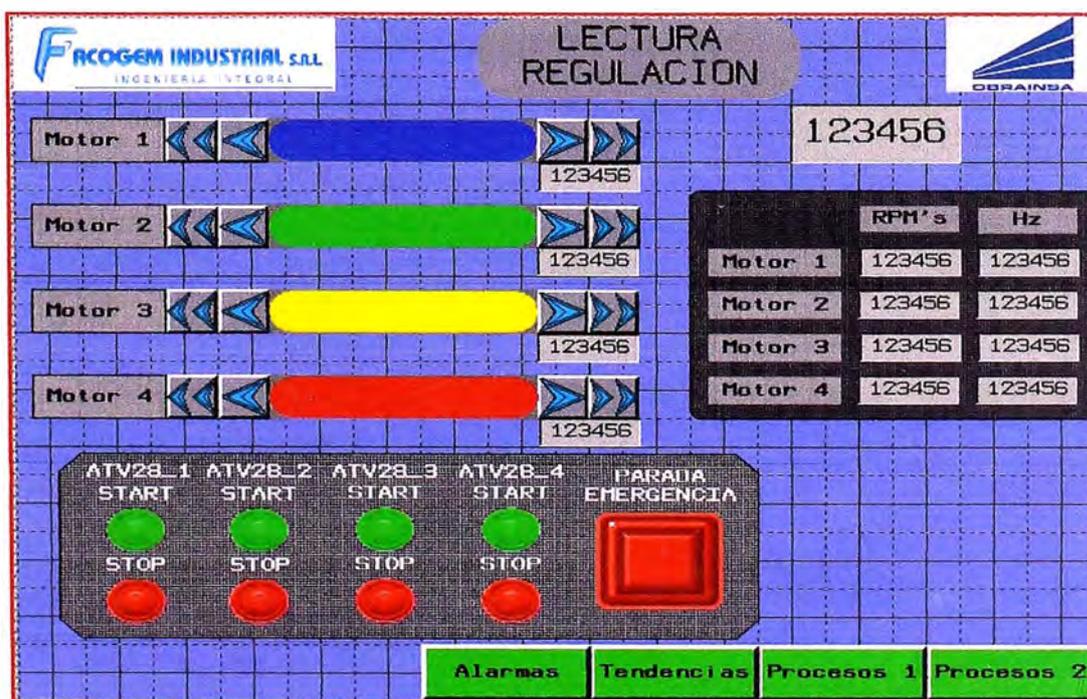


Fig. 3.20 Pantalla de HMI- Lectura y regulación

3.3.8.2. Visualización del proceso de mezclado en HMI

En esta pantalla se podrá visualizar el esquema del proceso de mezclado, a partir del horno hasta la descarga en los camiones (**Fig. 3.21**).

Además, en los recuadros negros se podrá visualizar una imagen del visualizador del PLC, tanto del procesador principal (BMX P34 1000) y las entradas y salidas discretas. El funcionamiento de cada parámetro es el siguiente:

- **RUN:**

Encendido (verde): Funcionamiento normal, PLC en estado RUN.

Parpadeando (verde): Programa en estado STOP, o error en el sistema.

Apagado (rojo): PLC no configurado.

- **ERR:**

Encendido (verde): Fallo detectado, del procesador o del sistema.

Parpadeando (verde): PLC no configurado o bloqueado.

Apagado (rojo): Estado normal.

- **I/O:**

Encendido (verde): Error de entrada o salida, o de configuración detectada.

Apagado (rojo): Estado normal.

- **SER COM:**
 - Parpadeando (verde): Intercambio de datos por puerto serial en proceso.
 - Apagado (rojo): Sin intercambio de datos por puerto serial.

- **CARDERR:**
 - Encendido (verde): Falta la tarjeta SD, no se reconoce la tarjeta SD o la información de la tarjeta SD es diferente a la del procesador.
 - Apagado (rojo): Se ha reconocido la tarjeta de memoria y su contenido es el mismo al del procesador.

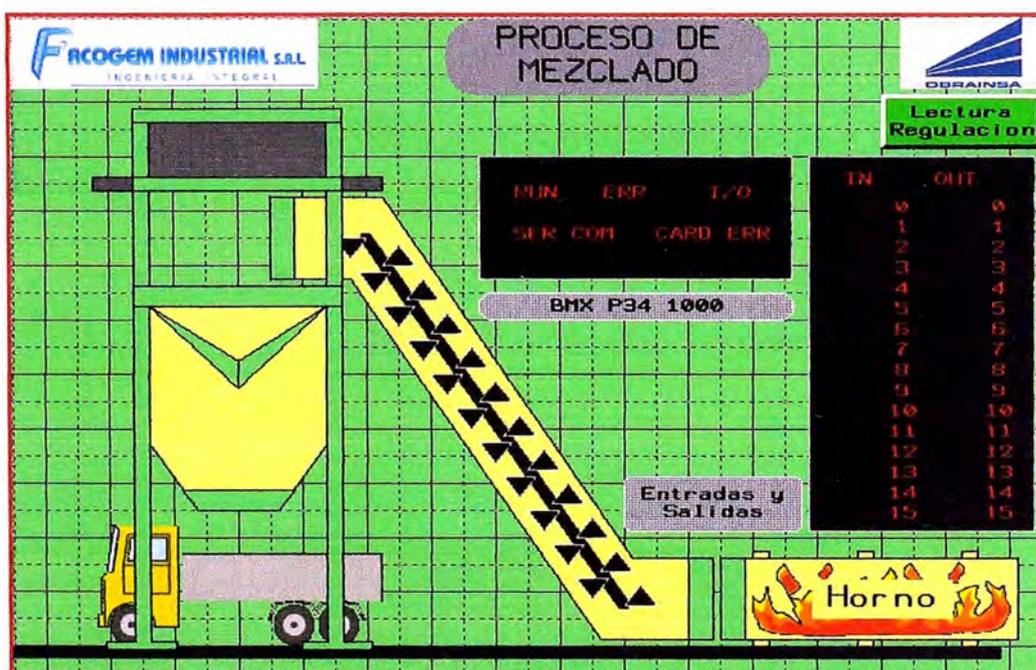


Fig. 3.21 Proceso de mezclado

3.3.8.3. Visualización de pantalla de alarmas en HMI

En esta pantalla se podrá visualizar la activación de las alarmas (Fig. 3.22), se ordenará en forma horaria y se podrán visualizar los siguientes datos:

Mensaje. Nombre de la alarma, en este caso solo se visualizarán 4 nombres de alarmas que serán de la activación de los sensores de estancamiento de las tolvas de materiales.

Fecha: Fecha de activación. El formato en el que aparecerá la fecha es el siguiente: año/mes/día.

Hora: Hora de activación. El formato de la hora es el siguiente:
hora:minuto:segundo

Estado: Estado de la alarma. En este parámetro se podrán visualizar 4 tipos:

- Activo: La alarma se encuentra activada.
- REC: La señal de alarma ha sido reconocida.
- RET: La alarma ha vuelto a la normalidad.
- NOREC: La alarma no ha sido reconocida pero ha vuelto a la normalidad.

Mensaje	Fecha	Hora	Estado
XXXXXXXXXX	aa/mm/dd	24:00:00	XXXXXXXXXX
XXXXXXXXXX	aa/mm/dd	24:00:00	XXXXXXXXXX
XXXXXXXXXX	aa/mm/dd	24:00:00	XXXXXXXXXX

Fig. 3.22 Alarma en HMI

3.4. INDICADORES DE MANTENIMIENTO ACTUAL

Disponibilidad. Con los reportes de mantenimiento del año 2011, se tiene la **Tabla 3.1**, con estos datos se calcula el indicador de disponibilidad de la planta de asfalto, el cual resulta lo siguiente:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{1447 - (351.6 + 64)}{1447}$$

$$\text{Disponibilidad} = 71\%$$

Tabla 3.1. Horas de producción y paradas de la planta de asfalto-plan de mantenimiento actual

Mes	Horas programado de trabajo	Horas según horometro	Horas de producción	Horas-mantenimiento preventivo	Horas-paradas no planificadas
Enero	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Febrero	1	0.98	0.96	0.00	0.00
Marzo	151	106.40	103.80	43.50	0.50
Abril	178	110.38	107.69	54.80	12.13
Mayo	137	86.83	84.71	48.80	1.17
Junio	29	18.07	17.63	10.37	0.00
Julio	74	59.07	57.63	0.00	14.50
Agosto	7	2.33	2.27	0.75	3.00
Septiembre	209	148.93	145.30	55.58	4.00
Octubre	169	124.09	121.06	38.00	6.00
Noviembre	339	257.05	250.78	67.80	13.70
Diciembre	158	116.32	113.48	32.00	9.00
Total acumulado	1,447	1,030.44	1,005.31	351.60	64.00

Las horas en mantenimiento preventivo usado en el plan de mantenimiento actual representan un número elevado (351.6 horas), la razón es porque no se tiene procedimientos documentados de los trabajos a realizarse, el mantenimiento se efectúa básicamente con el conocimiento y experiencia del personal de planta de asfalto.

3.5. CALIFICACIÓN DEL PERSONAL

Este punto es importante en la toma de decisiones para la calificación de los operadores, que son quienes tendrán a su cargo la misión de salvaguardar el buen funcionamiento de la Planta de Asfalto BMG. El personal se selecciona de acuerdo a sus aptitudes y conocimientos de cada equipo.

Sabiendo las necesidades para la ejecución de los programas de mantenimiento, se pueden adelantar o posponer acciones. Actualmente en la Planta de Asfalto BMG se tiene el siguiente personal, encargados de la producción y el mantenimiento:

Encargado de la planta de asfalto. Personal calificado, encargado de cumplir con el mantenimiento, generar las ordenes de trabajo, distribuir las tareas diarias, supervisar los trabajos de producción de mezcla asfáltica considerando la seguridad del personal y conservación del medio ambiente, además de facilitar las tareas del personal de la planta de asfalto.

Operador de la planta de asfalto. 1 técnico calificado, encargado de operar la planta de asfalto, además de conocer la ubicación y función de todos los equipos la planta de asfalto, para responder ante cualquier eventualidad o falla.

Operador de caldero. 2 personas, en turno diurno y nocturno, son encargados de operar el caldero de aceite térmico y asegurar el correcto funcionamiento del sistema de calentamiento de cemento asfáltico.

Soldador. 1 soldador calificado y 1 soldador de menor calificación, quienes estarán permanentemente en la planta de asfalto, para trabajos de mantenimiento y fallas o paradas no planificadas de planta.

Mecánico. 2 mecánicos permanentes en la planta de asfalto, encargados del mantenimiento y respuestas ante paradas no planificadas, además de apoyar en la producción de mezcla asfáltica.

Electricista. 1 electricista, encargado de verificar el correcto funcionamiento del sistema eléctrico, mantenimiento en la parte eléctrica y respuestas ante paradas no planificadas, además de apoyar en la producción de mezcla asfáltica.

Ayudantes: 6 ayudantes, principalmente para la producción de mezcla asfáltica, y apoyo en el mantenimiento de los equipos.

Operador de cargador frontal. 1 personal, encargado de alimentar agregados a la tolva de alimentación, solo para trabajo en la producción de mezcla asfáltica.

3.6. ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS DETECTADOS.

La Planta de Asfalto BMG, no cuenta con un plan de mantenimiento documentado, el mantenimiento que se tiene, está limitado a la limpieza, lubricación y otras actividades; se espera que la falla ocurra para corregirla, como consecuencia genera pérdidas económicas por parada de planta o producción. Así mismo como no tiene los tiempos óptimos requeridos para las diferentes actividades de mantenimiento no puede determinar las horas-hombre necesarias al mes o semanales para los talleres

(mecánico, instrumentación y eléctrico); no se cuentan con las herramientas, instrumentos e implementos que faciliten la labor de los trabajadores.

Se detectaron problemas de conocimiento en mantenimiento y operación del equipo en el personal de la Planta de Asfalto BMG, por lo que se requiere una capacitación. Además el sistema de gestión de mantenimiento EAM- ORACLE, solo lo conocen los encargados del área, con acceso limitado para losa los trabajadores y algunas veces para los supervisores de obra del área de plantas industriales, no permitiendo la revisión de la información recabada en el sistema para su comparación con la experiencia del personal.

CAPÍTULO 4

DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La plantas de asfalto es un conjunto de elementos, dispositivos, mecanismos, equipos y sistemas dispuestos apropiadamente para producir mezcla asfáltica en caliente; por esta razón 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 productivo es de mucha importancia, pero no se puede 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.

4.1. CODIFICACIÓN DE EQUIPOS

Los equipos en la empresa se clasifican en 4 Líneas las cuales integran Plantas Industriales, Equipo pesado, Equipos de transporte y Equipos Menores, y a su vez las Líneas se subdivide en familias. La Planta de Asfalto BMG pertenece a la Línea de Plantas Industriales, sin embargo los equipos menores y subsistemas de la planta de asfalto no tienen una codificación e identificación, por lo que se hace necesario realizar esta tarea antes de formular la propuesta de un plan de mantenimiento.

Los códigos actuales de los equipos se muestran en la **Tabla 4.1**.

La clasificación actual de la planta de asfalto es la siguiente:

- Línea: Plantas Industriales,
- Código de línea: EQPL,
- Familia: Planta de Asfalto BMG de 180 Ton/hr,
- Código de familia: 201

Tabla 4.1. Código actual de la Planta de Asfalto BMG

CÓDIGO EAM	DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LOS EQUIPOS	CÓDIGO FAMILIA	COD LÍNEA
201002001	PLANTA DE ASFALTO BMG 250	201	EQPL
201002003	TOLVA DE ALIMENTACIÓN	201	EQPL
201002004	DRUM MIX (Tambor Mezclador)	201	EQPL
201002005	ELEVADOR DE PALETAS	201	EQPL
201002006	SILO DE ASFALTO	201	EQPL
201002007	DECANTADOR DE FINOS	201	EQPL
216002002	BOMBA DE ASFALTO	201	EQPL
212002006	TANQUE DE ASFALTO BMG 15000 GL	201	EQPL
212002001	TANQUE DE ASFALTO SVC 13000 GL	201	EQPL
212002004	TANQUE DE ASFALTO SVC 13000 GL	201	EQPL
212002005	TANQUE DE ASFALTO SVC 13000 GL	201	EQPL

4.1.1. Sistemas y subsistemas principales de la planta de asfalto

Los sistemas y subsistemas (**Tabla 4.2**) representan unidades de importancia dentro del conjunto global de la Planta de Asfalto BMG, dentro de estos subsistemas podemos encontrar diferentes equipos, como lo son generalmente: motores, reductores, bombas, transportes, tableros de potencia y de mando, etc.

Tabla 4.2. Clasificación de subsistemas

EQUIPOS/SISTEMAS	CÓDIGO	SUBSISTEMAS
CABINA DE CONTROL	TEE	Tablero distribución de fuerza
	PAN	Panel de control y Sistema de control
TOLVA DE ALIMENTACIÓN / SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGREGADOS	SFD1	Sistema de faja dosificadora 1
	SFD2	Sistema de faja dosificadora 2
	SFD3	Sistema de faja dosificadora 3
	SFD4	Sistema de faja dosificadora 4
	SFD5	Sistema de faja colectora
	SFD6	Sistema de faja alimentadora
	SFD7	Sistema dosificación de filler
DRUMIX	SCA1	Sistema de calentamiento de agregados
	TAM	Tambor mezclador
ELEVADOR DE PALETAS	ELP	Transporte de mezcla asfáltica
SILO	SIA	Silo de almacenamiento
	SNE	Sistema neumático
COLECTOR DE POLVOS	RCF	Recuperador de finos
	ECP	Extractor de polvos
	SCR	Sistema de riego
TANQUES DE ASFALTO Y COMBUSTIBLE	SDA	Sistema de dosificación de cemento asfáltico
	SAA	Sistema de almacenamiento de cemento asfáltico
	SDE	Sistema de descarga de cemento asfáltico
	SCA2	Sistema de calentamiento de cemento asfáltico

4.1.2. Especificación de códigos de equipos y componentes

El propósito de la especificación de códigos que se detalla en la **Tabla 4.3**, es establecer como propuesta un sistema de asignación de letras en la designación de equipos (ítem), y materiales para su identificación, clasificación y archivo.

