



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO NEGRO

SEDE VALLE MEDIO

TECNICATURA SUPERIOR EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

PRACTICA PROFESIONAL

INFORME FINAL

ALUMNOS: PRACEDES MAXIMILIANO, AGUSTIN VEGA

TUTOR: ING. RUBEN BENEDETTO

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

1. Objetivos	4
1.2 Objetivos Específicos	4
1.3 Justificación	4
1.4 Alcance	4

CAPÍTULO II

GENERALIDADES DE LA EMPRESA	5
2.1 Nombre	5
2.2. Ubicación Geográfica	5
2.3. Reseña Histórica	5
2.4. Servicios que presta	6
2.5. Misión	6
2.6 Política.	6

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO	7
3.1 Calidad del agua para el consumo humano.	7
3.2 Proceso de Tratamiento del Agua	8
3.3 Equipos comúnmente utilizados en plantas potabilizadoras tradicionales.....	13
3.4 Mantenimiento	15
3.5 Identificación de los Equipos para el plan de mantenimiento	21
3.6 Selección de equipos (Análisis de criticidad)	22
3.7 Indicadores del mantenimiento	24

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO	25
4.1 Tipos de Investigación	25
4.2 Diseño de Investigación	25
4.4 Técnicas de Recolección de Datos	26
4.4 Análisis Documental	26
4.5 Procedimiento	27

CAPÍTULO V

SITUACIÓN ACTUAL	28
5.1 Situación Actual de la Gerencia de Mantenimiento	28
5.2 Aspecto Organizativo	28
5.3 Aspecto Técnico	29
5.4 Resumen de la situación actual	29

CAPÍTULO VI

RESULTADOS	30
6.1 Análisis de Criticidad	30
6.2 Selección del equipo principal	30
6.3 Plan de Mantenimiento: Bomba Centrífuga.....	33
6.4 Plan de Mantenimiento: Motor Eléctrico.....	36
6.5 Plan de Mantenimiento: Planta de Tratamiento	39
7. CONCLUSIONES	47
8. RECOMENDACIONES	47
9. BIBLIOGRAFÍA	48

1. Objetivos

Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento integral a los equipos de la planta de tratamiento de agua potable.

1.2 Objetivos Específicos

1. Realizar diagnóstico de la situación actual de los equipos a utilizar de la planta de tratamiento de agua potable.
2. Identificar los equipos de la planta de tratamiento de agua potable.
3. Llevar a cabo un análisis de criticidad a los equipos de la planta de tratamiento de agua potable.
4. Plantear un Plan y un Programa de mantenimiento preventivo a los equipos críticos de la planta de tratamiento de agua potable.
5. Desarrollar estrategias de mejora para el sistema de gestión de mantenimiento.

1.3 Justificación

Este trabajo es necesario para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos a utilizar para el suministro de agua potable, además de respaldar su integridad.

También al favorecer el alargamiento de la vida útil de los equipos garantiza un servicio de calidad. Ya que se aumenta los tiempos entre fallas, se obtienen equipos con mayor disponibilidad y confiabilidad, lo que trae como consecuencia una disminución de pérdidas económicas para la empresa y asimismo de clientes insatisfechos.

1.4 Alcance

Este trabajo de investigación pretende cubrir el mantenimiento preventivo y correctivo del equipo crítico de la planta de tratamiento de agua potable.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 Nombre

Aguas Rionegrinas es una empresa estatal que presta el servicio de agua potable y cloacas a 40 localidades y 32 parajes de la provincia. A la fecha de 2013, Aguas Rionegrinas presta el servicio de agua a 187 mil cuentas, en tanto que cloacas a 115 mil usuarios.

Como prestadora de servicio de agua y cloacas, Aguas Rionegrinas garantiza a diario que la mejor calidad de agua potable llegue al 98% de los hogares rionegrinos que hoy están conectados a la red pública.

