

CAPÍTULO 10

**MANTENIMIENTO
IMPLEMENTACIÓN DEL
MANTENIMIENTO PREVENTIVO
EN LOS SISTEMAS
DE ABASTECIMIENTO DE AGUA**

1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo describe los procedimientos para implementar el mantenimiento preventivo en los sistemas de abastecimiento de agua. Pero antes debemos responder a las siguientes preguntas:

1.1 ¿Qué es el mantenimiento?

Existe una serie de conceptos para definir el mantenimiento. En el caso específico de los sistemas de abastecimiento de agua, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- La calidad del agua es variable.
- Se emplean diversos procesos de tratamiento de agua.
- No existen dos estaciones de tratamiento similares; es decir, que tengan igual tamaño, el mismo tipo de construcción y tiempo de servicio y similar calidad del agua tratada.
- No existen dos estaciones idénticas en organización, personal y control.
- En las plantas de tratamiento de agua existe una gran variedad de equipos y diversos proveedores.

De todo esto se concluye que no existe un sistema único de mantenimiento, pero sí un conjunto de actividades con fines comunes.

Entonces, se puede definir genéricamente al mantenimiento como la conservación o protección de componentes o equipos para una condición determinada, especialmente en lo que se refiere a su eficiencia y bajo costo de operación.

1.2 ¿Por qué se debe realizar el mantenimiento?

Existen varias razones por las cuales un sistema de tratamiento y distribución de agua debe tener un servicio organizado de mantenimiento de sus instalaciones y equipos.

Una de ellas es el hecho de que el abastecimiento de agua constituye, sin lugar a dudas, el servicio público más importante y no puede tener interrupciones imprevistas. Otra razón consiste en que, una vez implantado el mantenimiento, los costos se reducen.

1.3 ¿Qué ventajas tiene el mantenimiento?

Entre las principales ventajas del mantenimiento, podemos mencionar las siguientes:

- mejor conservación de los equipos;
- aumento de la calidad y de la productividad;
- disminución de paralizaciones imprevistas;
- disminución de reparaciones;
- reducción de horas extra de trabajo, y
- reducción de costos.

2. DEFINICIONES

Inspección. Actividad sistemática de verificación periódica de las estructuras, equipos, etcétera, que sirve para detectar condiciones que puedan causar su interrupción o deterioro excesivo.

Servicio. Realización de acciones rutinarias orientadas a mantener los equipos en óptimas condiciones de funcionamiento y a prevenir desperfectos de mayor envergadura y costo. Entre estas actividades están las siguientes: lubricación, ajustes, limpieza, reemplazo de pequeñas partes, pintura, arreglo de jardines, etcétera.

Reparaciones. Restauración o reemplazo de las partes defectuosas o gastadas, identificadas ya sea por inspecciones o por interrupciones de la operación, para ponerlas en buenas condiciones de funcionamiento.

Modificación. Alteración de la configuración o diseño original de partes de un equipo o estructura o cambio material con miras a reducir el costo y aumentar la eficiencia.

Sustitución. Instalación de unidades nuevas en lugar de las existentes, que se han vuelto obsoletas y que muchas veces se tornan antieconómicas o ineficaces debido al uso excesivo, o generan costos elevados de mantenimiento por su mal funcionamiento.

3. ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Programa de mantenimiento

El programa de mantenimiento constituye una sistematización de todas las actividades y estrategias destinadas a prevenir los daños. Su objetivo básico es garantizar la disponibilidad de la instalación para atender el programa de producción con calidad y productividad y asegurar costos adecuados.

Para elaborar el programa de mantenimiento, se deben tener en cuenta los siguientes ítems:

1. Registro de equipos, agrupados por secciones;
2. descripción de las actividades para el mantenimiento, y
3. plan estratégico.

Fichas de trabajo

Para ejecutar el programa de mantenimiento se requiere elaborar unas fichas que servirán para controlar, solicitar, reportar, etcétera, las actividades que se van a ejecutar. Entre estas fichas, tenemos las siguientes:

1. orden de trabajo;
2. solicitud de repuestos y materiales;
3. reporte semanal de mantenimiento, e
4. historial de los equipos.

Manuales de mantenimiento

Los manuales son procedimientos de trabajo que se preparan para ayudar al personal de mantenimiento. Se elaboran teniendo en cuenta los catálogos de los equipos suministrados por el fabricante y la experiencia de los técnicos. Para esto se elaboran los siguientes manuales:

1. manual de mantenimiento del equipo;
2. manual para eliminar averías del equipo.