Tabla 4.3. Especificación de códigos de equipos

CÓDIGO	EQUIPOS Y COMPONENTES	ESPECIALIDAD
AF	Variadores de frecuencia	instrumentación
CA	Compresor de aire	mecánico
CL	Caldera	mecánico
CQ	Quemador	mecánico
CP	Elevador de paletas	mecánico
DT	Tablero de distribución	eléctrico
FA	Tolva de alimentación	mecánico
FF	Faja transportadora	mecánico
FFM	Motor eléctrico de faja transportadora	eléctrico
FFR	Reductor de faja transportadora	mecánico
FT	Transportador de tornillo	eléctrico
FTM	Motor eléctrico de transportador tornillo	mecánico
FTR	Reductor de transportador tornillo	mecánico
JB	Balanza de faja	instrumentación
JM	Instrumentos de medición	instrumentación
LF	Filtro sistema de lubricación	mecánico
PV	Bombas, ventiladores, soplador	mecánico
PVM	Motor eléctrico de bombas, ventiladores	eléctrico
SA	Silo de almacenamiento	mecánico
SM	Estructura mecánica	mecánico
TA	Tanques de almacenamiento	mecánico
XE	Trasformador de distribución	eléctrico
ZE	Misceláneos de electricidad	eléctrico
ZI	Equipos de instrumentación	instrumentación
ZM	Elementos mecánicos varios	mecánico
ZV	Válvula de control	instrumentación

4.1.3. Listado de códigos de equipos y componentes

Una vez definidos los pasos que permiten realizar en forma más eficiente y rápida la codificación se inicia el proceso de codificación, para esto se elige uno de los equipos

o sistemas a codificar y luego se continúa con el resto de los equipos. Los códigos propuestos se muestran de la **Tabla 4.4** a la **Tabla 4.11**

Tabla 4.4. Listado de códigos de equipos – cabina de control

TAG	DESCRIPCIÓN	REVISION
201-AF-101	Variador de velocidad de Faja Dosificadora 1	A0
201-AF-102	Variador de velocidad de Faja Dosificadora 2	A0
201-AF-103	Variador de velocidad de Faja Dosificadora 3	A0
201-AF-104	Variador de velocidad de Faja Dosificadora 4	A0
201-AF-105	Variador de velocidad de Tornillo Sin Fin	A0
201-DT-101	Tablero eléctrico de fuerza	A0
201-DT-102	Subestación eléctrica	A0
201-ZI-101	PLC - Control de dosificación	A0
201-ZI-102	HMI Sistema de control de dosificación	A0
201-ZI-104	Panel de control quemador	A0
201-ZI-105	Visor de temperatura 1 de la mezcla asfáltica	A0
201-ZI-106	Visor de temperatura 2 de la mezcla asfáltica	A0
201-ZI-107	Visor de temperatura en el recuperador de finos	A0
201-ZI-108	Visor de voltaje de alimentación a la planta	A0
201-ZI-109	Visor de amperaje de motor de Drumix	A0

Tabla 4.5. Listado de códigos de equipos - alimentación de agregados

TAG	EQUIPO	REVISION
201-FA-201	Tolva de Alimentación 1	A0
201-FF-201	Faja Dosificadora 1	A0
201-FFM-201	Motor eléctrico de Faja Dosificadora 1	A0
201-FFR-201	Reductor de Faja Dosificadora 1	A0
201-FA-202	Tolva de Alimentación 2	A0
201-FF-202	Faja Dosificadora 2	A0
201-FFM-202	Motor eléctrico de Faja Dosificadora 2	A0
201-FFR-202	Reductor de Faja Dosificadora 2	A0
201-FA-203	Tolva de Alimentación 3	A0
201-FF-203	Faja Dosificadora 3	A0
201-FFM-203	Motor eléctrico de Faja Dosificadora 3	A0
201-FFR-203	Reductor de Faja Dosificadora 3	A0
201-FA-204	Tolva de Alimentación 4	A0
201-FF-204	Faja Dosificadora 4	A0
201-FFM-204	Motor eléctrico de Faja Dosificadora 4	A0
201-FFR-204	Reductor de Faja Dosificadora 4	A0
201-FF-205	Faja Colectora	A0
201-FFM-205	Motor eléctrico de Faja Colectora	A0
201-FFR-205	Reductor de Faja Colectora	A0
201-JB-205	Balanza tipo S	A0
201-ZI-205	Sensor de velocidad de Faja Colectora	A0
201-FF-206	Faja de alimentación	A0
201-FFM-206	Motor eléctrico de Faja de Alimentación	A0
201-FFR-206	Reductor de Faja de Alimentación	A0
201-FA-207	Tolva de alimentación de filler	A0
201-FT-207	Transporte de filler tipo Tornillo Sin Fin	A0
201-FTM-207	Motor eléctrico de Tornillo Sin Fin	A0
201-FTR-207	Reductor de motor Tornillo Sin Fin	A0

Tabla 4.6 . Listado de códigos de equipos -Tambor mezclador (Drumix)

TAG	EQUIPO	REVISION
201-CQ-301	Quemador de mezcla asfáltica	A0
201-PV-301	Soplador de quemador	A0
201-PVM-301	Motor eléctrico de ventilador de quemador	A0
201-PV-304	Bomba de engranaje de combustible	A0
201-PVM-304	Motor eléctrico de bomba de combustible	A0
201-ZV-304	Válvula reguladora de presión de combustible	A0
201-JM-304	Manómetro de combustible en quemador	A0
201-JM-304	Manómetro de presión aire	A0
201-SM-309	Tambor mezclador - estructura	A0
201-SMR-309	Reductor tambor mezclador	A0
201-SMM-309	Motor eléctrico 40 HP de tambor mezclador	A0

Tabla 4.7 . Listado de códigos de equipos- Elevador de Paletas

TAG	EQUIPO	REVISION
201-CPM-401	Motor eléctrico	A0
201-CPR-401	Reductor	A0
201-CP-401	Transporte - Elevador de Paletas	A0

Tabla 4.8 . Listado de códigos de equipos- Silo

TAG	EQUIPO	REVISION
201-SA-501	Estructura Silo 1 , volumen 1 m^3	A0
201-SA-502	Estructura Silo 2 , volumen 16 m^3	A0
201-ZM-503	Cilindro neumático 1 de la compuerta 1	A0
201-ZM-504	Cilindro neumático 2 de la compuerta 1	A0
201-ZM-505	Cilindro neumático 1 de la compuerta 2	A0
201-ZM-506	Cilindro neumático 2 de la compuerta 2	A0
201-CA-507	Compresor	A0
201-ZV-509	Válvula Solenoide 1	A0
201-ZV-510	Válvula Solenoide 2	A0

Tabla 4.9. Listado de códigos de equipos- Colector de Polvos

TAG	EQUIPO	REVISION
201-FTM-601	Motor eléctrico de Tornillo Sin Fin - recuperador de finos	A0
201-FTR-601	Reductor en Tornillo Sin Fin	A0
201-FT-601	Tornillo Sin Fin recuperador de finos	A0
	Termocupla en recuperador de finos	
201-PV-604	Rotor ventilador	A0
201-PVM-604	Motor eléctrico de ventilador	A0
201-ZM-605	Válvula de mariposa	A0
201-PV-609	Bomba centrifuga de agua	A0
201-PVM-609	Motor de bomba centrifuga	A0
201-ZM-611	Tanque- Colector de Polvos	A0

Tabla 4.10 . Listado de código de equipos-Sistema de dosificación de cemento asfáltico

TAG	EQUIPO	REVISION
201-PV-701	Bomba de engranes de asfalto, Viking	A0
201-PVM-701	Motor eléctrico 10HP	A0
201-ZM-703	Trampa-filtro de malla de cemento asfaltico	A0
201-ZM-704	Válvula de alivio	A0

Tabla 4.11. Listado de código de equipos-Tanques de almacenamiento y calentamiento de cemento asfáltico.

TAG	EQUIPO	REVISION
212-TA-710	Tanque de Asfalto 1 de 20000 galones	A0
212-TA-711	Tanque de Asfalto 2 de 13000 galones	A0
212-TA-712	Tanque de Asfalto 3 de 13000 galones	A0
212-TA-713	Tanque de combustible de 13000 galones	A0
201-JM-714	Termómetro de tanque de asfalto 1	A0
201-JM-715	Termómetro de tanque de asfalto 2	A0
201-JM-716	Termómetro de tanque de asfalto 3	A0
201-JM-717	Termómetro de combustible de Quemador	A0
201-PV-718	Bomba de engrane de asfalto	A0
201-PVM-718	Motor eléctrico	A0
201-CL-720	Caldero	A0
201-PV-721	Bomba centrifuga de aceite térmico	A0
201-PVM-721	Motor de bomba de aceite térmico	A0

4.2. CRITICIDAD DE EQUIPOS DE LA PLANTA DE ASFALTO

En la **Tabla 4.12** hasta la **Tabla 4.18**, se muestra la criticidad de los equipos pertenecientes a Planta de Asfalto BMG. El método y cálculo para la determinación de las criticidades es indicado en la Sección 2.4.

Tabla 4.12. Criticidad de equipos-cabina de control

SUBSISTEMA	TAG	EQUIPOS/COMPONENTES	PUNTAJE / CRITICIDAD	
TABLERO DISTRIBUCIÓN DE FUERZA	201-DT-101	Tablero eléctrico de fuerza	19	A
	201-DT-102	Subestación eléctrica	14	B
SISTEMA DE CONTROL	201-AF-101	Variador de velocidad de Faja Dosificadora 1	14	B
	201-AF-102	Variador de velocidad de Faja Dosificadora 2	14	B
	201-AF-103	Variador de velocidad de Faja Dosificadora 3	14	B
	201-AF-104	Variador de velocidad de Faja Dosificadora 4	14	B
	201-AF-105	Variador de velocidad de Tornillo Sin Fin	14	B
	201-ZI-101	PLC - Control de dosificación	14	B
	201-ZI-102	HMI- Dosificación de agregados y cemento asfáltico	15	B
	201-ZI-103	Indicador de temperatura	10	C
	201-ZI-104	Panel de control quemador	10	C

Tabla 4.13. Criticidad de equipos-sistema de alimentación de agregados

SUBSISTEMA	TAG	EQUIPOS/COMPONENTES	PUNTAJE /CRITICIDAD	
SISTEMA DE FAJA DOSIFICADORA 1	201-FA-201	Tolva de Alimentación 1	8	C
	201-FF-201	Faja Dosificadora 1	15	B
	201-FFM-201	Motor eléctrico de Faja Dosificadora 1	14	B
	201-FFR-201	Reductor de Faja Dosificadora 1	15	B
SISTEMA DE FAJA DOSIFICADORA 2	201-FA-202	Tolva de Alimentación 2	8	C
	201-FF-202	Faja Dosificadora 2	15	B
	201-FFM-202	Motor eléctrico de Faja Dosificadora 2	14	B
	201-FFR-202	Reductor de Faja Dosificadora 2	13	B
SISTEMA DE FAJA DOSIFICADORA 3	201-FA-203	Tolva de Alimentación 3	8	C
	201-FF-203	Faja Dosificadora 3	15	B
	201-FFM-203	Motor eléctrico de Faja Dosificadora 3	14	B
	201-FFR-203	Reductor de Faja Dosificadora 3	13	B
SISTEMA DE FAJA DOSIFICADORA 4	201-FA-204	Tolva de Alimentación 4	8	C
	201-FF-204	Faja Dosificadora 4	15	B

Tabla 4.13. (Continuación)

SUBSISTEMA	TAG	EQUIPOS/COMPONENTES	PUNTAJE /CRITICIDAD	
SISTEMA DE FAJA DOSIFICADORA 4	201-FFM-204	Motor eléctrico de Faja Dosificadora 4	14	B
	201-FFR-204	Reductor de Faja Dosificadora 4	13	B
SISTEMA DE FAJA COLECTORA	201-FF-205	Faja Colectora	15	B
	201-FFM-205	Motor eléctrico de Faja Colectora	14	B
	201-FFR-205	Reductor de Faja Colectora	13	B
	201-JB-205	Balanza tipo S	13	B
	201-ZI-205	Sensor de Velocidad de Faja Colectora	10	C
SISTEMA DE FAJA ALIMENTADORA	201-FF-206	Faja de Alimentación	8	C
	201-FFM-206	Motor eléctrico de Faja de Alimentación	14	B
	201-FFR-206	Reductor de Faja de Alimentación	12	B
SISTEMA DOSIFICACION DE FILLER	201-FA-207	Tolva de Alimentación de Filler	9	C
	201-FT-207	Transporte de filler tipo Tornillo Sin Fin	15	B
	201-FTM-207	Motor eléctrico de Tornillo Sin Fin	14	B
	201-FTR-207	Reductor de Motor Tornillo Sin Fin	12	B

Tabla 4.14. Criticidad de equipos- Drumix

SUBSISTEMA	TAG	EQUIPOS/COMPONENTES	PUNTAJE /CRITICIDAD	
SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGREGADOS	201-CQ-301	Quemador de mezcla asfáltica	17	A
	201-PV-301	Soplador de Quemador	13	B
	201-PVM-301	Motor eléctrico de ventilador de Quemador	14	B
	201-PV-304	Bomba de engranaje de combustible	17	A
	201-PVM-304	Motor eléctrico de bomba de combustible	15	B
	201-ZV-304	Válvula reguladora de presión de combustible	10	C
	201-JM-304	Manómetro de combustible en Quemador	8	C
	201-JM-304	Manómetro de combustible en Quemador	8	C
TAMBOR MEZCLADOR	201-SM-309	Tambor mezclador - estructura	19	A
	201-SMR-309	Reductor tambor mezclador	15	B
	201-SMM-309	Motor Eléctrico 40 HP de tambor mezclador	18	A

Tabla 4.15. Criticidad de equipos-Elevador de Paletas

SUBSISTEMA	TAG	EQUIPOS/COMPONENTES	PUNTAJE /CRITICIDAD	
TRANSPORTE DE MEZCLA ASFÁLTICA	201-CPM-401	Motor eléctrico	16	A
	201-CPR-401	Reductor	15	B
	201-CP-401	Transporte - Elevador de Paletas	19	A

Tabla 4.16. Criticidad de equipos-Silo de almacenamiento/sistema neumático

SUBSISTEMA	TAG	EQUIPOS/COMPONENTES	PUNTAJE /CRITICIDAD	
SILO DE ALMACENAMIENTO	201-SA-501	Estructura Silo 1, volumen 1 m ³	9	C
	201-SA-502	Estructura Silo 2, volumen 16 m ³	8	C
SISTEMA NEUMATICO	201-ZM-503	Cilindro neumático 1 de la compuerta 1	17	A
	201-ZM-504	Cilindro neumático 2 de la compuerta 1	17	A
	201-ZM-505	Cilindro neumático 1 de la compuerta 2	17	A
	201-ZM-506	Cilindro neumático 2 de la compuerta 2	17	A
	201-CA-507	Compresor	16	A
	201-ZV-509	Válvula Solenoide 1	14	B
	201-ZV-510	Válvula Solenoide 2	14	B