2.2 Ubicación Geográfica

La planta de Tratamiento de Agua Potable está ubicada a orillas del río Negro, produce al día más de 15 millones de litros de agua potable para abastecer la demanda de la población de Choele Choel, hay 4706 familias que abastecen su necesidad de agua potable gracias al trabajo de Aguas Rionegrinas.

2.3 Reseña Histórica

El Contrato de Concesión de los servicios a Aguas Rionegrinas Sociedad del Estado (ARSE) fue celebrado con fecha 28 de julio de 1998 con un plazo de vigencia de 30 años. En el año 1999 y a fin de proporcionar mayor flexibilidad en la gestión de la Empresa, la Legislatura Provincial autoriza mediante Ley N° 3309 la constitución de Aguas Rionegrinas Sociedad Anónima con el objeto de prestar el servicio de Agua Potable y Cloacas concesionados oportunamente a ARSE; el Estatuto de Aguas Rionegrinas SA fue aprobado a través del Decreto Provincial N° 108/2000.

2.4 Servicios que presta

El principal servicio es el tratamiento de agua y su distribución a las distintas comunidades, centros urbanos e industrias.

2.5 Misión

Proveer el servicio de agua potable y saneamiento en condiciones de óptima calidad, mediante un modelo de gestión efectivo y sustentable, asegurando la satisfacción de los clientes y el desarrollo de una nueva cultura del agua fundamentada en la valoración del recurso hídrico.

2.6 Política

- Procurar satisfacer el suministro de agua potable a la población y el tratamiento del vertido de líquidos cloacales.
- Promover, en coordinación con otros Organismos del Estado Provincial al desarrollo de mayores niveles de cobertura de agua potable y cloacas.
- Preservar el medio ambiente, manteniendo la coordinación con otros Organismos del Estado.
- Promover el desarrollo de los servicios sanitarios existentes y de los que se incorporen, propiciando las medidas conducentes para ello.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Calidad del agua para el consumo humano.

El agua debe estar libre de elementos patógenos y no debe poseer características que la hagan objetable. Para cumplir con esta premisa, las autoridades de los diversos países han establecido requisitos que deben ser observados por los proyectistas, constructores y operadores de los sistemas de abastecimiento urbano

1. Requisitos microbiológicos

El agua no debe contener microorganismos transmisores o causantes de enfermedades. Como criterio de evaluación se usa la detección de organismos del grupo coliforme.

De acuerdo a la norma ninguna muestra de 100 mililitros deberá indicar la presencia de organismos coliformes fecales. Además deben cumplirse las restricciones referentes a los otros coliformes: el 95% de las muestras examinadas no deberán indicar la presencia de organismos coliformes en 100 ml, y en ningún caso deberá detectarse organismos coliformes en dos muestras consecutivas de 100 ml captadas el mismo sitio.

2. Requisitos biológicos

El agua no deberá contener protozoarios patógenos intestinales. Así mismo, el agua no deberá contener organismos de vida libre.

Finalmente, el agua proveniente de las zonas endémicas de enfermedades transmitidas por el agua, deberá ser sometida a vigilancia sanitaria y a la aplicación de tratamientos adecuados.

3. Requisitos radiológicos

El agua no deberá contener elementos radioactivos ni haber sido contaminada con tales elementos. Los valores máximos permitidos, expresados Bequerelios por litro (Bq/l), son 0,1 para la radioactividad Beta Global.

3.2 Proceso de Tratamiento del Agua

El proceso de potabilización de las aguas tiene por objetivo transformar el agua natural o bruta en agua potable, es decir, en agua apta para el consumo humano.

El agua bruta que llega a la potabilizadora contiene materia orgánica, materia inorgánica (ambas tanto de origen natural como antrópico) así como microorganismos (patógenos y no patógenos) y como consecuencia de ello suele tener color, turbidez y a veces olor.

El agua potable debe carecer de sabor, olor, color o turbiedades desagradables que provoquen el rechazo de los consumidores al tiempo que debe ser sanitariamente apta para el consumo, no produciendo enfermedades de transmisión hídrica ni otras alteraciones para la salud.