Almacén

Un factor importante para la política de reducción de costos es el control adecuado de los repuestos, materiales y accesorios de

mantenimiento. Un manejo carente de planificación genera sobre costos por el gran número de repuestos que se requieren, o bien deriva en largas paralizaciones en la producción debido a la falta de ellos.

Entre los factores que determinan la cantidad de repuestos, están los siguientes:

- la cantidad utilizada;
- la frecuencia de reemplazo;
- los efectos en la operación o depreciación, lo cual es importante para no invertir dinero en partes o piezas que, por lo general, se reemplazan con baja frecuencia.

Evaluación

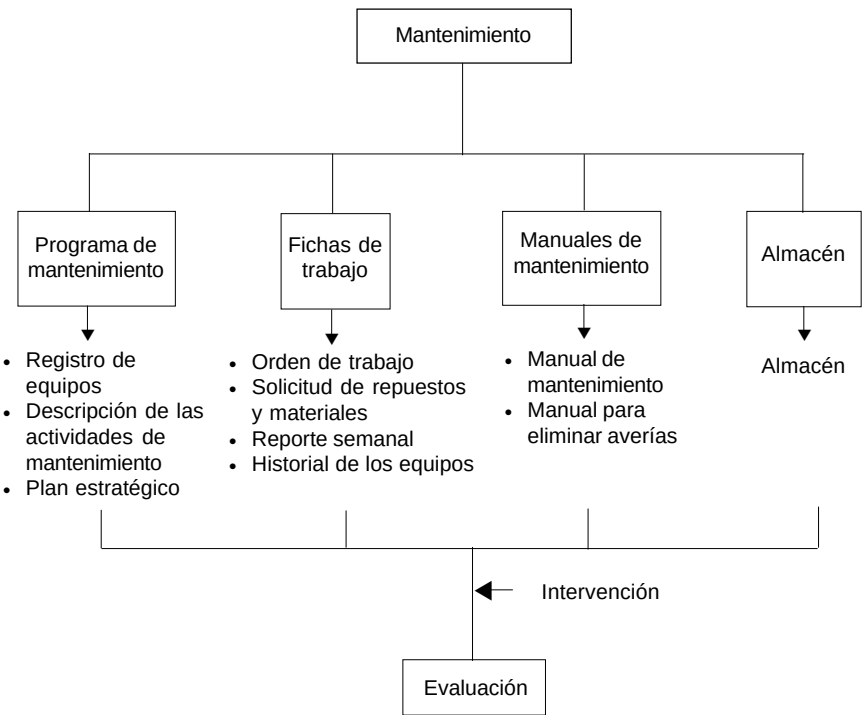
En esta actividad se emplean datos históricos para predecir el futuro, teniendo en cuenta que sin una evaluación, cualquier sistema de mantenimiento tiende a fracasar. Para la evaluación, se analizan los datos o la información contenida en las fichas de trabajo.

Esta evaluación hace posible lo siguiente:

- ajustar el programa y mantener actualizados los manuales de mantenimiento;
- analizar los trabajos realizados y los materiales empleados a fin de determinar los costos de mantenimiento, para efectos de programación y control del presupuesto;
- determinar los costos que demanda la gestión administrativa del almacenamiento, adquisición y uso de los repuestos, e
- informar a los demás sobre lo que se ha realizado y lo que se pretende realizar.

En el cuadro siguiente se tiene el esquema de la organización del mantenimiento preventivo:

Organización del mantenimiento preventivo



4. ELABORACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El programa de mantenimiento se elabora teniendo en cuenta lo siguiente:

Registro de equipos

El primer paso para la elaboración del programa de mantenimiento será inventariar y recopilar información de todos los equipos e identificar su ubicación física, según una ruta que coincida con el recorrido del agua por las diferentes instalaciones y unidades del proceso.

Una vez inventariados los equipos, se procede a agruparlos por secciones, codificarlos y clasificarlos. Por ejemplo: sección de entrada, sección de tratamiento y sección de salida del agua tratada.

Cada equipo es codificado mediante un código alfanumérico. Si existieran dos máquinas iguales que operen en una determinada sección —por ejemplo, dos unidades de dosificación—, entonces las unidades quedarán codificadas como D1 y D2, respectivamente.

Para la clasificación se debe tener en cuenta la criticidad del equipo:

Criticidad 1. Equipo absolutamente necesario para garantizar la continuidad de operación de la planta. Su falta ocasiona graves perjuicios al servicio.