Tabla 4.17. Criticidad de equipos-Colector de Polvos

SUBSISTEMA	TAG	EQUIPOS/COMPONENTES	PUNTAJE /CRITICIDAD	
RECUPERADOR DE FINOS	201-FTM-601	Motor eléctrico de Tornillo Sin Fin - recuperador de finos	15	B
	201-FTR-601	Reductor en Tornillo Sin Fin	15	B
	201-FT-601	Tornillo Sin Fin recuperador de finos	14	B
EXTRACTOR DE POLVOS	201-PV-604	Rotor ventilador	11	B
	201-PVM-604	Motor eléctrico de ventilador	15	B
	201-ZM-605	Válvula de mariposa	8	C
SISTEMA DE RIEGO	201-PV-609	Bomba centrífuga de agua	12	B
	201-PVM-609	Motor de bomba centrífuga	15	B
	201-ZM-611	Tanque- colector de polvos	9	C

Tabla 4.18. Criticidad de equipos-tanques de almacenamiento y sus sistemas

SUBSISTEMA	TAG	EQUIPOS/COMPONENTES	PUNTAJE /CRITICIDAD	
SISTEMA DE DOSIFICACION DE CEMENTO ASFALTICO	201-PV-701	Bomba de engranes de asfalto, Viking	18	A
	201-PVM-701	Motor eléctrico 10HP	14	B
	201-ZM-703	Trampa-filtro de malla de cemento asfáltico	9	C
	201-ZM-704	Válvula de alivio	14	B
	201-ZM-705	Tanque de aceite hidráulico	10	C
	201-ZE-707	Selector manual ON/OFF de bomba de asfalto	10	C
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CEMENTO ASFALTICO	212-TA-710	Tanque de asfalto 1 de 20000 Gln	10	C
	212-TA-711	Tanque de asfalto 2 de 13000 Gln	10	C
	212-TA-712	Tanque de asfalto 3 de 13000 Gln	10	C
	212-TA-713	Tanque de combustible de 13000 Gln	10	C
	201-JM-714	Termómetro de tanque de asfalto 1	9	C
	201-JM-715	Termómetro de tanque de asfalto 2	9	C
	201-JM-716	Termómetro de tanque de asfalto 3	9	C
	201-JM-717	Termómetro de combustible de Quemador	9	C
SISTEMA DE DESCARGA DE CEMENTO ASFALTICO	201-PV-718	Bomba de engrane de asfalto	18	A
	201-PVM-718	Motor eléctrico	15	B
	201-ZM-719	Tubería de cemento asfáltico	12	B
SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE CEMENTO ASFALTICO	201-CL-720	Caldero	18	A
	201-PV-721	Bomba centrífuga de aceite térmico	16	A
	201-PVM-721	Motor de bomba de aceite térmico	16	A
	201-ZM-723	Tubería de 2" de aceite térmico	12	B

4.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA PLANTA DE ASFALTO BMG

Como primer paso, debe reunirse información del equipo consistente principalmente en:

- Recomendaciones de mantenimiento del fabricante o proveedor.
- Manuales del equipo.
- Datos sobre experiencias anteriores con equipos similares.
- Observaciones de operación del equipo.

- Sugerencias de técnicos y asesores externos.

Una vez obtenida esta información, se procede a hacer un desglose del equipo en sus sistemas componentes, como por ejemplo: sistema eléctrico, sistema de transmisión de potencia, y otros.

Posteriormente, cada sistema componente, es dividido en elementos que realizan funciones específicas, como por ejemplo: guardas, moto-reductor, y otros.

La ejecución del plan de mantenimiento de la Planta de Asfalto BMG se desarrollará en los equipos de criticidad A y B.

La frecuencia de los planes de mantenimiento tienen las siguientes equivalencias:

- 60 horas de operación equivalentes a 1 semana.
- 200 horas de operación equivalentes a 1 mes.
- 2000 horas de operación equivalentes a 1 año.
- 4000 horas de operación equivalentes a 2 años.

4.3.1. Cabina de control

Los equipos en la cabina de control son de tipo eléctrico y electrónico, por lo que antes de efectuar pruebas visuales y trabajos de mantenimiento se debe asegurar su desconexión y el enclavamiento de la energía eléctrica. Los equipos críticos a realizar el plan de mantenimiento se indican en la **Tabla 4.19** y el plan de frecuencias de mantenimiento se muestra en la **Tabla 4.20**.

Tabla 4.19. Equipos críticos de la cabina de control

TAG	EQUIPO
201-DT-101	Tablero eléctrico de fuerza
201-DT-102	Subestación eléctrica

Las subestaciones eléctricas, son aquellas instalaciones donde se ejecutan operaciones manuales y/o automáticas para la transmisión o distribución de la energía eléctrica de manera continua y segura. El mantenimiento de los equipos eléctricos de potencia está basado principalmente en la inspección periódica de los equipos y la ejecución de pruebas eléctricas para evaluar las condiciones de los parámetros eléctricos tales como aislamiento, resistencia de devanado, corrientes de excitación, resistencia de contacto, temperatura, entre otros. Los resultados de estas pruebas permiten hacer diagnósticos y tomar decisiones sobre las acciones de mantenimiento más profundas.

Tabla 4.20. Plan de frecuencia de mantenimiento-Equipos de cabina de control

EQUIPO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Tablero eléctrico de fuerza	Operación	Revisión e inspección del tablero	1 semana	Electricista
	Parada	Limpieza de tablero eléctrico, contactos con uso de plumeros	1 mes	Electricista
		Verificación de estado de componentes y ajuste de pernos	1 año	Electricista
		Mantenimiento de equipos de corriente continua: rectificador, baterías	1 año	Electricista
		Mantenimiento de equipos de ventilación	1 año	Electricista
		Mantenimiento de interruptores: limpieza con trapo y solvente, prueba de apertura y cierre, engrase de articulaciones	1 año	Electricista
		Limpieza de puertas y cerraduras	1 año	Electricista
	Renovación	Reemplazo de equipos defectuosos	1 año	Electricista

Tabla 4.20 (Continuación)

EQUIPO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Subestación eléctrica	Operación	Apreciación visual de los equipos e instalaciones existentes	1 semana	Electricista
	Parada	Limpieza a trapo las barras de cobre de 10KV	1 mes	Electricista
		Limpieza de basura, tierra o polvo, de paredes, piso, mediante uso de escobas, trapos	1 mes	Electricista
		Prueba de aislamiento	1 año	Electricista
		Control y estado de aceite (color) y normalización del nivel	1 año	Electricista
		Mantenimiento puesta a tierra: Verificación de estado, ajuste de pernos y medición de resistencia de pozos de puesta a tierra.	1 año	Electricista
		Limpieza de puertas y cerraduras	1 año	Electricista
		Revisar los instrumentos de medición, termómetros, amperímetros	1 mes	Electricista

4.3.2. Sistema de Control

Los equipos del sistema de control se ubican en la cabina de control, y los equipos críticos se muestran en la **Tabla 4.21**. Los equipos que conforman el Sistema SCADA (HMI, PLC e instrumentos), se visualiza en la **Fig. 4.1**, estos son equipos electrónicos, por lo que requieren poco mantenimiento, pero la falla de uno de ellos puede ocasionar una parada de planta, y el mantenimiento correctivo se realizaría con personal calificado en los temas de instrumentación y control. La consecuencia de una falla de un componente, puede generar grandes pérdidas producción y altos costos de mantenimiento. Para evitar la parada de planta, se plantea un mantenimiento preventivo con frecuencia de medio año como mínimo.

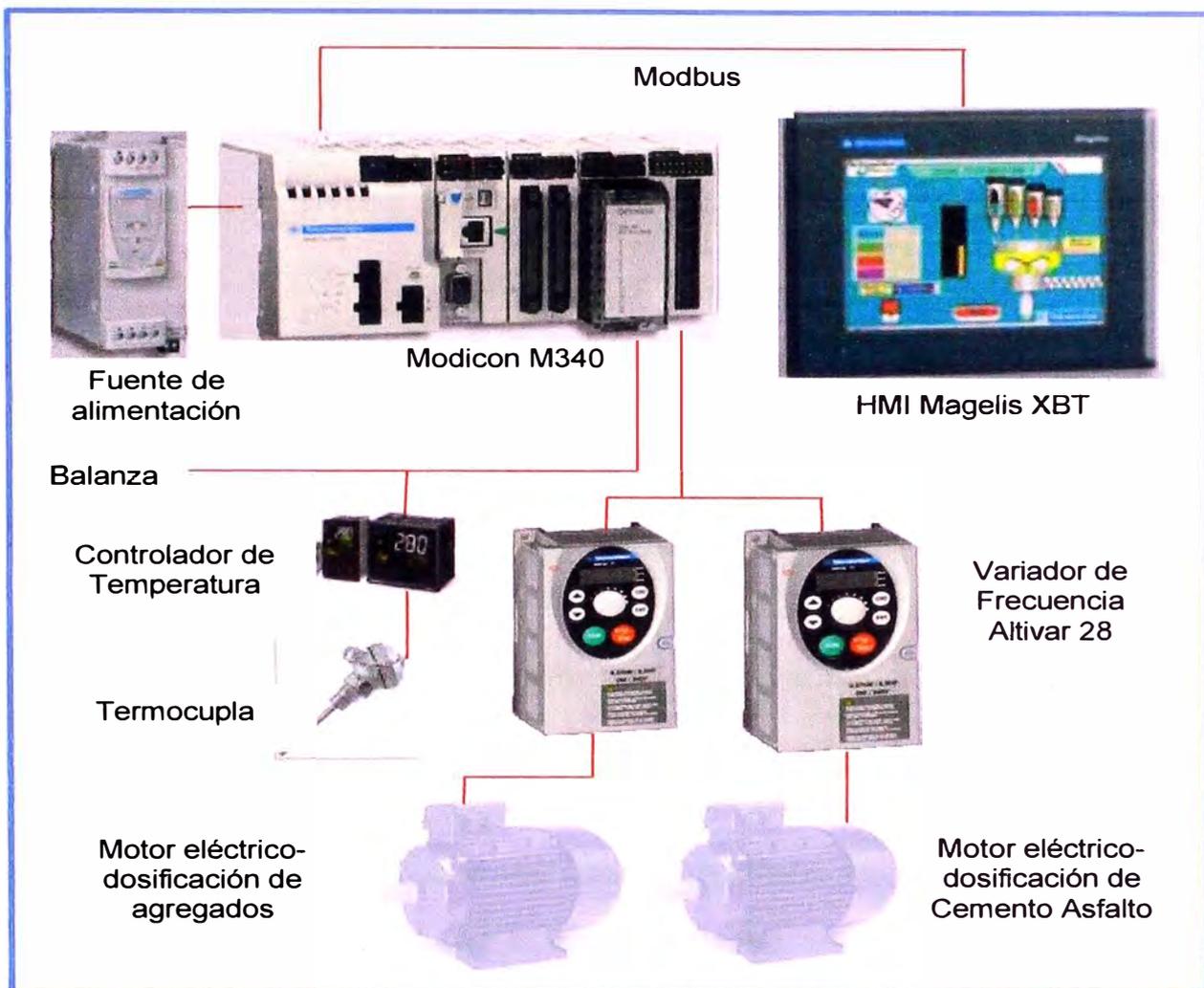


Fig. 4.1 Comunicación del sistema de control

Tabla 4.21 Equipos críticos del sistema de control

TAG	EQUIPO
201-AF-101	Variador de Velocidad de Faja Dosificadora 1
201-AF-102	Variador de Velocidad de Faja Dosificadora 2
201-AF-103	Variador de Velocidad de Faja Dosificadora 3
201-AF-104	Variador de Velocidad de Faja Dosificadora 4
201-AF-105	Variador de Velocidad de Tornillo Sin Fin
201-ZI-101	PLC - Control de dosificación
201-ZI-102	HMI- Dosificación de Agregados y Cemento Asfáltico

El HMI de la planta de asfalto es de modelo Magelis XBT GT 5253, display de tipo Baklit color STN LCD, tamaño 270mmx212mmx57mm, comunicación

Modbus. Las actividades de mantenimiento se deben realizar cada año por un tiempo de 4 horas (**Tabla 4.22**).

El PLC usado en la planta de asfalto es Modicon M340, posee un módulo de CPU BMX P34 1000, Las actividades de mantenimiento se deben realizar cada año por un tiempo de 4 horas (**Tabla 4.23**).

Los variadores de velocidad, modelo Altivar 28 son equipos electrónicos, y para impedir descargas eléctricas y por tanto daños, hay que impedir la presencia de polvo y suciedad. Además para el mantenimiento se usa una técnica de la Termografía infrarroja, que permite ver la temperatura de una superficie con precisión sin tener ningún contacto con ella. Las mediciones de la radiación infrarroja se convierten luego en mediciones de temperatura, las actividades de mantenimiento del variador de frecuencia se deben realizar cada medio año por un tiempo de 2 horas (**Tabla 4.24**).

Tabla 4.22 Plan de frecuencia de mantenimiento - HMI

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Tareas de energía de baja tensión	Principal acometida, desconectar	1 año	Instrumentista
	Ausencia suministro eléctrico tablero, verificar	1 año	Instrumentista
	Bloqueos eléctricos, instalar	1 año	Instrumentista
	Barrera de seguridad, instalar	1 año	Instrumentista
	Sistema pta tierra, verif/medir/reg. datos	1 año	Instrumentista
	Resistividad > 5 ohm, solicitar corrección	1 año	Instrumentista
	Acometida eléctrica, verificar	1 año	Instrumentista
	Barras de potencia, ajustar	1 año	Instrumentista
	Borneras de fuerza, ajustar	1 año	Instrumentista
	Conexión de fuerza, ajustar	1 año	Instrumentista
	Limpiar	1 año	Instrumentista
	Luces señalizadores, verificar	1 año	Instrumentista
	Fusible control, verificar y tomar datos	1 año	Instrumentista
	Transformador de control, verificar	1 año	Instrumentista

Tabla 4.22 (continuación)

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Tareas de energía de baja tensión	Ups, verificar	1 año	Instrumentista
	Cableado de fuerza, megar	1 año	Instrumentista
	Diagrama unifilar, verificar	1 año	Instrumentista
	Diagrama unifilar, actualizar	1 año	Instrumentista
	Hermeticidad de tablero, verificar	1 año	Instrumentista
	Pintura, verificar	1 año	Instrumentista
	Estructura/s, verificar	1 año	Instrumentista
	Barrera de seguridad, retirar	1 año	Instrumentista
	Bloqueos eléctricos, retirar	1 año	Instrumentista
	Interruptor eléctrico de tablero, conectar	1 año	Instrumentista
	Tensión de alimentación, medir/registrar	1 año	Instrumentista
	Tensión de arranque, medir/registrar	1 año	Instrumentista
Tareas de Instrumentación	Tensión de fases, medir/registrar	1 año	Instrumentista
	Módulo de comunicación, verificar	1 año	Instrumentista
	Panel de supervisión, verificar	1 año	Instrumentista
	Display, limpiar	1 año	Instrumentista
	Borneras de control, ajustar	1 año	Instrumentista
	Conexión de control, ajustar	1 año	Instrumentista
	Identificación cableado control, verificar	1 año	Instrumentista
	Cableado control, verificar continuidad	1 año	Instrumentista
	Regletas pasa cables, verificar	1 año	Instrumentista
	Manguera flexible de cables. inspeccionar	1 año	Instrumentista
	compartimiento interior, limpieza general	1 año	Instrumentista