El proceso de potabilización se realiza en las distintas etapas que se describen a continuación:

1) Captación

El agua es bombeada desde la fuente captación hacia la planta de potabilización. A través de una reja se impide la penetración de elementos de gran tamaño (ramas, troncos, peces, etc.).

En su mayoría el agua es elevada desde muelles de toma, ubicados sobre las márgenes de los ríos con bombes de importantes caudales a baja altura.



2) Floculación o coagulación

Es un proceso de tratamiento que denota una serie de operaciones químicas y mecánicas por las cuales se aplican coagulantes. Se llaman coagulantes a los agentes químicos agregados al agua para facilitar el asentamiento de sustancias coloidales o finamente desmenuzadas que se encuentran en suspensión. Las partículas se unen, aumentan de peso y decantan.

La aglomeración de esas partículas se llama flocs. Este tratamiento tiene por objeto clarificar el agua o sea eliminar la turbiedad. La decantación empieza cuando termina la coagulación.

En este proceso se le baja prácticamente a cero la velocidad de escurrimiento al líquido para alcanzar el asentamiento de las partículas formadas anteriormente.



3) Filtración

Es el proceso mediante el cual el agua es separada de la materia en suspensión haciéndola pasar a través de una sustancia porosa. En la práctica este material poroso es generalmente arena con una granulometría adecuada a dicho fin. Hay dos clases de filtros de arena: los de acción lenta y los de acción rápida, y estos se dividen en filtros de superficie libre y filtros de presión.

En los filtros lentos el agua pasa por gravedad a través de la arena a baja velocidad, la separación de los materiales sólidos se efectúa al pasar el agua por los poros de la capa filtrante y adherirse las partículas a los granos de arena.

En los filtros rápidos con superficie libre, el agua desciende por gravedad a través de la arena a una velocidad mayor. Es imprescindible el tratamiento con coagulantes para sacar la mayor cantidad de partículas en suspensión.

El filtro se lava con una corriente de agua en sentido contrario al de filtrado, que expande el lecho y se lleva al desagüe los sólidos acumulados.

Este último tipo de filtrado es el usado mayoritariamente en los procesos de potabilización de la Empresa.



4) Desinfección

Es el proceso por el cual se destruyen los agentes microbianos, por medio de productos químicos como: Hipoclorito de Sodio, Hipoclorito de calcio, Dióxido de cloro, ozono etc. Este es el último paso en la potabilización del agua superficial. El agua tratada se acumula en cisternas y tanques elevados desde donde es distribuida por red a los domicilios.

El producto químico usado por Aguas Rionegrinas es el Hipoclorito de Sodio cuando la fuente es agua subterránea o proviene de pozo filtrante.

La calidad del agua suministrada en todas las localidades, se controlan diariamente por mediciones de cloro residual en extremo de red, de turbiedad en las plantas de potabilización y exámenes bacteriológicos y fisicoquímicos periódicos.



Control de Calidad

Es un procedimiento que realiza Aguas Rionegrinas S.A. para suministrar agua potable que cumpla con las condiciones de salubridad fijadas por el CONTRATO DE CONCESIÓN. Para ello, personal de la empresa realiza controles y análisis del agua producida para brindarle la mejor calidad de servicio.

EL PROCESO

Para poder efectuar el control de calidad de la Provincia, personal capacitado -designado por cada Jefe de Servicio- se encarga de tomar las muestras de agua. Algunos controles se llevan a cabo en los mismos servicios y otros en el laboratorio de la empresa. El número de muestras se realiza siguiendo con un cronograma semanal que depende de la cantidad de habitantes de cada localidad, establecido por la normativa vigente.



En los Servicios se efectúan análisis bacteriológicos diarios de tipo presencia-ausencia en salida de planta, mediciones de turbiedad, pH, conductividad y cloro residual en planta y diferentes puntos de la red de distribución.

Una vez que las muestras de agua llegan a los laboratorios se procede a realizar los análisis correspondientes:

Análisis Bacteriológicos: En ellos se realiza la búsqueda e identificación de Bacterias.