Criticidad 2. Necesario para la operación de la planta, pero puede ser parcial o totalmente reemplazado.

Criticidad 3. No esencial para los procesos de la planta, fácilmente reemplazable.

Con la información recopilada sobre cada equipo, se elabora la ficha llamada “Registro del equipo”, un formato que identifica al equipo y contiene las características y datos más importantes, tales como los siguientes: código del equipo, sección, fecha de adquisición e instalación, capacidad, fabricante, modelo, número de serie, características técnicas, partes principales, criticidad, etcétera. La cantidad de estas

fichas dependerá de la cantidad de equipos que existan en la planta de tratamiento.

Los datos para llenar tales fichas se obtienen de las placas de los equipos suministrados por las firmas proveedoras o fabricantes.

En el Anexo 1, se muestra un ejemplo de una ficha “Registro del equipo” para una bomba centrífuga.

Descripción de las actividades de mantenimiento

Contiene las actividades de mantenimiento que se deben realizar con cada equipo, con la finalidad de eliminar o disminuir los problemas más frecuentes que provocan la paralización intempestiva de una o varias máquinas.

Estas actividades se obtienen de los manuales de los fabricantes, de la experiencia de los trabajadores, etcétera, y tienen una duración anual o bienal, según se vaya comprobando su grado de eficiencia y aplicabilidad.

En el Anexo 2 se muestra un ejemplo de descripción de las actividades para el mantenimiento, que corresponde a la sección de entrada de agua. Un procedimiento similar se sigue con el tratamiento, la salida de agua tratada, etcétera.

Este anexo contiene:

Nombre de la empresa

Sección: entrada de agua, que, a modo de ejemplo, se identifica con el código E-100, y comprende, entre otros:

- captación y conducción de agua;
- compuertas y rejas: se identifica con el código C-1;

- tuberías: se identifica con el código T-1;
- válvulas: se identifica con el código V-1;
- bombas: se identifica con el código B-1.

En la primera columna se colocan números en forma correlativa a cada actividad. En la siguiente columna se listan las actividades de mantenimiento, seguidas de la frecuencia de trabajo y de los materiales o repuestos indispensables para ejecutar dicha actividad.

La frecuencia de trabajo describe la periodicidad con que se deben realizar dichas actividades. Para esto se adopta la simbología con la que se suelen representar los periodos de intervención:

- | | |
|----|--|
| H | = actividad que se desarrolla cada hora; |
| D | = actividad que se desarrolla diariamente; |
| S | = actividad que se desarrolla semanalmente; |
| Q | = actividad que se desarrolla quincenalmente; |
| M | = actividad que se desarrolla mensualmente; |
| 2M | = actividad que se desarrolla cada dos meses; |
| 3M | = actividad que se desarrolla cada tres meses; |
| 6M | = actividad que se desarrolla cada seis meses; |
| A | = actividad que se desarrolla anualmente, y |
| 3A | = actividad que se desarrolla cada tres años. |

Con la descripción de las actividades para el mantenimiento se elabora el plan estratégico.

Plan estratégico

Elaborado específicamente para atender las actividades que se deben realizar para el mantenimiento en forma diaria durante un mes.

En el Anexo 3 se muestra un ejemplo que contiene lo siguiente:

Sección: entrada de agua (E-100)

En la primera columna se ubica el número de actividad que se va a realizar (igual que en la descripción de las actividades de mantenimiento) y, en las siguientes columnas, los días del mes.

Para esta ficha se ha tomado en cuenta la siguiente simbología:

El símbolo “o” representa la actividad programada y “x” se introduce una vez cumplida la ejecución de la actividad.

Como ejemplo se ha tomado la actividad número 8 de la descripción de actividades para el mantenimiento (Anexo 1), donde se indica que la frecuencia de trabajo es semanal (s). De esta manera, la actividad debe estar programada en el plan estratégico cada siete días, para efectuar el mantenimiento.