Tabla 4.23 Plan de frecuencia de mantenimiento-PLC

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
En paradas de planta	Programa de PLC, descargar	1 año	Instrumentista
	Programador(PLC), verificar	1 año	Instrumentista
	Fuente de PLC, medir/registrar	1 año	Instrumentista
	Módulos de señal analógica, verificar	1 año	Instrumentista
	Módulos de señal discreta, verificar	1 año	Instrumentista
	Módulo de comunicación, verificar	1 año	Instrumentista
	Panel de supervisión, verificar	1 año	Instrumentista
	Relay de control, verificar	1 año	Instrumentista
	Borneras de control, ajustar	1 año	Instrumentista
	Conexión de control, ajustar	1 año	Instrumentista
	Identificación cableado control, verificar	1 año	Instrumentista
	Cableado control, verificar continuidad	1 año	Instrumentista
	Regletas pasa cables, verificar	1 año	Instrumentista
	Manguera flexible de cables. inspeccionar	1 año	Instrumentista

Tabla 4.23 (continuación)

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
En paradas de planta	Compartimiento interior, limpieza general	1 año	Instrumentista
	Señales analógicas, verificar	1 año	Instrumentista
	Señales discretas, verificar	1 año	Instrumentista
	Señales comunicación, verificar	1 año	Instrumentista
	Operatividad de control, verificar	1 año	Instrumentista

Tabla 4.24 Plan de frecuencia de mantenimiento -variador de velocidad

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Tareas predictiva de termografía (antes y después de la intervención)	Tomas termográficas, realizar	6 meses	Instrumentista
	Calentamientos, verificar	6 meses	Instrumentista
	Informe, descargar	6 meses	Instrumentista
Tareas de energía de baja tensión	Interruptor de variador, desconectar	6 meses	Instrumentista
	Ausencia suministro eléctrico de variador, verificar	6 meses	Instrumentista
	Bloqueos eléctricos, instalar	6 meses	Instrumentista
	Barrera de seguridad, instalar	6 meses	Instrumentista
	Sistema puesta a tierra, verificar/medir	6 meses	Instrumentista
	Resistividad > 5 ohm, solicitar corrección	6 meses	Instrumentista
	Acometida eléctrica, inspeccionar	6 meses	Instrumentista
	Corriente de fases, medir	6 meses	Instrumentista
	Tensión de alimentación, verificar	6 meses	Instrumentista
	Tensión de arranque, medir	6 meses	Instrumentista
	Tensión de fases, medir	6 meses	Instrumentista
Tareas de instrumentación	Desconexión eléctrica, verificar	6 meses	Instrumentista
	Bloqueos eléctricos, verificar	6 meses	Instrumentista
	Barrera de seguridad, verificar	6 meses	Instrumentista
	Ausencia suministro elect variador, verificar	6 meses	Instrumentista
	Descarga de condensadores, verificar	6 meses	Instrumentista
	Extractor de polvo gabinete, limpiar	6 meses	Instrumentista
	Módulos de potencia, limpiar	6 meses	Instrumentista
	Tarjeta de interfaz, limpiar	6 meses	Instrumentista
	Tarjeta de control, limpiar	6 meses	Instrumentista
	Teclado, limpiar	6 meses	Instrumentista
	Display, limpiar	6 meses	Instrumentista
	Conexiones eléctricas, ajustar	6 meses	Instrumentista
	Borneras de potencia, ajustar	6 meses	Instrumentista
	Borneras de comando, ajustar	6 meses	Instrumentista
Terminales, verificar y ajustar	6 meses	Instrumentista	
Fusibles de comando, verificar	6 meses	Instrumentista	

Tabla 4.24 (continuación)

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Tareas de instrumentación	Cable comunicación, verificar	6 meses	Instrumentista
	Cableado, verificar	6 meses	Instrumentista
	Cable, alambres cortados, verificar	6 meses	Instrumentista
	Cable, torceduras marcadas, verificar	6 meses	Instrumentista
	Cable, corrosión, verificar	6 meses	Instrumentista
	Gabinete limpieza general	6 meses	Instrumentista
	Operación, verificar	6 meses	Instrumentista

4.3.3. Sistema de alimentación y dosificación de agregados

En el sistema de alimentación y dosificación de agregados, los equipos críticos son las fajas transportadoras con sus respectivos motores y reductores de velocidad, indicadas en la **Tabla 4.25**, y el plan de frecuencias de mantenimiento se muestra en la **Tabla 4.26**.

Las fajas transportadoras, poseen una polea motriz y una polea trasera guía de 14" de diámetro; para evitar que el material caiga de la faja transportadora posee varios polines guías de 3" de diámetro. Como el desgaste de las lonas sucede por la fricción entre las guías y la faja, es recomendable aproximarlos hasta lograr una separación de 1mm. Para este ajuste, se debe aflojar las tuercas, y mover la guía y reapretar las tuercas (tensor de la faja).

Tabla 4.25. Equipos críticos del sistema de alimentación de agregados

TAG	EQUIPO
201-FF-205	Faja Colectora
201-FF-206	Faja de Alimentación
201-FF-201	Faja Dosificadora 1
201-FF-202	Faja Dosificadora 2
201-FF-203	Faja Dosificadora 3
201-FF-204	Faja Dosificadora 4
201-FFM-205	Motor eléctrico de Faja Colectora
201-FFM-206	Motor eléctrico de Faja de Alimentación
201-FFM-201	Motor eléctrico de Faja Dosificadora 1
201-FFM-202	Motor eléctrico de Faja Dosificadora 2
201-FFM-203	Motor eléctrico de Faja Dosificadora 3
201-FFM-204	Motor eléctrico de Faja Dosificadora 4
201-FTM-207	Motor eléctrico de Tornillo Sin Fin
201-FFR-205	Reductor de Faja Colectora
201-FFR-206	Reductor de Faja de Alimentación
201-FFR-201	Reductor de Faja Dosificadora 1
201-FFR-202	Reductor de Faja Dosificadora 2
201-FFR-203	Reductor de Faja Dosificadora 3
201-FFR-204	Reductor de Faja Dosificadora 4
201-FTR-207	Reductor de Motor Tornillo Sin Fin

Motor eléctrico, la planta es totalmente activada por los motores eléctricos, radica en este hecho la importancia del mantenimiento correcto de los mismos. Técnicamente, 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.
- Vibración.

Tabla 4.26. Plan de frecuencia de mantenimiento-Equipos del sistema de alimentación de agregados

EQUIPO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Balanza tipo S	Parada	Limpieza externa	1 mes	Electricista
		Inspección pernos de montaje de la Balanza al chasis	1 mes	Electricista
		Inspección de estructura del puente, por rajaduras y deformación	1 año	Electricista
		Calibración de balanza	1 año	Personal Calificado
Sistema de faja transportadora	Operación	Inspeccionar superficie superior, inferior y empalmes de la faja transportadora	1 semana	Operador
		Engrase de chumaceras, con grasa Mobilgrese XHP222	1 semana	Engrasador
		Verificación temperatura de rodamientos de Chumaceras (Max 70°C), polvo y ruido	1 mes	Operador
	Parada	Verificación de alineamiento de la faja transportadora, y de ser necesario Se tiempla	1 mes	Operador
		Inspección del sistema de trasmisión (fajas de transmisión, polea)	1 mes	Operador
		Revisión de los polines de carga y retorno, así como el templador de la faja	1 año	Operador
	Renovación	Cambio de faja transportadora	1 año	Operador
		Cambio de Chumaceras de pie, si están deterioradas, tanto del lado motriz y el de lado de cola	2 años	Operador
		Cambio de polines	2 años	Operador
	Motor eléctrico de faja transportadora y transportador tipo Tornillo Sin Fin	Operación	Revisar que el motor no se caliente mucho	1 semana
Parada		Revisar el apriete de las tuercas de los pernos de anclaje	1 mes	Operador
		Verificar temperatura de rodamientos de Chumaceras (Max 70°C)	1 mes	Operador
		Limpieza externa de motor	1 mes	Operador
		Medición de aislamiento y la resistencia del motor eléctrico	1 mes	Electricista
		Revisión y mantenimiento interna de caja de bornes	1 mes	Electricista
		Reajuste de conexiones de cable de fuerza	1 año	Electricista
		Mantenimiento general de motor eléctrico	1 año	Electricista
Renovación		Cambio de rodamientos, si están deterioradas	2 años	Electricista

Tabla 4.26. (Continuación)

EQUIPO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Reductor de Faja Transportadora y Transportador tipo Tornillo Sin Fin	Operación	Revisar el nivel de aceite, y fugas de aceite	1 semana	Operador
	Parada	Revisar el apriete de las tuercas de los pernos de anclaje	1 mes	Operador
		Revisar el estado de los rodamientos	1 mes	Operador
		Revisar el nivel de aceite, el nivel debe llegar a la frontera del agujero del tapón intermedio. Si es necesario, complete el nivel de aceite (Mobilgear 600XP220).	1 mes	Engrasador
	Renovación	Cambio de aceite de los reductores (Mobilgear 600XP220).	1 año	Engrasador
Transporte tipo Tornillo Sin Fin (201-FT-207)	Operación	Engrase de chumaceras, con grasa Mobilgrese XHP222	1 semana	Engrasador
	Parada	Verificación temperatura de rodamientos de Chumaceras (Max 70°C), polvo y ruido	1 mes	Operador
		Verificación de alineamiento del eje del transportador de tornillo	1 mes	Operador
		Revisión del sistema de transmisión (cadena de transmisión, piñón)	1 mes	Operador
		Mantenimiento de Transportador de tornillo	1 año	Operador
	Renovación	Cambio de Chumaceras, si están deterioradas	2 años	Operador
		Cambio de piñón	2 años	Operador

4.3.4. Tambor mezclador (Drumix)

Los equipos críticos del Tambor mezclador se indican en la **Tabla 4.27**, el plan de frecuencias de mantenimiento se muestra en la **Tabla 4.28**.

El mantenimiento del Quemador de marca Hauck, tiene una mínima cantidad de piezas móviles internas, por lo tanto, relativamente son libres de mantenimiento. Los trabajos de mantenimiento se deben realizar por personal técnico calificado, así como los ajustes mecánicos, eléctricos, chequeo de válvula mariposa, válvulas de control, y lubricación, además revisar el componente de desgaste como difusor (**Fig. 4.3**).

Tabla 4.27. Equipos críticos de tambor mezclador

TAG	EQUIPO
201-CQ-301	Quemador de mescla asfáltica
201-PVM-301	Motor eléctrico de ventilador de Quemador
201-PV-304	Bomba de engranaje de combustible
201-PVM-304	Motor eléctrico de bomba de combustible
201-SM-309	Tambor mezclador - estructura
201-SMR-309	Reductor tambor mezclador
201-SMM-309	Motor eléctrico 40 HP de tambor mezclador

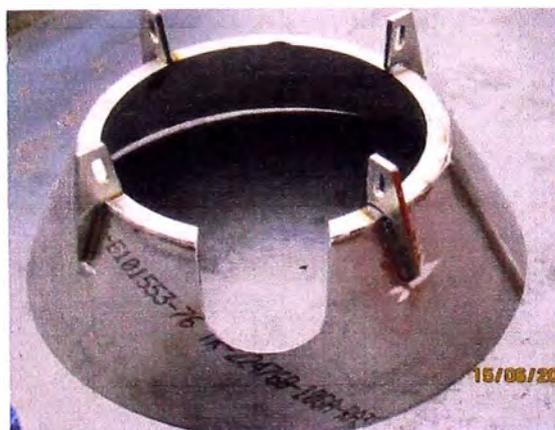
**Fig. 4.2 Quemador Hauck****Fig. 4.3 Cono difusor**

Tabla 4.28. Plan de frecuencia de mantenimiento -Equipos de tambor mezclador.

EQUIPO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Sistema de Quemador de mezcla asfáltica	Operación	Inspeccionar fugas de combustible en ductos y conexiones	1 semana	Operador
		Inspeccionar manómetros de combustible y aire	1 semana	Operador
		Revisar perfil de llama (Flujo paralelo-ajuste para una llama corta y plana) (contraflujo-delgada y larga).	1 semana	Operador
		Engrasar chumaceras de soplador, usar grasa Mobilgrese XHP222	1 semana	Engrasador
	Parada	Limpiar general de quemador, soplador.	1 mes	Operador
		Inspeccionar estado cono difusor, ver deformaciones y desgaste	1 mes	Operador
		Inspeccionar válvula reguladora de presión de combustible	1 mes	Operador
		Revisar boquilla del quemador (limpie).	1 mes	Operador
		Inspeccionar soplador fijación a su base, ruidos y daños	1 mes	Operador
		Revisar sistema de transmisión motor-soplador (faja de transmisión)	1 mes	Operador
		Calibración de Quemador	6 meses	Personal calificado
		Mantenimiento de Quemador	1 año	Personal calificado
	Motor eléctrico de Quemador	Operación	Revisar que el motor no se caliente mucho	1 semana
Revisar el apriete de las tuercas de los pernos de anclaje			1 mes	Operador
Parada		Verificar temperatura de rodamientos de chumaceras (Max 70°C)	1 mes	Operador
		Limpiar parte externa de motor	1 mes	Operador
		Medir aislamiento y la resistencia del motor eléctrico	1 mes	Electricista
		Revisión y mantenimiento interna de caja de bornes	1 mes	Electricista
		Ajustar conexiones de cable de fuerza	1 año	Electricista
Renovación		Mantenimiento general de motor eléctrico	1 año	Electricista

Tabla 4.28. (Continuación)

EQUIPO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Motor eléctrico de Quemador	Renovación	Cambiar rodamientos, si están deterioradas	2 años	Electricista
Tambor mezclador - estructura	Operación	Verificar temperatura de rodamientos de Trunnions (Max. 80°C)	1 semana	Operador
		Engrasar chumaceras, usar grasa Mobilgrese XHP222	1 semana	Engrasador
		Revisar desgaste de las rueda guía (pista de rodadura) y trunnions (ajuste).	1 semana	Operador
		Revisar el alineamiento de la pista de rodadura con el trunnions	1 semana	Operador
	Parada	Inspeccionar estado de paletas internas, deformaciones y desgaste	1 mes	Operador
	Renovación	Inspeccionar las 2 termocuplas, si es necesario cambiarlos	1 año	Operador
Cambio de los 4 trunnions		2 años	Mecánico	
Motor eléctrico de Drumix	Operación	Revisar que el motor no se caliente mucho	1 semana	Operador
		Medir Amperaje de motor eléctrico	1 semana	Operador
	Parada	Revisar el apriete de las tuercas de los pernos de anclaje	1 mes	Operador
		Verificar temperatura de rodamientos de chumaceras (Max 80°C)	1 mes	Operador
		Limpiar parte externa de motor	1 mes	Operador
		Medir aislamiento y la resistencia del motor eléctrico	1 mes	Electricista
		Revisión y mantenimiento interna de caja de bornes	1 mes	Electricista
		Ajustar conexiones de cable de fuerza	1 año	Electricista
	Mantenimiento general de motor eléctrico	1 año	Electricista	
Renovación	Cambar rodamientos, si están deterioradas	2 años	Electricista	
Reductor de Drumix	Operación	Revisar el nivel de aceite, y fugas de aceite	1 semana	Operador
	Parada	Revisar el apriete de las tuercas de los pernos de anclaje	1 mes	Operador
		Revisar el estado de los rodamientos	1 mes	Operador
		Revisar el nivel de aceite, el nivel debe llegar a la frontera del agujero del tapón intermedio, si es necesario, complete el nivel de aceite (Mobilgear 600XP220).	1 mes	Engrasador
	Renovación	Cambiar aceite de los reductores (Mobilgear 600XP220).	1 año	Engrasador

4.3.5. Elevador de paletas

Los equipos críticos del Elevador de Paletas se indican en la **Tabla 4.29**, y el plan de frecuencias de mantenimiento se muestra en la **Tabla 4.30**.