Análisis Fisicoquímicos: En estos análisis se determinan parámetros básicos: Turbiedad, pH, Conductividad, Alcalinidad, Dureza, Cloruros, Calcio, Magnesio, Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Hierro, Manganeseo, Arsénico, Fluoruro, Sodio y Potasio.

3.3 Equipos utilizados en plantas potabilizadoras

Los equipos están condicionados a una serie de consideraciones propias del proyecto, que se relacionan con el tipo de sistema adoptado, la capacidad de la planta de tratamiento, las características del agua y de la fuente de abastecimiento así como las condiciones del terreno en el que se va a instalar el sistema.

Las plantas potabilizadoras de agua con módulos y equipos se pueden dividir en 3 áreas las cuáles son las siguientes:

Equipos mecánicos: Cuya función es controlar el flujo y la velocidad del agua entre los que se menciona:

- **Compuertas:** Las compuertas se utilizan para abrir o cerrar el paso del agua. Se manejan de manera manual. El agua ingresa a los canales o tuberías de conducción a través de una o varias compuertas.
- **Rejillas:** La rejilla sirve para impedir el paso de los materiales flotantes o sumergidos en las captaciones. Los tipos de rejillas usados son los siguientes: rejillas de barras, de mallas y láminas con orificios. Son confiables y pueden ser de limpieza. Las rejillas de barras están fabricadas con acero, están soldadas en ambos lados y se dividen en finas, medias y anchas. Las de mallas se fabrican con alambre tejido de acero inoxidable, resistente a la corrosión.
- **Válvulas:** Todo fluido, al ser transportado por medio de tuberías, requiere un control de flujo, un método que impida su retorno y que libere el exceso de presión cuando esta sobrepase ciertos límites de seguridad.

Para la elección de las válvulas se tiene en cuenta su capacidad, la clase de fluido, la temperatura del fluido, la clase y el tipo de tubería en la cual se debe instalar, la forma de realizar las conexiones, la manera como se va a operar y, finalmente las facilidades para su buen manejo.

Entre las distintas variedades de válvulas están las siguientes:

- **Válvulas de retención:** La función principal de esta válvula es evitar el cambio de dirección del fluido que se conduce a través de la tubería. Hay de dos tipos distintos, conocidos como válvulas de retención a bisagra y de retención horizontal.

- Válvula de compuerta. Permite el paso del flujo en posición completamente abierta y lo restringe en la posición completamente cerrada, con la mínima pérdida de carga posible.
 - Válvulas reguladoras de caudal: funcionan reduciendo y manteniendo el caudal de salida. Estas válvulas son muy utilizadas en diámetros mayores de seis pulgadas para mantener constante el caudal de operación de los filtros rápidos de este tipo.
- **Bombas hidráulicas**: Es una máquina que tiene como función impulsar el agua a través de tuberías, a distancias o niveles diferentes. Su mecanismo es sencillo: dentro de ella, se produce un vacío que permite succionar el agua de una fuente o suministro para luego impulsarla.
Las más conocidas son las siguientes: las bombas centrífugas (cinéticas) y las de desplazamiento positivo del tipo recíprocante (de pistón)
Bomba centrífuga. Consiste en una carcasa de fundición en cuyo interior, que forma una cámara, se monta un impulsor o rodete. La bomba centrífuga es apropiada para impulsar grandes volúmenes de agua. Es de bajo costo y muy segura. Es una bomba de alta velocidad de rotación, lo cual permite su conexión directa a un motor eléctrico.
 - **Agitadores**: los responsables de mezclar el coagulante con el agua.
 - **Tuberías y accesorios**: los cuales son el medio de transporte del agua.