Si el plan estratégico contempla que se debe realizar actividades diferentes de la inspección de los equipos, como desmontaje, cambio de piezas, etcétera, se deberá elaborar fichas de trabajo:

Fichas de trabajo

Para que el programa de mantenimiento cumpla las actividades, se debe elaborar fichas de trabajo que contemplen las órdenes, los materiales y repuestos, para finalmente reportar y hacer un historial de los equipos. Esto servirá para retroalimentar el programa de mantenimiento. Entre los principales tipos de fichas, están los siguientes:

Orden de trabajo

Depende del plan estratégico en el que se especifican los cambios, reparaciones, emergencias, etcétera, que serán atendidos por el equipo. Esta orden será solicitada por el jefe de turno y aprobada por el encargado de mantenimiento. Debe tenerse en cuenta que ningún trabajo podrá iniciarse sin la respectiva orden y sin que las condiciones

requeridas para dicha labor hayan sido verificadas personalmente por el encargado. Para esto se debe tener en cuenta la siguiente jerarquía:

Emergencia. Son aquellos trabajos que atañen a la seguridad de la planta, averías que significan grandes pérdidas de dinero o que pueden ocasionar grandes daños a otras unidades. Estos trabajos deben iniciarse de forma inmediata y ser ejecutados de forma continua hasta su completa finalización. Pueden tomar horas extra.

Urgente. Son trabajos en los que debe intervenir lo antes posible, en el plazo de 24 a 48 horas después de solicitada la orden. Este tipo de trabajos sigue el procedimiento normal de programación. No requiere sobretiempos, salvo que ello sea solicitado explícitamente por la dependencia correspondiente.

Normal. Son trabajos rutinarios cuya iniciación es tres días después de solicitada la orden de trabajo, pero pueden iniciarse antes, siempre que exista la disponibilidad de recursos. Sigue un procedimiento normal de programación.

Permanente. Son trabajos que pueden esperar un buen tiempo, sin dar lugar a convertirse en críticos. Su límite de iniciación es dos semanas después de haberse solicitado la orden de trabajo. Sigue la programación normal y puede ser atendido en forma cronológica de acuerdo con lo programado.

En el anexo 4, se muestra un ejemplo de una ficha “Orden de trabajo”, donde se debe anotar el código del equipo, la sección de trabajo, el número de actividad que se debe realizar, la prioridad (emergencia, urgente, etcétera), la fecha, la mano de obra, los materiales, etcétera.

Solicitud de repuestos y materiales

Para proveer de materiales y repuestos al personal de mantenimiento, se elabora una ficha denominada “Solicitud de repuestos y materiales”, donde se solicita a almacén estos insumos.

Esta ficha servirá para llevar un control adecuado de repuestos y materiales. Va acompañada de la orden de trabajo.

En el Anexo 5 se muestra un ejemplo de ficha de “Solicitud de repuestos y materiales”, donde se debe anotar el número de solicitud, la fecha, el turno, el código del equipo, la sección y la descripción de los repuestos o materiales que se pide.

Reporte semanal de mantenimiento

Sirve para registrar los servicios efectuados durante la semana y llevar un mejor control de los trabajos de prevención y de los costos de los materiales empleados.

En el Anexo 6 se muestra un ejemplo de la ficha “Reporte semanal de mantenimiento”, donde se debe anotar la fecha, el código del equipo, el número de orden, el trabajo que se realizó, los materiales y los costos.

Historial del equipo

Después de intervenir cada equipo, se registra en la ficha “Historial del equipo” la fecha, los servicios y reposiciones realizadas, los materiales usados, etcétera. Esta ficha también servirá para controlar la operación y calidad y modificar el programa de mantenimiento.

La cantidad de estas fichas dependerá del número de equipos con que cuente la planta de tratamiento de agua.

En el Anexo 7 se muestra un ejemplo de la ficha “Historial del equipo”.

Manuales de mantenimiento

Manual de mantenimiento

Son instrucciones organizadas, redactadas a partir de los manuales, información técnica, etcétera, de los proveedores y fabricantes, donde se indica el procedimiento correcto y los pasos que se deben seguir para realizar un adecuado mantenimiento de los equipos.

Cuando los proveedores no pueden proporcionarnos estos elementos, se debe buscar a técnicos expertos para elaborar este manual.

En el Anexo 8 se muestra un ejemplo de manual de mantenimiento, elaborado para el ajuste y reemplazo del asiento del disco para válvulas mayores de 30 pulgadas de diámetro.

Manual para eliminar averías

Estos manuales tienen como finalidad dar orientación al personal de mantenimiento para localizar las averías, así como la manera de corregirlas.

En el Anexo 9 se da un ejemplo del manual para eliminar averías en el caso de una bomba centrífuga.

Almacén de repuestos

Es importante tener un registro de control de materiales para conocer lo siguiente:

- qué se debe tener en *stock*;
- cuándo hacer un pedido de repuestos, y
- cómo codificarlos para uso.

Para ello se debe elaborar una ficha que sirve para tener un registro de artículos que se encuentran en almacén. Asimismo, servirá para tener un almacén seguro y eficaz de materiales, repuestos, etcétera.