El elevador de paletas, está constituida por 1 motor eléctrico, 1 reductor de velocidad, chumaceras de pared, y el componente de transporte 29.6 m de cadena especial con paletas, unidos por pines, cuyo material son los siguientes:

- Placas de rodillo: acero SAE 1045
- Placa unión de oreja: acero corten
- Paletas: acero Chronite T.1
- Pines, bocinas y rodillo: acero SAE 8620, con tratamiento de cementación, Dureza 50 HRC.

Tabla 4.29. Equipos críticos de Elevador de Paletas

TAG	EQUIPO
201-CPM-401	Motor Eléctrico
201-CPR-401	Reductor
201-CP-401	Transporte - Elevador de Paletas

Tabla 4.30. Plan de frecuencia de mantenimiento-Equipos de Elevador de Paletas

EQUIPO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Transporte - Elevador de Paletas	Operación	Revisar y ajustar cadena de transmisión motor reductor-piñón	1 semana	Operador
		Verificar temperatura de rodamientos de chumaceras (Max 70°C)	1 semana	Operador
		Engrasar las chumaceras de pared, usar grasa mobilgrese XHP222	1 semana	Engrasador
	Parada	Verificar estado de paletas (planchas), y placa lateral de elevador de paletas	2 semanas	Operador
		Revisar si hay daños o desgaste de las paletas del elevador (cambie o repare).	2 semanas	Operador
		Revisar pines de cadena de elevador de paletas	2 semanas	Operador
		Revisar desgaste del sprocket motriz, sprocket cola y rueda de tracción (polín guía) (Cambie).	2 semanas	Operador
	Renovación	Cambiar las 10 chumaceras de pared	2 años	Mecánico
		Revisar daños en el piso y placas laterales de desgaste (Repare o cambie).	1 año	Mecánico
	Motor eléctrico de Elevador de Paletas	Operación	Revisar que el motor no se caliente mucho	1 semana
Medir Amperaje de Motor eléctrico			1 semana	Operador
Motor eléctrico de Elevador de Paletas	Parada	Revisar el apriete de las tuercas de los pernos de anclaje	1 mes	Operador
		Verificar temperatura de rodamientos de chumaceras (Max 80°C)	1 mes	Operador
		Limpiar parte externa de motor	1 mes	Operador
		Medir aislamiento y resistencia del motor eléctrico	1 mes	Electricista
		Revisión y mantenimiento interna de caja de bornes	1 mes	Electricista
		Ajuste de conexiones de cable de fuerza	1 año	Electricista
	Mantenimiento general de motor eléctrico	1 año	Electricista	
Renovación	Cambiar rodamientos, si están deterioradas	2 años	Electricista	
Reductor de Elevador de Paletas	Operación	Revisar el nivel de aceite, y fugas de aceite	1 semana	Operador

Tabla 4.30 (Continuación)

EQUIPO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Reductor de Elevador de Paletas	Parada	Revisar el apriete de las tuercas de los pernos de anclaje	1 mes	Operador
		Revisar el estado de los rodamientos	1 mes	Operador
		Revisar el nivel de aceite, el nivel debe llegar a la frontera del agujero del tapón intermedio, si es necesario, complete el nivel de aceite (Mobilgear 600XP220).	1 mes	Engrasador
	Renovación	Cambiar aceite de los reductores (Mobilgear 600XP220).	1 año	Engrasador

4.3.6. Silo de almacenamiento y Sistema Neumático

Los equipos críticos del sistema neumático se indican en la **Tabla 4.31**, los cuales son 4 cilindros neumáticos en las compuertas del silo, 1 compresor y las tuberías que conducen el aire comprimido. El plan de frecuencias de mantenimiento se muestra en la **Tabla 4.32**.

Tabla 4.31. Equipos críticos del sistema neumático

TAG	EQUIPO
201-ZM-503	Cilindro neumático 1 de la compuerta 1
201-ZM-504	Cilindro neumático 2 de la compuerta 1
201-ZM-505	Cilindro neumático 1 de la compuerta 2
201-ZM-506	Cilindro neumático 2 de la compuerta 2
201-CA-507	Compresor
201-ZV-509	Válvula solenoide 1
201-ZV-510	Válvula solenoide 2

Mantenimiento de cilindro neumático.- Se recomienda utilizar aire comprimido preparado (filtrado) para prevenir que las partículas de polvo, aceite

y agua dañen las piezas internas de las bridas. El aire preparado esta prefiltrado tras la compresión, deshidratado mediante secado en frio (presión del punto de condensación + 2°C) y luego limpiado en filtros muy finos. Las partículas mayores de 40 µm tendrían que retirarse mediante los filtros apropiados.

Tabla 4.32. Plan de frecuencia de mantenimiento-Equipos del sistema neumático

EQUIPO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Cilindro neumático	Parada	Verificar la superficie del vástago, y la camisa del cilindro. Cualquier daño o corrosión que aparezca en estos componentes podría aumentar la fricción y dar lugar a condiciones peligrosa, cambiar el actuador entero si aparecen alguna de estas condiciones	1 mes	Operador
		Limpiar polvo de la superficie externa del actuador y del soporte de montaje.	1 mes	Operador
		Revisar las juntas del cilindro, si en caso se encuentre fugas de aire, cambiar las juntas.	6 meses	Personal calificado
		Mantenimiento de cilindro neumático	2 años	Personal calificado
		Mantenimiento de válvula solenoide	2 años	Personal calificado
Compresor a	Operación	Revisar válvula de seguridad (limpiar o cambiar)	1 semana	Operador
		Revisar y limpiar filtro de aire	1 semana	Operador
		Inspeccionar fugas de aire en las tuberías del sistema neumático	1 semana	Operador
		Drenar el tanque de aire, para evitar la condensación	1 semana	Operador
	Parada	Medir aislamiento de los motores eléctricos	1 mes	Electricista
		Cambiar aceite al compresor	3 meses	Operador
		Revisar las fajas y poleas	1 año	Operador
		Mantenimiento del motor eléctrico	1 año	Electricista
		Mantenimiento de las compresoras	1 año	Personal calificado
	Renovación	Cambiar filtro de Aire	1 año	Operador

4.3.7. Colector de Polvos

Los equipos críticos del Colector de polvos son bomba de agua con su respectivo motor eléctrico, rotor ventilador con su motor eléctrico, transportador tipo tornillo sin fin y otros que se indican en la **Tabla 4.33** , y el plan de frecuencias de mantenimiento se muestra en la **Tabla 4.34**.

Tabla 4.33. Equipos críticos del colector de polvos

SUBSISTEMA	TAG	EQUIPOS/COMPONENTES
Recuperador de finos	201-FTM-601	Motor eléctrico de Tornillo Sin Fin - recuperador de finos
	201-FTR-601	Reductor en Tornillo Sin Fin
	201-FT-601	Tornillo Sin Fin recuperador de finos
Extractor de polvos	201-PV-604	Rotor ventilador
	201-PVM-604	Motor eléctrico de ventilador
Sistema de riego	201-PV-609	Bomba centrífuga de agua
	201-PVM-609	Motor de bomba centrífuga

Tabla 4.34. Plan de frecuencia de mantenimiento-Equipos de colector de polvos.

EQUIPO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Sistema recuperador de finos-transportador tipo Tornillo Sin Fin (201-FT-601)	Operación	Engrasar chumaceras, con grasa Mobilgrese XHP222	1 semana	Engrasador
	Parada	Verificar temperatura de rodamientos de chumaceras (Max 70°C), polvo y ruido	1 mes	Operador
		Verificar alineamiento del eje del transportador de tornillo	1 mes	Operador
		Revisar sistema de transmisión (cadena de transmisión, piñón)	1 mes	Operador
		Mantenimiento de Transportador de tornillo	1 año	Operador
	Renovación	Cambiar chumaceras, si están deterioradas	1 año	Operador
Cambiar piñón		2 años	Operador	
Motor eléctrico de transportador tipo Tornillo Sin Fin (201-FTM-601)	Operación	Revisar que el motor no se caliente mucho	1 semana	Operador
	Parada	Revisar el apriete de las tuercas de los pernos de anclaje	1 mes	Operador
		Verificar temperatura de rodamientos de Chumaceras (Max 70°C)	1 mes	Operador

	Renovación	Cambiar rodamientos, si están deterioradas	2 años	Electricista
Reductor de motor eléctrico 201-FTM-601	Operación	Revisar el nivel de aceite, y fugas de aceite	1 semana	Operador
	Parada	Revisar el apriete de las tuercas de los pernos de anclaje	1 mes	Operador
		Revisar el estado de los rodamientos	1 mes	Operador
		Revisar el nivel de aceite, el nivel debe llegar a la frontera del agujero del tapón intermedio, si es necesario, complete el nivel de aceite (Mobilgear 600XP220).	1 mes	Engrasador
	Renovación	Cambiar aceite de los reductores (Mobilgear 600XP220).	1 año	Engrasador
Sistema extractor de polvos - Rotor ventilador (201-PV-604)	Operación	Engrasar las chumaceras de pared, usar grasa Mobilgrese XHP222	1 semana	Engrasador
		Verificar temperatura de rodamientos de chumaceras (Max 70°C), polvo y ruido	1 semana	Operador
	Parada	Revisar si hay ruidos anormales	1 mes	Operador
		Revisar si hay vibraciones anormales	1 mes	Operador
		Revisar el apriete de los pernos de los acoples del eje del ventilador.	1 año	Mecánico
		Revisar que no tenga desgaste, corrosión o muescas	1 año	Mecánico
		Comprobar que el ángulo de las aspas	1 año	Mecánico
		Limpiar y revisar el estado de cada aspa	1 año	Mecánico
	Limpiar y revisar la guarda del ventilador	1 año	Mecánico	
	Sistema de Lavado-Bomba Centrifuga de Agua	Operación	Revisar si hay fugas de agua	1 semana
Revisar si hay ruidos anormales			1 semana	Operador
Revisar si hay vibraciones anormales			1 semana	Operador
Parada		Revisar el estado y apriete de tornillos de la carcasa y adaptador	1 mes	Operador
		Limpiar el exterior de la carcasa	1 mes	Operador
		Revisar si existe algún sedimento en la tubería de entrada y salida de la bomba	1 mes	Operador
		Verificar alineamiento bomba - motor	1 año	Mecánico

Tabla 4.34. (Continuación)

EQUIPO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Motor eléctrico de transportador tipo Tornillo Sin Fin (201-FTM-601)	Parada	Limpiar parte externa de motor	1 mes	Operador
		Medir aislamiento y resistencia del motor eléctrico	1 mes	Electricista
		Revisión y mantenimiento interna de caja de bornes	1 mes	Electricista
		Ajuste de conexiones de cable de fuerza	1 año	Electricista
		Mantenimiento general de motor	1 año	Electricista

Tabla 4.34. (Continuación)

EQUIPO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Sistema de Lavado-Bomba Centrifuga de Agua	Parada	Revisar /Limpiar si hay desgaste o corrosión en el impulsor y anillos de impulsor	1 año	Mecánico
		Cambiar chumaceras	2 años	Mecánico
	Renovación	Revisar que el motor no se caliente mucho	1 semana	Operador
Motor eléctrico 201-PVM-604 y 201-PVM-609	Operación	Revisar el apriete de las tuercas de los pernos de anclaje	1 mes	Operador
	Parada	Verificar temperatura de rodamientos de chumaceras (Max 70°C)	1 mes	Operador
		Limpiar parte externa de motor	1 Mes	Operador
		Medir aislamiento y resistencia del motor eléctrico	1 Mes	Electricista
		Revisión y mantenimiento interna de caja de bornes	1 Mes	Electricista
		Ajuste de conexión de cable de fuerza	1 año	Electricista
	Mantenimiento general de motor eléctrico	1 año	Electricista	
Renovación	Cambiar rodamientos, si están deterioradas	2 años	Electricista	

La bomba centrífuga es un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica que recibe el impulsor de su motor eléctrico, en la energía cinética y potencial requerida por el fluido circulante. El fluido entra por el centro del impulsor, que dispone de unos álabes para conducir el fluido y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa de la bomba, que por su forma lo conduce hacia la tubería de salida (Fig. 4.4).

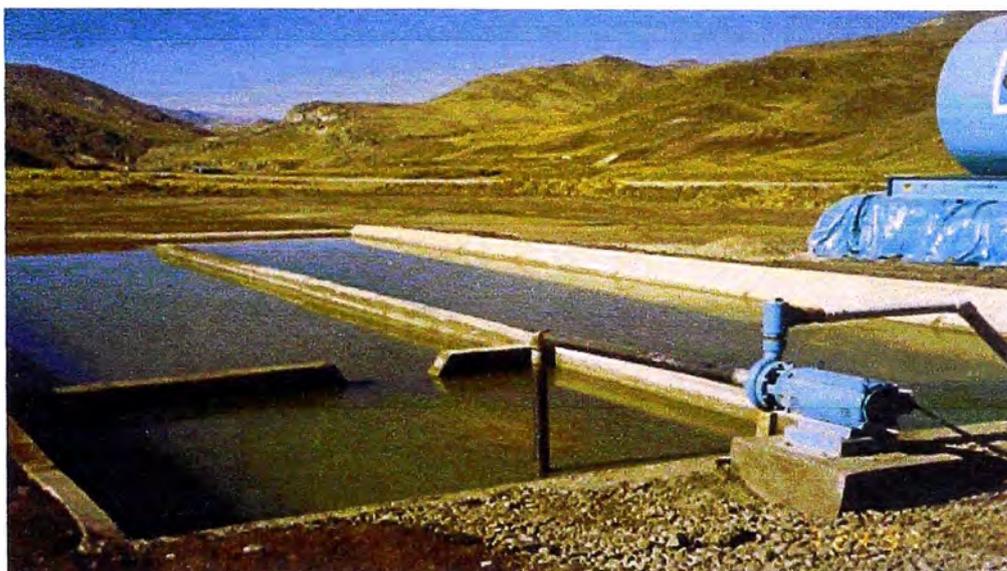


Fig. 4.4 Bomba de agua en la planta de asfalto

4.3.8. Sistema de dosificación de cemento asfáltico

Los equipos críticos del sistema de dosificación de cemento asfáltico se indican en la **Tabla 4.35**, los cuales son: 1 bomba de asfalto de marca Viking es encargada de dosificar la cantidad requerida de cemento asfáltico, con su respectivo motor eléctrico, y el plan de frecuencias de mantenimiento se muestra en la **Tabla 4.36**.

Tabla 4.35. Equipos críticos del sistema de dosificación de cemento asfáltico

TAG	EQUIPO
201-PV-701	Bomba de engranajes de asfalto, marca Viking
201-PVM-701	Motor eléctrico 10HP
201-ZM-704	Válvula de alivio

Bomba asfáltica Viking. Las bombas de engranajes pertenecen a las bombas de émbolo rotativo, que trabajan según el principio del desplazamiento. Son de estructura sencilla y su manejo no plantea problemas. Las bombas Viking funcionan tanto en el sentido de las agujas del reloj como en sentido contrario.

La rotación del eje determina cuál de las conexiones es la de aspiración y cuál la de descarga. La conexión situada en la zona donde los elementos de bombeo (dientes de engranaje) salen por fuera de la malla, es la de succión.

Las bombas Viking son bombas de desplazamiento positivo y deben estar provistas con algún tipo de protección contra la presión. Por el cual se utiliza 1 válvula de alivio montada directamente en la bomba.