Módulos de potabilización: estos se encargan en sí mismos de la potabilización del agua en sus distintas fases:

- Filtros; es el medio por el que se lleva a cabo el proceso de filtración, con la finalidad de eliminar sólidos presentes mientras el agua pasa a través del medio filtrante.
- Tanques de sedimentación; es la herramienta principal para el proceso de sedimentación, el cual es otro proceso físico para la separación del fluido de las partículas.
- Dosificadores; responsables de la cantidad de compuestos químicos vertidos en el agua para su potabilización.
- Hipocloradores: Son equipos utilizados para la aplicación de compuestos de cloro en solución. Los compuestos de cloro más usados son el hipoclorito de calcio y el hipoclorito de sodio

Equipos eléctricos: los cuáles se encargan de brindar la energía necesaria para la potabilización en la planta, entre los cuáles se tienen:

- Transformadores: Son aparatos eléctricos que por inducción electromagnética transfieren energía eléctrica proveniente de las líneas de alta tensión a la misma frecuencia pero disminuyendo la tensión a la adecuada utilizada en la planta.

- Centro de control de motores; el cuál es básicamente el que controla a los alimentadores de los motores y el resto de circuitos derivados.
- Motores eléctricos, que en su mayoría transforman la energía que reciben para hacer funcionar las bombas u otros artefactos a los cuales están conectados.

3.4 Mantenimiento

Definimos mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

Funciones del mantenimiento

En términos muy generales, puede afirmarse que las funciones básicas del mantenimiento se pueden resumir en el cumplimiento de todos los trabajos necesarios para establecer y mantener el equipo de producción de modo que cumpla los requisitos normales del proceso. La concreción de esta definición tan amplia dependerá de diversos factores entre los que puede mencionarse el tipo de industria así como su tamaño, la política de la empresa, las características de la producción, e incluso su emplazamiento. Aun así, las tareas encomendadas al departamento encargado del mantenimiento pueden diferir entre las distintas empresas, atendiendo a la estructura organizativa de las mismas, con lo que las funciones del mantenimiento, en cada una de ellas, no serán obviamente las mismas.

Por tanto, dependiendo de estos factores citados, el campo de acción de las actividades de un departamento de ingeniería del mantenimiento puede incluir las siguientes responsabilidades:

- Mantener los equipos e instalaciones en condiciones operativas eficaces y seguras.
- Efectuar un control del estado de los equipos así como de su disponibilidad.
- Realizar los estudios necesarios para reducir el número de averías imprevistas.
- En función de los datos históricos disponibles, efectuar una previsión de los repuestos de almacén necesarios.
- Intervenir en los proyectos de modificación de diseño de equipos e instalaciones.

- Llevar a cabo aquellas tareas que implican la modificación o reparación de los equipos o instalaciones.
- Instalación de nuevos equipos.
- Asesorar a los mandos de producción.
- Velar por el correcto suministro y distribución de energía.
- Realizar el seguimiento de los costes de mantenimiento.
- Preservación de locales, incluyendo la protección contra incendios.
- Gestión de almacenes.
- Tareas de vigilancia.
- Gestión de residuos y desechos.
- Establecimiento y administración del servicio de limpieza.
- Proveer el adecuado equipamiento al personal de la instalación.

Cualesquiera que sean las responsabilidades asignadas al servicio de mantenimiento, es fundamental para el buen funcionamiento de la empresa que éstas estén perfectamente definidas y sus límites de acción y autoridad claramente establecidos, esto implica evitar que determinadas actuaciones queden mal definidas.

Tipos de Mantenimiento

Aunque podrían establecerse diferentes clasificaciones del mantenimiento, atendiendo a las posibles funciones que se le atribuyan a éste, así como a la forma de desempeñarla, tradicionalmente se admite una clasificación basada más en un enfoque metodológico o filosofía de planteamientos, que en una mera relación de particularidades funcionales asignadas, que - como se ha visto- depende de diversos factores. Desde esta perspectiva, pueden distinguirse los siguientes tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Predictivo

Ninguno de los tipos anteriores se utiliza de forma exclusiva sino que, en aras de la rentabilidad de la explotación, se impone practicar una adecuada combinación de los tipos anteriores, realizando lo que se ha venido a llamar mantenimiento planificado. Esto consiste, en definitiva, en efectuar una correcta selección de las plantas o de los equipos a los que se va aplicar cada

uno de los tipos de mantenimiento anteriores. Seguidamente se hace una descripción de cada de los tipos enunciados.