En el Anexo 10 se muestra un ejemplo de la ficha “Almacén”, donde se debe anotar el código del repuesto o material, la unidad de medida y la cantidad disponible en el almacén.

Anexo 1

REGISTRO DEL EQUIPO

Nombre de la empresa:		Sección:	
Código del equipo:		Inventario n.º	
Proceso de adquisición		Modelo:	
Indicaciones:		Tipo:	
Fecha:	Adquisición:	Serie:	
Instalación:	Capacidad:	Altura manométrica:	
Fabricante:		Críticidad:	
Distribuidor:			
Observaciones			
Características técnicas			
Tensión (voltios)			
110		220	
360			
Amperaje (Amp)			
Otros			
Eje		Rodamiento	
Diámetro		Diámetro de succión (mm)	
Longitud		Diámetro de descarga (mm)	

Anexo 2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PARA EL MANTENIMIENTO

Nombre de la empresa:			
Sección: entrada de agua (E-100)		Mantenimiento preventivo	
Número de actividad	Actividad que se debe realizar	Frecuencia de trabajo	Materiales y repuestos
	<i>Entrada de agua (E-100)</i>		
	Captación y conducción del agua		
	• Compuertas y rejas (CR-1)		
1	• Inspección de la bocatoma, especialmente en el lecho del río y las obras de protección, después de cada avenida.	D	
2	• Inspección general del barraje y de la estructura de la bocatoma.	3M	
3	• Inspección de filtraciones en la bocatoma.	D	
4	• Limpieza de maleza en la bocatoma.	M	
5	• Limpieza de maleza en el camino de servicio del canal de aducción.	M	
6	• Mantenimiento de los caminos.	M	
7	• Inspección del canal de aducción después de cada avenida fuerte.	M	
8	• Drenado, inspección total y limpieza de la estructura del canal.	S	
9	• Limpieza de la cámara de carga.	M	
10	• Inspección de filtraciones en la cámara de carga.	M	
	• Tuberías (T-1)		
	...		
	• Válvulas (V-1)		
	...		
	• Bombas (B-1)		
	...etcétera.		
			• Canastilla • Pala pico, etcétera.
			...

Anexo 3 **PLAN ESTRATÉGICO**

[illegible]

ORDEN DE TRABAJO

Nombre de la empresa:		Orden de trabajo n.º				Fecha:	
Número de actividad:		Solicitada por (Jefe de turno):				Turno:	
Código del equipo:		Especifique el trabajo por realizar:				Equipo:	
Sección:							
Prioridad	Emergencia		Naturaleza de la inspección		Eléctrica	Previsión	
	Urgente				Mecánica		
	Normal				Auxiliar		
	Permanente						
Especificación del trabajo por realizar	Mano de obra		Materiales utilizados				
	Trabajo realizado por:	Tiempo	Salario	Costo	Descripción y código	Cantidad	Unidad
						Costo unitario	Costo totales
Costo de la mano de obra:		Relatorio		Costo de materiales:		Costo total:	
						Observaciones	
Jefe de Mantenimiento		Jefe de Turno					

SOLICITUD DE REPUESTOS Y MATERIALES

Nombre de la empresa:.....

Solicitud n.º.....

Fecha:.....

Turno:

Código del equipo:.....

Sección:.....

Repuestos y materiales que se solicitan:

Ítem	Descripción de los repuestos y materiales	Unidad	Cantidad	Firma (quién recibe)

OBSERVACIONES:.....

.....

.....

Firma (solicitante)

REPORTE SEMANAL DE MANTENIMIENTO

Nombre de la empresa:					
Fecha	Código del equipo	Orden de trabajo n.º	Trabajo que realizó	Materiales	Costos

HISTORIAL DEL EQUIPO

Nombre de la empresa:.....
 Nombre de la empresa:.....

Equipo:.....
 Código del equipo:.....

Fecha	Orden de trabajo n.º	Descripción de los servicios y reposiciones realizados	Materiales utilizados	Responsable de turno

Anexo 8 MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

Equipo: válvula con un diámetro de 30 pulgadas

Procedimiento para ajustar el asiento del disco (para válvulas mayores de 30 pulgadas)

- a) Cerrar totalmente la válvula. Asegurarse de que no sea operada mientras dure el trabajo.
- b) Vaciar la tubería del lado plano del disco, ya que en este sentido se encuentra el asiento de hule y retén.
- c) Identificar los puntos de fuga de agua.
- d) Determinar si existe daño en el asiento del disco, en el anillo retén o en el asiento del cuerpo. En caso afirmativo, cambiar el asiento del disco y, si el daño es en el asiento del cuerpo, es preferible que sea reparado por el fabricante.
- e) Ajustar los tornillos en la zona afectada.