Tabla 4.36. Plan de frecuencia de mantenimiento-Equipos del sistema de dosificación de cemento asfáltico.

EQUIPO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Bomba de engranaje de asfalto Viking	Operación	Egresar accesorios con grasa de alta temperatura	1 mes	Engrasador
		Revisar si hay ruidos anormales	2 semanas	Operador
		Revisar si hay vibraciones anormales	2 semanas	Operador
	Parada	Revisar el estado y apriete de tornillos de la carcasa y adaptador	1 mes	Operador
		Limpiar bomba Viking	1 mes	Operador
		Mantenimiento de bomba viking	1 año	Mecánico
		Mantenimiento de Válvula de alivio	1 año	Mecánico
Motor eléctrico de bomba de asfalto Viking	Operación	Revisar que el motor no se caliente mucho	1 semana	Operador
	Parada	Revisar el apriete de las tuercas de los pernos de anclaje	1 mes	Operador
		Verificar temperatura de rodamientos de chumaceras (Max 70°C)	1 mes	Operador
		Limpiar parte externa de motor	1 mes	Operador
		Medir aislamiento y resistencia del motor eléctrico	1 mes	Electricista
		Revisión y mantenimiento interna de caja de bornes	1 mes	Electricista
		Ajuste de conexión de cable de fuerza	1 año	Electricista
		Mantenimiento general de motor eléctrico	1 año	Electricista
Renovación	Cambiar rodamientos, si están deterioradas	2 años	Electricista	

4.3.9. Sistema de descarga de cemento asfáltico

Los equipos críticos del sistema de descarga de cemento asfáltico se indican en la **Tabla 4.37**, y el plan de frecuencias de mantenimiento se muestra en la **Tabla 4.38**.

Tabla 4.37. Equipos críticos de sistema de descarga de cemento asfáltico

TAG	EQUIPO
201-PV-718	Bomba de engranaje de asfalto Blackmer NP3C
201-PVM-718	Motor eléctrico de bomba Blackmer NP3C
201-ZM-719	Tubería de cemento asfáltico

La bomba Blackmer NP3C (Fig. 4.5) con entrada y salida de 3", se usa para descargar el cemento asfáltico caliente desde el camión cisterna a los tanques de almacenamiento. La bomba se suministra con aislamiento, en la parte anterior y posterior de la bomba, tiene aletas, para bombear más de 250 galones por minuto. La bomba tiene una válvula de alivio, construida dentro de la carcasa. Pueden ser necesarios algunos ajustes en la bomba, para diferentes viscosidades de los fluidos.



Fig. 4.5 Bomba de asfalto Blackmer NP3C

Tabla 4.38. Plan de frecuencia de mantenimiento-Equipos del sistema de descarga de cemento asfáltico.

EQUIPO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Bomba de engranes de asfalto Blackmer NP3C	Operación	Egresar accesorios con grasa de alta temperatura	1 mes	Engrasador
		Revisar si hay ruidos anormales	2 semanas	Operador
		Revisar si hay vibraciones anormales	2 semanas	Operador
	Parada	Revisar el estado y apriete de tornillos de la carcasa y adaptador	1 Mes	Operador
		Limpiar bomba	1 Mes	Operador
		Mantenimiento de bomba	1 año	Mecánico
		Mantenimiento de Válvula de alivio	1 año	Mecánico
Motor eléctrico de bomba de asfalto Blackmer NP3C	Operación	Revisar que el motor no se caliente mucho	1 semana	Operador
	Parada	Revisar el apriete de las tuercas de los pernos de anclaje	1 mes	Operador
		Verificar temperatura de rodamientos de chumaceras (Max 70°C)	1 mes	Operador
		Limpiar parte externa de motor	1 mes	Operador
		Medir aislamiento y resistencia del motor eléctrico	1 mes	Electricista
		Revisión y mantenimiento interna de caja de bornes	1 mes	Electricista
		Ajuste de conexión de cable de fuerza	1 año	Electricista
		Mantenimiento general de motor eléctrico	1 año	Electricista
Renovación	Cambiar rodamientos, si están deterioradas	2 años	Electricista	
Sistema de tuberías	Operación	Inspeccionar fugas de cemento asfáltico	1 semana	Operador
	Parada	Verificar estado de las válvulas de compuerta	6 meses	Operador
		Limpiar tuberías de cemento asfáltico encamisada con aceite caliente	6 meses	Operador
	Renovación	Cambiar bridas y uniones	5 años	Operador
		Cambiar válvulas de compuerta	5 años	Operador
		Revisar tuberías, si es necesario cambiar	5 años	Operador

4.3.10. Sistema de calentamiento de cemento asfáltico

Los equipos críticos del sistema de calentamiento de cemento asfáltico se indican en la **Tabla 4.39**, donde encontramos 1 caldera de Aceite térmico de marca CEI (**Fig. 4.7**), sus componentes son fáciles de identificar según el manual del fabricante y por ende facilita el mantenimiento. En este equipo se encuentran componentes eléctricos, panel de control, quemador, y tanque de aceite térmico, además se tiene 1 bomba centrífuga de aceite térmico, encargado de la recirculación del aceite térmico en todo el sistema de tanques. El plan de frecuencias de mantenimiento se muestra en la **Tabla 4.40**.

Tabla 4.39. Equipos críticos de sistema de calentamiento de cemento asfáltico

TAG	EQUIPO
201-CL-720	Caldero CEI
201-PV-721	Bomba centrífuga de aceite térmico
201-PVM-721	Motor de bomba de aceite térmico

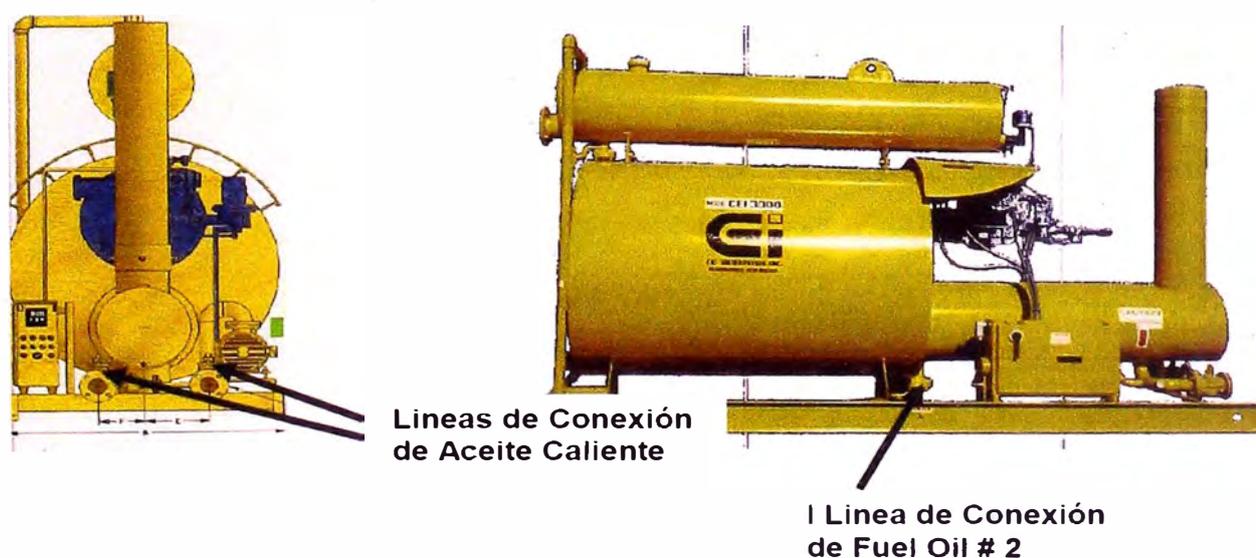


Fig. 4.6 - Caldera

Bombas de aceite térmico, son de modelo ZTN, de carcasa de voluta con salidas nominales y las dimensiones de brida de acuerdo con RF 150 #. Las bombas son aplicables en instalaciones con presión de aspiración positiva o negativa. La parte posterior sacar construcción permite el desmontaje de la unidad de inserción completa sin desmontar la bomba del sistema de tubería. Las impurezas de hasta un tamaño de grano de 0,1 mm (0,004 pulgadas) se puede manejar, pero acortar la vida de servicio.

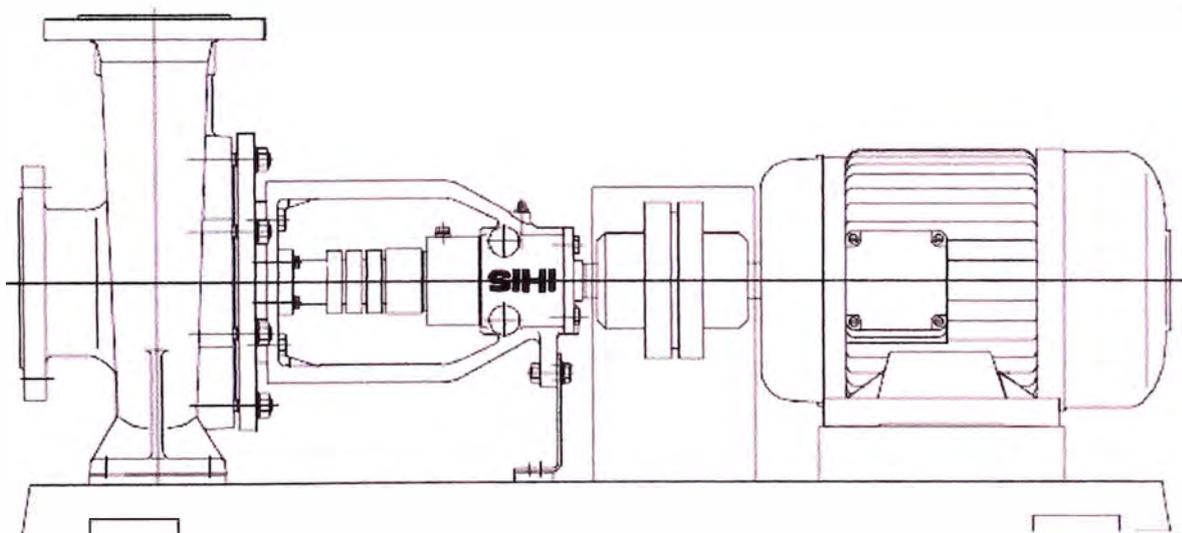


Fig. 4.7. Bomba centrífuga de aceite térmico

Tabla 4.40. Plan de frecuencia de mantenimiento-Equipos del sistema de calentamiento de cemento asfáltico.

EQUIPO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Bomba centrífuga de aceite térmico	Operación	Revisar si hay ruidos anormales	1 semana	Operador
		Revisar si hay vibraciones anormales	1 semana	Operador
	Parada	Revisar el estado y apriete de tornillos de la carcasa y adaptador	1 mes	Operador
		Limpiar el exterior de la carcasa	1 mes	Operador
		Inspección de coupling de bomba	1 mes	Operador
		lubricar los rodamientos con grasa de alta temperatura	6 meses	Mecánico
	Verificar Alineamiento bomba - motor	1 año	Mecánico	
Renovación	revisar fuga de aceite por lo retenes en la caja cierre de eje, si es necesario cambia	6 meses	Mecánico	
Motor eléctrico de bomba de aceite térmico	Operación	Revisar que el motor no se caliente mucho	1 semana	Operador
	Parada	Revisar el apriete de las tuercas de los pernos de anclaje	1 mes	Operador
		Verificar temperatura de rodamientos de chumaceras (Max 70°C)	1 mes	Operador
		Limpiar parte externa de motor	1 mes	Operador
		Medir aislamiento y resistencia del motor eléctrico	1 mes	Electricista
		Revisión y mantenimiento interna de caja de bornes	1 mes	Electricista
		Ajuste de conexión de cable de fuerza	1 año	Electricista
	Mantenimiento general de motor eléctrico	1 año	Electricista	
Renovación	Cambiar rodamientos, si están deterioradas	2 años	Electricista	
Caldera CEI 1500	Operación	Revisar la presión de la bomba de circulación	1 semana	Mecánico
		Visualizar termómetro ubicado en la parte posterior de la caja de fuego, y las lecturas del control de temperatura, que deben ser aproximadamente las mismas.	1 semana	Mecánico
		Revisar fugas de aceite, empates flojos o sueltos, en el sistema de aceite caliente	1 semana	Mecánico

Tabla 4.40. (Continuación)

EQUIPO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Caldera CEI 1500	Parada	Limpiar todo el polvo del panel de control	1 mes	Electricista
		Revisar y/o ajustar la mezcla del combustible	1 mes	Mecánico
		Verificar la presión correcta en los manómetros de combustible	1 mes	Mecánico
		Verificar la calibración correcta del termómetro y el controlador de temperatura	1 mes	Mecánico
		Medir aislamiento de los motores eléctricos	1 mes	Electricista
		Engrasar las bombas de circulación, con grasa de alta temperatura	3 meses	Mecánico
		Revisar la alineación de los acoples de la bomba y el motor	3 meses	Electricista
		Inspeccionar las tapas de los calderos, así como los tubos de fuego	1 año	Mecánico
		Mantenimiento en general de los quemadores y precalentadores	1 año	Mecánico
		Balanceo dinámico de rotores de ventiladores	1 año	Mecánico
		Mantenimiento del sistema de control automático de nivel de aceite	1 año	Personal calificado
		Mantenimiento del motor del ventilador	1 año	Electricista
		Mantenimiento del motor eléctrico de la bomba de aceite	1 año	Electricista
	Renovación	Revisión de la bomba de aceite térmico, ver como esta su sello mecánico, y recambio de rodamientos	2 años	Mecánico
		Revisión de las bombas de petróleo, su sello mecánico, rodamientos y su motor eléctrico,	2 años	Mecánico
		Reemplace el cartucho de filtro del combustible	6 meses	Mecánico

4.4. PLANEAMIENTO DEL MANTENIMIENTO

Para dar cumplimiento con los objetivos planteados, se deberá contar con una guía de procedimientos, que se aplique tanto para equipos con mantenimiento planificado y no planificado.

Procedimiento.-Esto se realizará mediante unas hojas o formatos de inspección, donde se realizarán: las inspecciones, verificaciones, chequeo de la lubricación, y también del reemplazo de las partes del equipo, a fin de que se cumpla lo que el fabricante recomiende y la experiencia del personal lo indique.

Para la elaboración de los procedimientos nos regiremos de acuerdo a las siguientes pautas: alcance, responsabilidad, procedimiento, monitoreo, registro, verificación, referencia y anexos que a continuación se detalla.

- **Alcance**, se detalla las tareas o procedimientos que el documento contiene.
- **Responsabilidad**, los responsables del cumplimiento de todos los procedimientos son: jefe de mantenimiento, encargado de planta de asfalto, mecánicos, electricistas y operadores.
- **Procedimiento**, estar pendiente de cómo se procede en efectuar las actividades de mantenimiento de los puntos a controlar de cada equipo, además considerar los requisitos necesarios para que sea posible este procedimiento, así como herramientas, insumos y análisis de seguridad y medio ambiente. En el **anexo 2**, se indica un ejemplo de procedimiento de pruebas de las entradas analógicas (PLC).
- **Monitoreo**, tanto los mecánicos y los electricistas, realizaran sus inspecciones y revisiones técnicas en todos los equipos, y las mediciones de rutina, por medio de instrumentos de medición, ya casi estándares en la planta, tales como: manómetros, termómetros, tacómetros, etc.