Mantenimiento Correctivo

En este tipo de mantenimiento, también llamado "a rotura" (breakdown maintenance), solo se interviene en los equipos cuando el fallo ya se ha producido. Se trata, por tanto, de una actitud pasiva, frente a la evolución del estado de los equipos, a la espera de la avería o fallo. A pesar de que por su definición pueda parecer una actitud despreocupada de atención a los quipos, lo cierto es que este tipo de mantenimiento es el único que se practica en una gran cantidad de industrias, y en muchas ocasiones esto está plenamente justificado, especialmente en aquellos casos en los que existe un bajo coste de los componentes afectados, y donde los equipos son de naturaleza auxiliar y no directamente relacionados con la producción.

En otros casos, cuando el fallo de los equipos no supone la interrupción de la producción, ni siquiera afecta a la capacidad productiva de forma instantánea, las reparaciones pueden ser llevadas a cabo sin perjuicio de ésta. En estos casos, el coste derivado de la aparición de un fallo imprevisto en el equipo es, sin lugar a dudas, inferior a la inversión necesaria para poner en práctica otro tipo de mantenimiento más complejo. En este sentido conviene indicar que, incluso en aquellas instalaciones industriales que disponen de sofisticados planes de mantenimiento, existe generalmente un porcentaje de equipos en los que se realiza exclusivamente este tipo de mantenimiento. Esta filosofía de mantenimiento no requiere de ninguna planificación sistemática, por cuanto no se trata de planteamiento organizado de tareas. En el mejor de los casos puede conjugarse con un entretenimiento básico de los equipos (limpieza y engrase generalmente) y con una cierta previsión de elementos de repuestos, especialmente aquellos que sistemáticamente deben ser sustituidos. Sin embargo, adoptar esta forma de mantenimiento supone asumir algunos inconvenientes respecto de las máquinas y equipos afectados, los que pueden citarse:

- Las averías se producen generalmente de forma imprevista, lo que puede ocasionar trastornos en la producción, que pueden ir desde ligeras pérdidas de tiempo, por reposición de equipo o cambio de tarea, hasta la parada de la producción, en tanto no se repare o sustituya el equipo averiado.
- Las averías, al ser imprevistas, suelen ser graves para el equipo, con lo que su reparación puede ser costosa.
- Las averías son siempre –en mayor o en menor medida– inoportunas, por lo que la reparación de los equipos averiados puede llevar más tiempo del previsto, ya sea por ausencia del personal necesario para su reparación, o ya sea por falta de los repuestos necesarios.
- Por tratarse de averías inesperadas, el fallo podría venir acompañado de algún siniestro, lo que obviamente puede tener consecuencias muy negativas para la seguridad del personal y de las instalaciones.

Mantenimiento Preventivo

Como ya se ha indicado, la finalidad última del mantenimiento industrial es asegurar la disponibilidad de los equipos e instalaciones industriales, para obtener un rendimiento óptimo sobre la inversión total, ya sea de los sistemas de producción, como de los equipos y recursos humanos destinados al mantenimiento de los mismos.

El mantenimiento preventivo supone un paso importante para este fin, ya que pretende disminuir o evitar –en cierta medida- la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos deteriorados.

En las inspecciones se procede al desmontaje total o parcial de la máquina con el fin de revisar el estado de los elementos, reemplazando a aquellos que se estime oportuno a la vista del examen realizado. Otros elementos son sustituidos sistemáticamente en cada inspección, tomando como referencia el número de operaciones realizadas o un determinado periodo de tiempo de funcionamiento.

El éxito de este tipo de mantenimiento depende de la correcta elección del período de inspección. Un período demasiado largo conlleva el peligro de la aparición de fallos entre inspecciones consecutivas, en tanto que un periodo demasiado corto puede encarecer considerablemente el proceso productivo.