Procedimiento para reemplazar el asiento del disco

- a) Aislar el tramo de tubería donde se encuentra la válvula (si es posible, retirarla de la línea).
- b) Marcar la posición del anillo retén (en dos puntos como mínimo).
- c) Aflojar los tornillos, quitar el anillo retén y el asiento. Tenga cuidado de no deformar el anillo retén.
- d) Limpiar la superficie correspondiente al asiento, de preferencia con ayuda de lija.
- e) Ensayar la posición del nuevo asiento y el anillo retén, indicada gracias a las marcas que se hicieron previamente (inciso b). Dibujar con un lápiz sobre el asiento del disco las marcas de los agujeros del retén, usando el anillo retén como plantilla para el trazo.
- f) Señalar con un marcador la posición del asiento respecto al disco. Desmontar el asiento del disco y perforar los agujeros trazados (del mismo diámetro que los tornillos).
- g) Hechas las perforaciones, colocar el asiento.

Anexo 9 MANUAL PARA ELIMINAR AVERÍAS DEL EQUIPO

Equipo: bombas centrífugas

Código del equipo:.....

Fallas en la succión

Anomalía	Diagnóstico
▪ Bomba con caudal nulo.	1, 2, 3, 4, 6, 11, 14, 16, 17, 22, 23.
▪ Bomba con caudal insuficiente.	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.
▪ Presión insuficiente de la bomba.	5, 14, 16, 17, 20, 22, 29, 30, 31.
▪ La bomba pierde eficiencia después del arranque.	2, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13.
▪ La bomba sobrecarga el motor.	15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 24, 26, 27, 29, 33, 34, 37.

Averías en el sistema

▪ Fuga excesiva por la caja de empaquetadura (sellos).	13, 24, 26, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40.
▪ Desgaste descontrolado de la empaquetadura (sellos).	12, 13, 24, 26, 28, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40.

Averías de origen mecánico

▪ Vibración o ruido excesivo.	13, 24, 26, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40.
▪ Desgaste excesivo de los soportes.	24, 26, 27, 28, 35, 36, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47.
▪ Bomba recalentada.	1, 4, 21, 22, 24, 27, 28, 35, 36, 41.

Diagnóstico (D), corrección (C)

1. (D) La bomba no está cebada o llena de líquido.
(C) Llene la línea de succión. Verifique la válvula de pie.
2. (D) Altura de succión muy elevada.
(C) Si no hay obstrucción en la tubería de succión, verifique la pérdida de carga. La altura estática también puede ser demasiado grande. Realice la medición de la presión con la bomba en funcionamiento, usando un manómetro. Si la altura es alta, haga pasar más agua por la bomba abriendo la válvula o disminuya la altura estática.
3. (D) Altura positiva de succión insuficiente cuando se bombea agua caliente.
(C) Verifique si el agua caliente se está vaporizando. Utilice un manómetro; si el agua fluye desproporcionadamente, quiere decir que se está formando demasiado vapor. Cuando la presión en el ojo de impulsor es baja, el agua se puede vaporizar a una temperatura considerablemente más baja que la normal, con la consiguiente disminución de la altura de succión, que puede volverse nula. La presión requerida depende de la temperatura del agua, de la capacidad de la bomba y del tipo de impulsor. Por ello la bomba debe ser de las características necesarias para el servicio de agua caliente.
4. (D) Agua o gas en el agua (gas de los pantanos o metanos).
(C) Realice un ensayo de laboratorio mediante la reducción de la presión sobre el líquido de succión y observe si se forman burbujas. Para corregir la presencia de gases, se puede instalar una cámara separadora de gas junto a la

bomba, en la tubería de succión y descargar periódicamente el gas acumulado.

5. (D) Bolsa de aire en la tubería de succión.
(C) Verifique si la tubería de succión está nivelada y con declive en el sentido de la bomba, si el acoplamiento reductor de la boca de aspiración es de tipo excéntrico y con la parte horizontal en el plano superior.
6. (D) Ingreso de aire en la tubería de succión.
(C) Verifique el alineamiento de la tubería (punto 5) y si existen fugas en las conexiones.
7. (D) Ingreso de aire en la bomba por la caja de empaquetaduras.
(C) Verifique si hay goteo por la caja del prensaestopas. Si no es así, ajuste el prensaestopas, y si aun así no fluye el agua, probablemente sea necesario sustituir las empaquetaduras. La causa también podría ser la obstrucción del tubo de agua de lubricación (si lo hubiera) o el descenramiento del anillo de lubricación de las empaquetaduras.
8. (D) Válvula de pie demasiado pequeña.
(C) Verifique el estado de la válvula en lo que se refiere a obstrucciones.