Ver ejemplo para el monitoreo de aislamiento de motores eléctricos, para el reporte de cada mes en **anexo 3**

- **Registro**, aquí tenemos que ver el control periódico de las horas acumuladas para el mantenimiento preventivo de las maquinarias y/o equipos, estos se documentarán en el registro del área de Plantas Industriales.
- **Verificación**, las verificaciones de las inspecciones efectuadas, revisiones y mantenimiento de los equipos son de entera responsabilidad del Jefe de Mantenimiento.
- **Referencias y anexos**, es la información utilizada para la elaboración de los procedimientos, tales como normas o estándares, libros, manual, planos, etc.

4.5. DETERMINACIÓN DE ÍNDICES DE MANTENIMIENTO

El indicador de disponibilidad de los equipos de la planta de asfalto se incrementan después de la implementación del plan de mantenimiento, debido a la reducción del tiempo de paradas no planificadas, el cual es un resultado positivo para el área de mantenimiento de la empresa.

Con la implementación del nuevo plan de mantenimiento se estima reducir las paradas no planificadas a 40 horas al año, el tiempo requerido en el mantenimiento preventivo se estima 310 horas, y el tiempo en horas programadas de trabajo al año consideramos 1447 tal como se efectuó en el mantenimiento actual (ver Sección 3.4),

según se indica en la **Tabla 4.41**; con estos datos se tiene el indicador de disponibilidad.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{1447 - (310 + 40)}{1447}$$

$$\text{Disponibilidad} = 75\%$$

Tabla 4.41. Horas de producción y paradas de la planta de asfalto-plan de mantenimiento propuesto

Horas programado de trabajo	Horas según horometro	Horas de producción	Horas-mantenimiento preventivo	Horas-paradas no planificadas
1,447	1,096.44	1,071	310	40.00

En la **Fig. 4.8** se visualiza que el indicador de disponibilidad del mantenimiento propuesto se ha incrementado con respecto al mantenimiento actual, sin embargo aún falta igualar el indicador de disponibilidad objetivo, el cual tiene como valor 85%; este valor es indicado por el área administrativo de equipos; este valor es considerado por la empresa como equipo de alta disponibilidad.

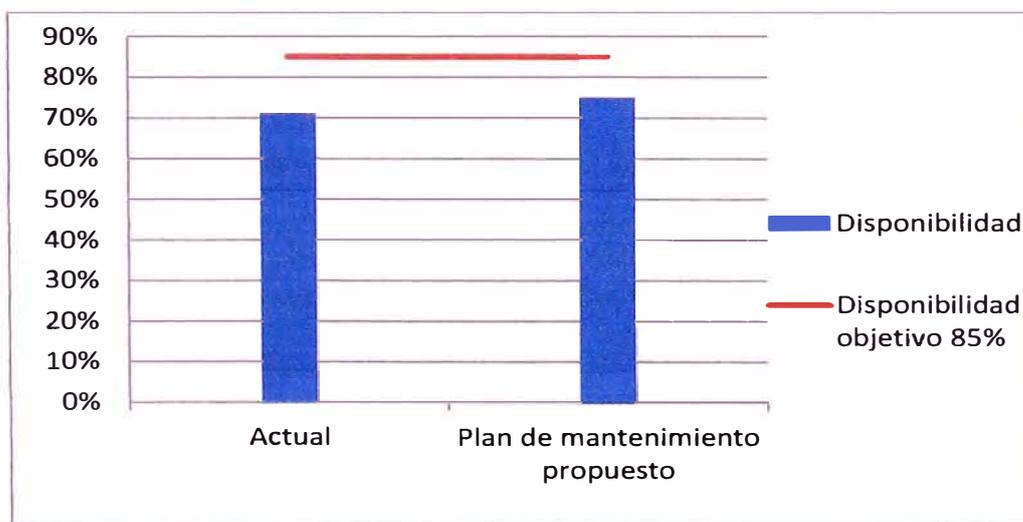


Fig. 4.8 Comparación de indicador de disponibilidad

4.6. CAPACITACIÓN TÉCNICA AL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

Para que nuestro plan propuesto tenga éxito, no solo se debe contar con el personal adecuado e idóneo, sino que se debe contar con un círculo de trabajo, en donde se reúna a todo el personal de mantenimiento o relacionado con la operatividad de la planta de asfalto, que tengan los conceptos básicos de cómo darle solución a un problema.

Para tal propósito se implementara como un apoyo a este plan de mantenimiento, las capacitaciones al personal, para que ningún trabajador este ajeno a estos problemas que se presenten en determinados periodos de trabajo. La capacitación técnica y operativa, estará bajo la dirección del jefe de mantenimiento, jefe de plantas industriales, y así también por el encargado de la planta de asfalto. En algunos temas específicos se contratará especialistas para el dictado o capacitación del personal.

El procedimiento a realizarse para el personal, será a través de exposiciones técnicas, con un lenguaje sencillo de comprender, para todos los participantes, teniendo para esto como apoyo material impreso, audiovisual u otro medio, que pueda facilitar la didáctica de la exposición del tema a tratarse. Asimismo se incentivara a los participantes a intercambiar ideas del tema expuesto, entre los participantes para así afianzar y llegar a un mejor entendimiento del tema tratado, y que ningún participante se quede con interrogantes, por eso esa discusión final tiene que ser lo más abierta posible.

Se ha establecido realizar una capacitación técnica e integral, al personal nuevo, según su área de trabajo, se ira instruyendo "in situ", paulatinamente, de acuerdo a

sus habilidades personales, buscando que su aprendizaje y conocimientos técnicos y teóricos, se vean plasmados en la práctica; además serán sometidos a una constante evaluación, hasta llegar al objetivo deseado, que sea un buen trabajador con conocimientos técnicos y seguridad personal.

Uno de los temas importantes a capacitar al personal encargado de la planta de asfalto es el sistema computarizado de gestión de mantenimiento, denominado EAM-ORACLE; es un software de gestión que la empresa ha adquirido recientemente para implementar los planes de mantenimiento.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1. COSTOS DE MANTENIMIENTO ACTUAL

Los costos de operación de mantenimiento, se obtiene recurriendo al costo histórico de mantenimiento correctivo planificado y los no planificados. Los datos recopilados corresponden al año 2011, se incluyen los costos en repuestos, costo en materiales, y los costos en mano de obra (Tabla 5.1, Tabla 5.3)

Tabla 5.1 .- Costo en repuestos- mantenimiento actual

Equipo	Costo
Cabina de control y sistema de control	S/. 5,322.00
Sistema de alimentación de agregados	S/. 25,620.00
Tambor mezclador (Drumix)	S/. 54,997.00
Elevador de Paletas	S/. 58,919.12
Silo	S/. 4,777.50
Colector de polvos- exhaustor	S/. 21,378.00
Sistema de dosificación de cemento asfáltico	S/. 1,200.00
Sistema de descarga de cemento asfáltico	S/. 500.00
Sistema de calentamiento de cemento asfáltico	S/. 2,574.40
TOTAL	S/. 175,288.02

Tabla 5.2 Costo de materiales-mantenimiento actual

Item	Cant	Descripción	Costo/unit	Costo Total
1	40	Acetileno	S/. 46.71	S/. 1,868.40
2	100	Lija p/ferro nro. 80	S/. 1.30	S/. 130.00
3	2	Limpia contactos electrico	S/. 23.31	S/. 46.62
4	150	Oxigeno	S/. 14.41	S/. 2,161.50
5	40	Perno acero cabeza hexagonal sae 1020 unc 3/8 in x 4 in	S/. 9.27	S/. 370.80
6	16	Perno cab. hexagonal 3/4 in x 2 1/2 in	S/. 4.24	S/. 67.84
7	32	Perno cab. hexagonal nc 1/2 in x 1 1/2 in, g2	S/. 11.19	S/. 358.08
8	8	Perno cab. hexagonal nc 1/4 in x 1 in, g8	S/. 24.70	S/. 197.60
9	100	Perno cab.avellanada completo 5/8 in x 2 in	S/. 2.82	S/. 282.00
10	12	Perno cabeza coche 1/4 in x 2 in	S/. 0.85	S/. 10.20
11	40	Perno cabeza hexagonal 3/8 in x 5 in	S/. 0.85	S/. 34.00
12	10	Perno cabeza hexagonal unc 3/4 in x 1 in	S/. 7.54	S/. 75.40
13	120	Perno cabeza hexagonal unc 5/8 in x 4 1/2 in	S/. 3.39	S/. 406.80
14	60	Perno cabeza hexagonal unc 7/16 in x 3 in	S/. 1.27	S/. 76.20
15	24	Perno central m16 x 23 cm	S/. 6.78	S/. 162.72
16	8	Pintura anticorrosiva c/blanco	S/. 30.51	S/. 244.08
17	4	Pintura esmalte sintetico blanco humo	S/. 30.51	S/. 122.04
18	21	Silicona gris	S/. 7.60	S/. 159.60
19	16	Silicona roja	S/. 7.98	S/. 127.68
20	0.5	Soldadura bronce 1/8 in	S/. 64.24	S/. 32.12
21	133	Soldadura cellocord e-6011 1/8 in x 3.15 mm	S/. 12.72	S/. 1,691.76
22	40	Soldadura cellocord e-6011 5/32 in (4.0 mm)	S/. 11.68	S/. 467.20
23	40	Soldadura chanfecord 1/8 in (3,25 mm)	S/. 16.54	S/. 661.60
24	15	Soldadura citofonte 1/8 in 3.25 mm	S/. 292.72	S/. 4,390.80
25	60	Soldadura supercito 3/16 in	S/. 7.34	S/. 440.40
26	60	Soldadura supercito e 7018 5/32 in	S/. 13.11	S/. 786.60
27	120	Soldadura supercito e-7018 1/8 in (3.25 mm)	S/. 12.54	S/. 1,504.80
28	20	Thiner	S/. 15.25	S/. 305.00
29	15	Tornillo autorroscante 1 1/2 in	S/. 0.25	S/. 3.75
30	15	Tornillo autorroscante 3/16 in x 1/2 in	S/. 0.17	S/. 2.55
31	10	Tubo fierro galvanizado c/rosca 1 in x 6.40m	S/. 51.70	S/. 517.00
32	4	Tuerca acero hexagonal sae 1020 unf 1/2 in	S/. 10.59	S/. 42.36
TOTAL				S/. 17,747.50

Tabla 5.3 .- Costo en mano de obra- mantenimiento actual

Ítem	Cant.	Personal	HH	Cost/Hora	Cost Total
1	2	Mecánico	360	S/. 13.11	S/. 9,439.20
2	1	Soldador	400	S/. 13.11	S/. 5,244.00
3	1	Calderista	400	S/. 13.11	S/. 5,244.00
4	1	Operador Planta Asfalto	400	S/. 13.11	S/. 5,244.00
TOTAL Mano de Obra					S/. 25,171.20

En resumen se tiene los costos:

- Costo en Repuestos: S/. S/. 175,288.02
- Costos en Materiales: S/. 17,747.50
- Costos en Mano de Obra: S/. 25,171.20

Por lo tanto, el costo total de mantenimiento actual o correctivo fue de:

S/. 218,206.72

5.2. PÉRDIDAS EN PRODUCCIÓN

Las pérdidas de producción, son consecuencias directas de las paradas de planta no planificadas; para calcular las pérdidas económicas en producción en el año 2011, se considera las siguientes condiciones:

- Costo del producto de pavimento de concreto asfáltico en caliente (MAC) (S/.) por metro cubico (m^3) es de 116.49 nuevos soles
- La planta produce 70 m^3/h de mezcla asfáltica en promedio
- El año 2011, según los reportes de paradas elaboradas por el área de equipos, la cantidad de horas de parada no planificada que afectaron directamente a la producción, fue de 64 horas.

- Entonces la perdida x hora en producción por paradas no planificadas es:

$$70 \text{ m}^3/\text{h} \times (116.49 \text{ nuevos soles})/\text{m}^3 = \text{S/}. 8,154.30$$

Con estos datos se obtiene la pérdida en producción correspondiente al año 2011, se obtiene el valor de S/. 521,875.00 (S/).8154 x 64h).

5.3. COSTOS CON EL PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO

El costo del mantenimiento propuesto de los equipos de la Planta de Asfalto BMG se obtiene mediante todos los costos involucrados en la realización de cada actividad planificada, detallado en el Capítulo 4. Los costos involucrados para el cálculo son: mano de obra, costos en repuestos y materiales (**Tabla 5.4**), los costos en capacitación que se estiman en S/. 30, 000.00, y los costos en implementación de procedimientos se estima S/. 30, 000.00; finalmente el costo anual del mantenimiento propuesto resultaría ser de **S/. 241,212.60**

Tabla 5.4.- Costos en repuestos, materiales y mano de obra

Equipo	Costo
Cabina de control y sistema de control	S/. 6,509.00
Sistema de alimentación de agregados	S/. 24,200.00
Tambor mezclador (Drumix)	S/. 49,300.00
Elevador de Paletas	S/. 62,000.00
Silo	S/. 3,500.00
Colector de polvos-Exhaustor	S/. 25,100.00
Sistema de dosificación de cemento asfáltico	S/. 3,500.00
Sistema de descarga de cemento Asfáltico	S/. 2,321.25
Sistema de calentamiento de cemento asfáltico	S/. 4,782.36
TOTAL	S/. 181,212.60

5.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

La producción de mezcla asfáltica en el año 2011 fue de 70450 m³, lo que multiplicando por S/.116.49 (costo de la mezcla asfáltica por m³), se obtiene el ingreso total de la producción en nuevos soles y representa S/. 8, 191,075.00, como se indica en la **Tabla 5.5**; y los tiempos de producción y parada no planificada se indica en la Sección 4.5.

Tabla 5.5 . Resumen de producción y costos

Tipo de Mantenimiento	Mantenimiento Actual - M.C.	Mantenimiento Propuesto
Costo de la mezcla asfáltica x m ³	S/. 116.49	S/. 116.49
Producción promedio de mezcla asfáltica x hora en metros cúbicos (m ³)	70	70
Perdidas x producción(S/.) x hora	S/. 8,154.30	S/. 8,154.30
Tiempo programado de trabajo anual (horas)	1447	1447
Tiempo de producción anual (horas)	1005	1071
Tiempo de parada no planificada	64	40
Producción total anual (m ³)	70350	72030
Ingresos por la producción de mezcla asfáltica	S/. 8,195,071.50	S/. 8,733,255.30
Perdidas en producción de asfalto	S/. 521,875.20	S/. 326,172.00
Costo de mantenimiento	S/. 218,206.72	S/. 241,212.60
Costo de mantenimiento + perdidas en producción	S/. 740,081.92	S/. 567,384.60

De los datos de la **Tabla 5.5**, se calcula los indicadores de costos: Relación de costos de mantenimiento Vs. Producción, Relación de pérdidas por mantenimiento Vs producción, Costos de mantenimiento por unidad de producción; los cuales se muestran en la **Tabla 5.6**.

Tabla 5.6 Indicadores de costos y mantenimiento

Indicador de costo	Mantenimiento Actual - M.C.	Mantenimiento Propuesto
Relación de costo de mantenimiento Vs. producción	2.66%	2.76%
Relación de pérdidas por mantenimiento Vs producción	6.37%	3.73%
Costos de mantenimiento por unidad de producción (nuevos soles/metro cubico)	3.1	3.2

En la **Tabla 5.6** se indica que las pérdidas de producción por causas del mantenimiento por metro cubico de asfalto disminuye de 6.37% a 3.73% y el costo de mantenimiento por metro cubico de asfalto aumenta de 2.66% a 2.76%; el incremento de costo de mantenimiento es menor respecto a los beneficios económico que se obtiene con la disminución de las pérdidas de producción a causas del mantenimiento.