El área útil (total de los orificios) debe ser igual al área del tubo. Si se usa un filtro, el área útil de paso debe ser de tres a cuatro veces el área del tubo de aspiración.
9. (D) Válvula de pie parcialmente bloqueada.
(C) Haga una limpieza completa de la válvula y retire las incrustaciones.

10. (D) Sumergimiento insuficiente de la tubería de succión.
(C) Si el tubo de aspiración no se puede bajar o si hay un remolino en la zona de aspiración que causa la entrada del aire, haga una protección con un anillo de pequeños troncos de madera alrededor del tubo para que sea atraído por el remolino y elimine la turbulencia.
11. (D) Conexión del sello de agua obstruido.
(C) Verifique y limpie el tubo de agua de lubricación de las empaquetaduras o, en caso de existir, la válvula de espiga.
12. (D) Anillo de empaquetadura colocado en un lugar equivocado en la caja de empaquetaduras.
(C) Abra la caja de empaquetaduras y coloque el anillo correctamente.
13. (D) Velocidad muy baja.
(C) Verifique si el motor está unido correctamente a la línea de suministro eléctrico y si recibe el voltaje correcto. El motor puede estar con un polo abierto o la frecuencia del sistema puede ser demasiado baja.
14. (D) Velocidad muy alta.
(C) Verifique si el ciclo del motor coincide con el del sistema de suministro eléctrico (la fuerza que requiere una bomba centrífuga varía con el cubo de velocidad).
15. (D) Dirección de rotación errada.
(C) Compare la dirección de rotación del motor con la dirección de la estructura de la bomba. Si es incorrecta, cambie las conexiones de los terminales del motor con la línea de suministro eléctrico.

16. (D) Altura de descarga excesiva.
(C) Reduzca el diámetro del impulsor (rotor) a una cantidad debidamente calculada o recomendada por el fabricante.
17. (D) Altura manométrica total del sistema mayor que la capacidad de la bomba suministrada.
(C) Verifique si las válvulas están totalmente cerradas. Calcule las pérdidas de carga en la tubería y las válvulas. Si se pierde demasiada carga, la instalación de un tubo de mayor diámetro corregirá la deficiencia.
18. (D) Peso específico del líquido distinto del peso para el cual fue suministrada la bomba.
(C) Reemplace el motor según la nueva carga hidráulica.
19. (D) Viscosidad del líquido diferente de la del líquido para el que se suministró la bomba.
(C) Reemplace el motor según la nueva carga eléctrica.
20. (D) Caudal demasiado pequeño para la operación de la bomba.
(C) Si el caudal es muy pequeño para la bomba, el único recurso es sustituir la bomba por otra más adecuada.
21. (D) Bombas que trabajan en paralelo cuyas características no son recomendables para tal operación.
(C) Realice un estudio comparativo de las curvas características de ambas bombas para verificar si podrán trabajar paralelamente. En caso contrario, reemplace una de las bombas por otra que tenga las características de la primera.
22. (D) Cuerpos extraños en el rotor.
(C) Desmonte la bomba y limpie el rotor completamente.

23. (D) Desalineamiento.
(C) Verifique y corrija el alineamiento de la bomba y del motor.
24. (D) Cimentación inadecuada.
(C) Construya un lecho adecuado, según el peso y potencia del conjunto motor-bomba.
25. (D) Eje torcido.
(C) Corrija y sustituya el eje, según la deformación.
26. (D) El rotor raspa la carcasa de la bomba.
(C) La carcasa de la bomba puede haber sido deformada por el peso de la tubería apoyada indebidamente. La causa puede ser que el eje esté torcido. Corrija o sustituya la parte deteriorada.
27. (D) Soportes gastados.
(C) Sustituya los soportes y verifique el estado del eje.
28. (D) Anillos de desgaste deteriorados.
(C) Reemplace los anillos y verifique el estado del eje.
29. (D) Rotor deteriorado.
(C) Repare o reemplace el rotor; verifique y corrija la causa de la avería.
30. (D) Fallas en la unión de la carcasa, de tal modo que permite fugas de agua.
(C) Reemplace la unión por la que especifique el fabricante.
31. (D) Eje o brazo del eje gastado o adherido a la caja de las empaquetaduras.