En la **Fig. 5.1** se indica gráficamente el incremento en los ingresos por producción de mezcla asfáltica, esto debido la reducción de tiempo de paradas de planta no planificada, y en consecuencia se tiene una reducción en los costos de mantenimiento + pérdidas de producción en S/. 172,697.00.

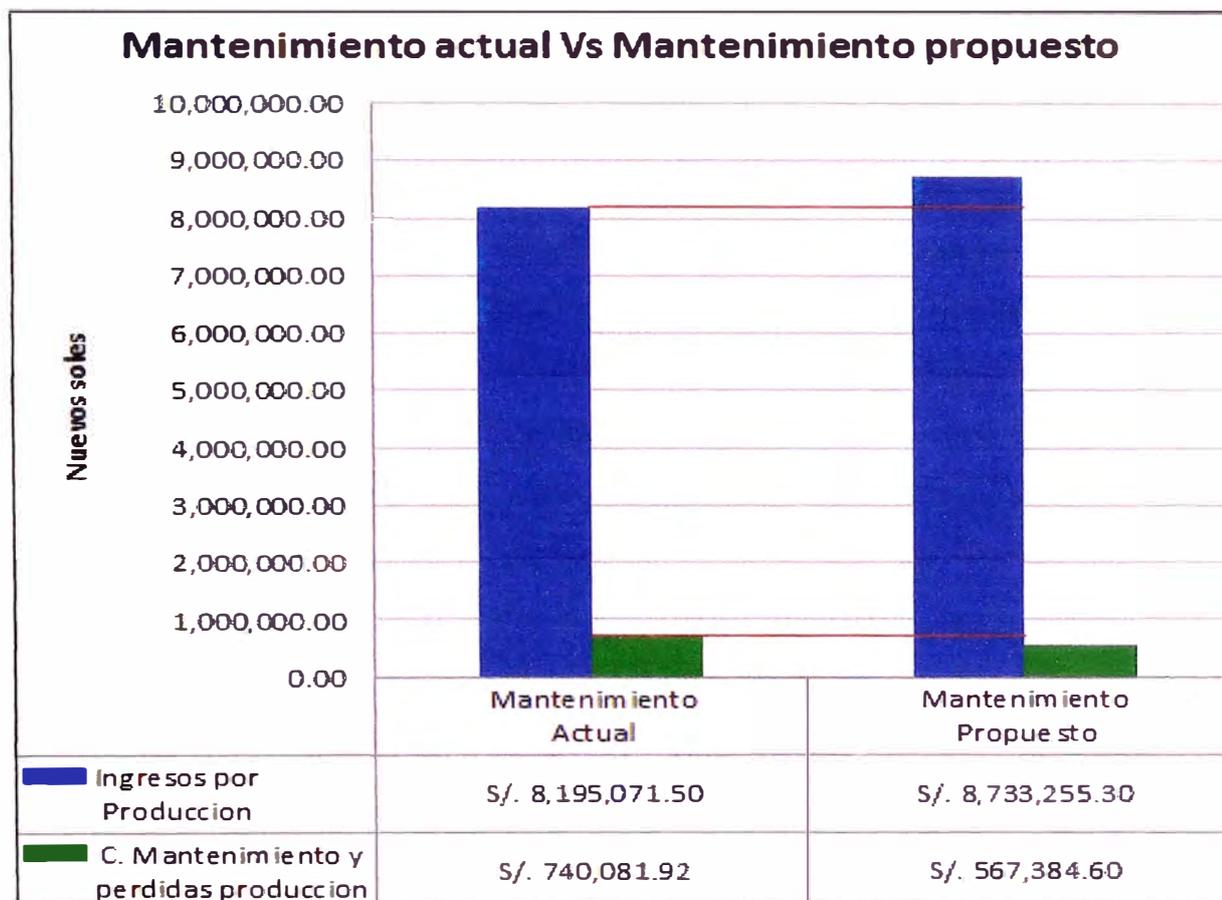


Fig. 5.1 . Comparación en costos de mantenimiento actual y el propuesto

CONCLUSIONES

- Al codificar la planta se provee al sistema de una plataforma de información que permite conocer e identificar con mayor facilidad los objetos técnicos, optimizar mejor los recursos y llevar un control y seguimiento más expedito de las acciones de mantenimiento.
- La implementación del plan de mantenimiento, disminuye notablemente los tiempos de parada de la planta, asimismo se tiene el incremento en la disponibilidad a 75%, este indicador es beneficioso para la toma de decisiones de la empresa.
- El uso técnico y eficiente del plan de mantenimiento preventivo y su correcto funcionamiento con las mejoras del caso, nos permitirán reducir las pérdidas en producción por causa del mantenimiento de 6.37% a 3.73% respecto a los costos de producción total.

RECOMENDACIONES

- Tener toda la información del fabricante de los equipos de planta de asfalto en una biblioteca, y que sea accesible a todo el personal para su estudio y/o capacitación.
- Establecer la adquisición de los repuestos en cantidad y tiempo óptimos de los componentes críticos; efectuando un estudio de stocks mínimos y máximos considerando de la criticidad de los repuestos y de la reposición automática de los mismos. Como por ejemplo los polines de faja transportadora.
- Tener personal con conocimiento del sistema computarizado EAM-ORACLE, para el almacenar de manera correcta y ordenada el historial de fallas de equipo y de costos; con la finalidad de evaluar y mejorar los planes de mantenimiento en el futuro.
- 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

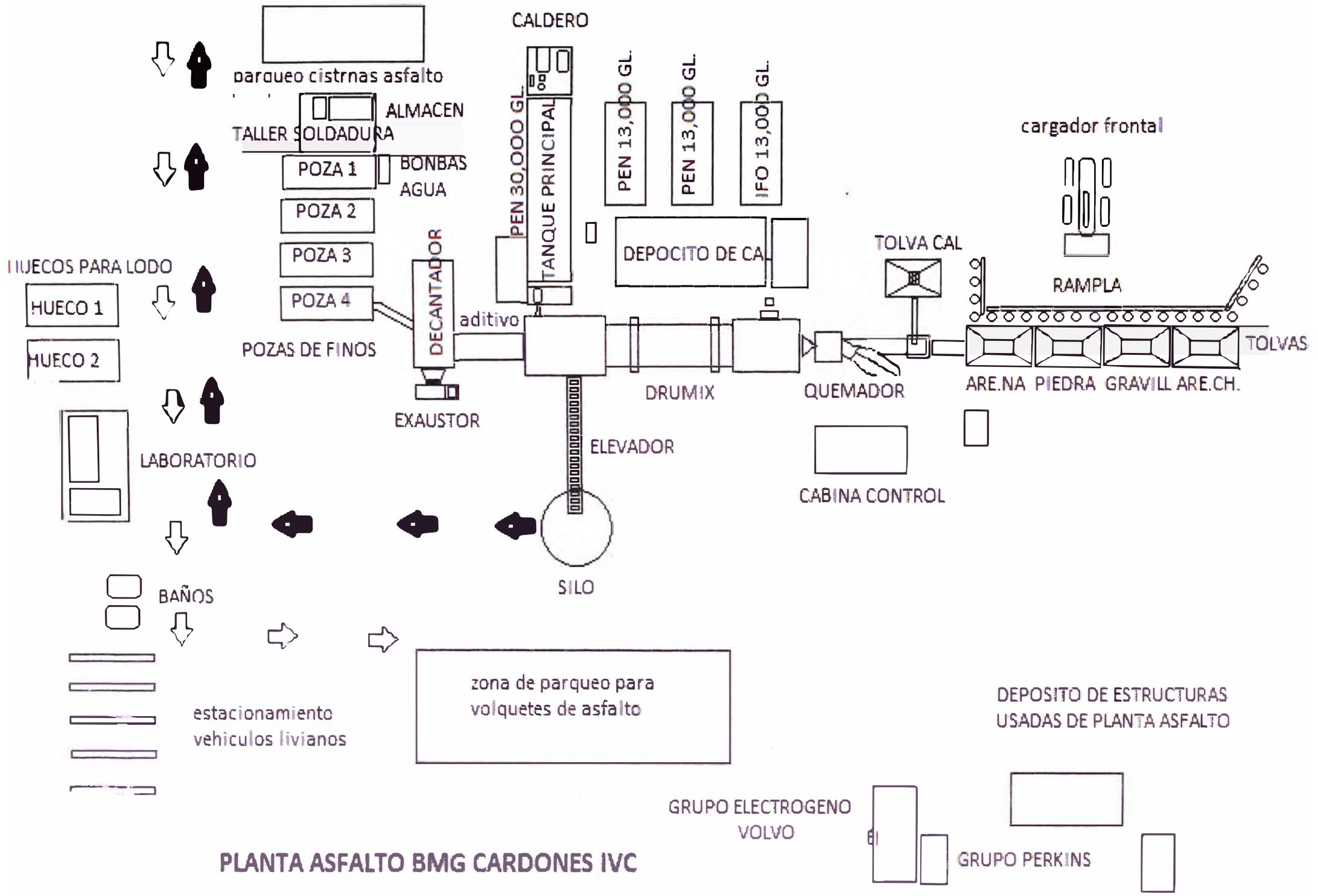
BIBLIOGRAFÍA

- Mantenimiento Industrial, Iván Gallara - Pontelli
- Teoría y práctica del mantenimiento industrial. F. Monchy. Masson, Barcelona (1990).
- Mantenimiento industrial avanzado, 2° edición, Javier Gonzales Fernández, Madrid.
- Mantenimiento Industrial. Oropeza López, Ignacio Carletti B.R.- Venezuela.
- Maintenance fundamentals, 2° ed. - R. Keith Mobley.
- Gestión Moderna del Mantenimiento, Dr. Ing. Rodrigo Pascual J. Santiago, U. de Chile.
- .Gestión del Mantenimiento, Jorge Rodríguez Araujo
- Maintenance Engineering Handbook 6Ed - McGrawHill 2002
- Handbook of Maintenance Management and Engineering, Mohamed Ben-Daya
- Planificación y programación del mantenimiento, Institución Tecsup , 2008, Lima- Perú
- Manual de Partes de la Planta de Asfalto BMG.
- Páginas web en internet
www.bmgselftec.com

ANEXOS

- Anexo 1: Disposición de Planta de Asfalto BMG.
- Anexo 2: Procedimiento pruebas de entradas analógica- PLC
- Anexo 3: Cuadro de reporte de control de aislamiento de motores eléctricos

ANEXO 1



PLANTA ASFALTO BMG CARDONES IVC

ANEXO 2

SECUENCIA DE PASOS Y RIESGOS ASOCIADOS	FACTORES DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD	FACTORES DE SEGURIDAD /MEDIO AMBIENTE Y MEDIDAS PREVENTIVAS
--	----------------------------------	---

<p>1.- Abrir permiso de trabajo. Riesgos: Seguridad.- Permiso de trabajo poco claro o incompleto. Medio ambiente.- No se detectan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> El encargado de la planta debe autorizar mediante una firma y establecer los requisitos necesarios para la ejecución del trabajo. encargado de la planta deberá entregar el equipos a probar en las condiciones adecuadas para poder realizar las pruebas de forma correcta y segura (equipos enclavados, aislados, calzados, fuera servicio, etc.) 	<p>Seguridad General.-</p> <ul style="list-style-type: none"> Usar equipo de protección personal (EPP), gafas y zapatos de seguridad. Comprobar que el permiso de trabajo está correctamente llenado. Cumplimiento en todo momento de lo especificado en el permiso de trabajo así como otras medidas adicionales propias del oficio.
<p>2-Conectarse al PLC. Riesgos: Seguridad.- Parada equipo. Parada de planta. Medio ambiente.- No se detectan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Conectar el PC de programación en PLC de la zona a intervenir. 	<p>Seguridad.-</p> <ul style="list-style-type: none"> Esta operación debe realizarse con el PC apagado y sin tensión, pues los puertos del PC y del PLC pueden sufrir daños. Deberán utilizarse gafas y zapatos de seguridad.
<p>4-Comprobar la documentación. Riesgos: Seguridad.- Medio ambiente.- No se detectan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Con la documentación actualizada colocar registros en PC (únicamente los de los equipos que operación tiene constancia) 	<p>Seguridad.-</p> <ul style="list-style-type: none"> Esta operación debe ser realizada por personal cualificado. Deberán utilizarse gafas y zapatos de seguridad.
<p>5-Comprobación de la entrada. Riesgos: Seguridad.- Contacto eléctrico. Ruidos Medio ambiente.- No se detectan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> inyectar corriente/tensión) desde el elemento de inicio (salida convertidor) o desde el punto más próximo a éste. 	<p>Seguridad.-</p> <ul style="list-style-type: none"> El personal de campo debe ir equipado con casco, gafas, zapatos de seguridad, guantes aislantes y protección auditiva.(si procede).
<p>6-Comprobar los pasos intermedios de la señal. Riesgos: Seguridad.- Contacto eléctrico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> En caso de que las señales pasen por cajas o armarios intermedios, también se realizarán las comprobaciones oportunas. 	<p>Seguridad.-</p> <ul style="list-style-type: none"> En caso de utilizar emisoras en campo, estas serán aptas para la zona. - El personal de campo

<p>Ruidos.</p> <p>Medio ambiente.- No se detectan.</p>		<p>debe ir equipado con casco, gafas, zapatos de seguridad, guantes aislantes y protección auditiva.(si procede).</p>
<p>7-Comprobaciones en el armario de PLC.</p> <p>Riesgos: Seguridad.- Contacto eléctrico</p> <p>Medio ambiente.- No se detectan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • En armario PLC, comprobar con multímetro los módulos y las señales de la entrada, son correctas y coinciden con documentación. 	<p>Seguridad.-</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deberán utilizarse gafas y zapatos de seguridad.
<p>9- No dejar equipos enclavamiento.</p> <p>Riesgos: Seguridad.- Actuación involuntaria en algún equipo.</p> <p>Medio ambiente.- No se detectan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Una vez finalizadas todas las pruebas previstas con operación, cerciorarse que no han quedado equipos enclavados. 	<p>Seguridad.-</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deberán utilizarse gafas y zapatos de seguridad.
<p>10-Cumplimentar procedimiento de finalización de trabajos en PLC.</p> <p>Riesgos: Seguridad.-</p> <p>Medio ambiente.- No se detectan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Una vez se ha terminado se debe cumplimentar el procedimiento de Finalización trabajos en PLC,s (ver PE-IN-1.3) leyendo y comprobando cada uno de los pasos que en él se marcan. Entregar la hoja rellena (con fecha y técnico que ha realizado la operación) al responsable de plantas industriales 	
<p>11-Cerrar permiso de trabajo.</p> <p>Riesgos: Seguridad.-</p> <p>Medio ambiente.- No se detectan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Finalizados todos los trabajos previstos en el permiso de trabajo, proceder a cerrar dicho permiso. 	

Rellenar este documento una vez finalizados los trabajos, en cuyos procedimientos se exija la cumplimentación de este documento.

- 1.-Hacer copia de seguridad, en caso de haber modificado el programa.
- 2.-Gravar la copia de seguridad en el ZIP de revisiones del programa si se ha modificado el programa.
- 3.-Comprobar que no queda ninguna referencia en "DISABLE" si hubiera alguna que no hemos utilizado nosotros.
- 4.-Comprobar que queda protegida la memoria en el CPU
- 5.-En caso de CPU,s redundantes comprobar que las dos están en RUN y una en PRIMARY y la otra en STAND-BY.
- 6.-Comprobar en el Display de STATUS que la única anomalía ha sido "Desproteger memoria".
- 8.- Archivar esta hoja en archivo de Instrumentación

TRABAJO.....

PLC:.....

TÉCNICO ESPECIALISTA:.....

TÉCNICO OBRAINSA:.....

FECHA:.....

FIRMA.