- (C) Indica el uso prolongado de empaquetaduras demasiado ajustadas.
32. (D) Instalación inadecuada del prensaestopas.
(C) Verifique el estado de las empaquetaduras y colóquelas en el lugar correcto según el anillo de lubricación.
33. (D) Tipo de empaquetaduras inadecuado para las condiciones de servicio.
(C) Sustituya las empaquetaduras según las especificaciones del fabricante.
34. (D) Eje descentrado, debido a soportes gastados o desalineamientos.
(C) Verifique las condiciones del eje y el estado de los soportes. Reemplácelos si es necesario.
35. (D) Desequilibrio del rotor, lo que produce vibraciones.
(C) Verifique el estado de los anillos de desgaste y el estado del disco o de la parte fija de la caja de equilibrio que se utiliza en algunos tipos de bombas para equilibrar el rotor contra el empuje axial en el sentido de la succión y reducir la presión sobre la caja del prensaestopas.
36. (D) Prensaestopas muy ajustado, que impide la lubricación de las empaquetaduras.
(C) Desajuste el prensaestopas, lo suficiente para hacer fluir el agua de lubricación por las empaquetaduras.
37. (D) Falla en el sistema de alimentación de agua de refrigeración a la caja de empaquetaduras.
(C) Las bombas de gran capacidad y de alta presión están provistas de camisas de refrigeración para la caja de

empaquetaduras. El agua de refrigeración pasa por un mecanismo de reducción de presión, cuyo mal funcionamiento, la mayoría de las veces, causa irregularidades.

- 38. (D) Excesiva holgura entre el eje y la carcasa, en el fondo de la caja.
(C) Brazo del eje demasiado delgado, efecto de desgaste o rectificaciones. Sustituya el brazo del eje.
- 39. (D) Suciedad o sustancias abrasivas en suspensión en el líquido de refrigeración de las empaquetaduras, lo cual provoca la adhesión en el brazo del eje.
(C) Cuando el líquido que utiliza la bomba contiene, permanentemente, lodo, tierra o polvo de granito, la solución consiste en proveer una fuente independiente de agua limpia, lubricar las empaquetaduras o instalar un filtro de malla fina en la tubería externa de conducción de agua de lubricación.
- 40. (D) Excesiva presión causada por fallas mecánicas dentro de la bomba.
(C) Verifique el estado de los cebados de la bomba. Observe el punto 35.
- 41. (D) Excesiva cantidad de grasa o aceite en los depósitos de los soportes.
(C) Mantenga el depósito de aceite lleno hasta el límite indicado. Cuando no se indique este nivel, llene el depósito de aceite solo hasta un tercio de su altura; si el lubricante es aceite, llene el depósito hasta que el nivel de aceite quede en el centro (eje) del soporte más bajo.

- 42. (D) Falta de lubricación.
(C) Conserve el lubricante en el nivel indicado y use el recomendado por el fabricante.
- 43. (D) Soportes mal colocados (averiados durante el ensamblaje o uso de soportes que no están unidos).
(C) Verifique el estado de los soportes y determine si están bien colocados. Algunos tipos, como el soporte de esfera con contacto angular y el soporte de escora, tienen una posición definida, en el sentido de la presión axial, que debe cumplirse.
- 44. (D) Suciedad en los soportes.
(C) Es la principal causa de fallas en el funcionamiento de los soportes. El primer signo de suciedad o agua en el lubricante debe ser removido y limpiado con querosene o tetracloruro de carbono. Luego se debe llenar el depósito con el lubricante indicado por el fabricante.
- 45. (D) Soportes oxidados.
(C) Sustituya los rodamientos de las partes dañadas del soporte.
- 46. (D) Refrigeración excesiva de los soportes y consecuente condensación dentro de ellos.
(C) Por lo general, se produce en soportes con camisa de refrigeración. Cuando hay condensación en la caja de empaquetaduras, se debe disminuir el flujo de agua de refrigeración y cerrar progresivamente el registro, hasta que la bomba se detenga.

Nombre de la empresa:.....

Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad
01	251	Bocina	Pieza	2
02	252	Impulsor	Pieza	6
03	253	Eje de diámetro de una pulgada y media	Pieza	1
04	254	Empaquetadura de 1/16 pulgadas	Pieza	12
05	255	Aceite Heavy Medium	Galón	0,225
...	...	...	...	...

Observaciones:.....
.....
.....