El equilibrio se encuentra como solución entre los costes procedentes de las inspecciones y los derivados de las averías imprevistas. Si bien los primeros pueden ser suficientemente cuantificados, la evaluación de los segundos no es tarea fácil, por lo que la determinación del punto de equilibrio aludido es difícil y suele ajustarse en función de la propia experiencia.

El grave inconveniente que presenta la aplicación exclusiva de este tipo de mantenimiento es el coste de las inspecciones. El desmontaje y la revisión de una máquina que está funcionando correctamente o la sustitución de elementos (lubricantes, rodamientos, etc.) que no se encuentran en mal estado, se nos convierte innecesario. Por otra parte, sea cual sea el período de inspección fijado, no se elimina la posibilidad de una avería imprevista, si bien cuanto menor sea dicho período de inspección se fija, en cualquier caso, asumiendo-en alguna medida-la posibilidad de la aparición de averías imprevistas durante el intervalo comprendido entre dos inspecciones consecutivas.

Un tipo de mantenimiento que también puede considerarse preventivo es aquel, sin llegar al desmontaje de los equipos, se ocupa de forma periódica de realizar las tareas propias de lo que se suele llamar entretenimiento de los equipos, es decir, engrase, cambio de lubricantes, limpieza, sustitución periódica de ciertos elementos vitales del equipos, etc. Aunque a todos los efectos se trata de un mantenimiento preventivo, se suele denominar mantenimiento rutinario, con el fin de distinguirlo del anterior.

Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo, también conocido como mantenimiento según estado o según condición, surge como respuesta a la necesidad de reducir los costes de los métodos tradicionales – correctivo y preventivo- de mantenimiento. La idea básica de esta filosofía de mantenimiento parte del conocimiento del estado de los equipos. De esta manera es posible, por

un lado reemplazar los elementos cuando realmente no se encuentren en buenas condiciones operativas, suprimiendo las paradas por inspección innecesarias y, por otro lado, evitar las averías imprevistas, mediante detección de cualquier anomalía funcional y seguimiento de su posible evolución.

La aplicación del mantenimiento predictivo se apoya en dos pilares fundamentales:

- La existencia de parámetros funcionales indicadores del estado del equipo.
- La vigilancia continua de los equipos.

La mayoría de los componentes de las máquinas avisan de alguna manera su fallo antes de que este ocurra. Por lo tanto, mediante el seguimiento de los parámetros funcionales adecuados es posible detectar prematuramente el fallo de algún componente de la máquina, se podrá asegurar el correcto funcionamiento de la misma, observar su evolución y predecir la vida residual de sus componentes. El conjunto de técnicas que se ocupan del seguimiento y examen de estos parámetros característicos de la máquina se conoce como Técnicas de Verificación Mecánica.

Entre las ventajas más importantes que reporta este tipo de mantenimiento, pueden citarse las siguientes:

- Detectar e identificar precozmente los defectos que pudieran parecer, sin necesidad de parar y desmontar la máquina.
- Observar aquellos defectos que sólo se manifiestan sobre la máquina en funcionamiento.
- Seguir la evolución del defecto hasta que se estime peligroso.
- Elaborar un historial del funcionamiento de la máquina, a través de la evolución de sus parámetros funcionales y su relación con cualquier evento significativo: parada, revisión, lubricación, reemplazo de algún elemento, cambio en las condiciones de funcionamiento, defectos detectados, etc.
- Programar la parada, para la corrección del defecto detectado, haciéndola coincidir con un tiempo muerto o una parada rutinaria del proceso de producción.
- Programar el suministro de repuestos y la mano de obra.
- Reducir el tiempo de reparación, ya que previamente se ha identificado el origen de la avería y los elementos afectados por la misma.
- Aislar las causas de los posibles fallos repetitivos, y procurar su erradicación.
- Proporcionar criterios para una selección satisfactoria de las mejores condiciones de operación de la máquina.
- Aumentar la seguridad de funcionamiento de la máquina, y en general de toda la instalación.

Sin embargo, una cosa es lo que predica la filosofía del mantenimiento predictivo, y otra lo que realmente se puede esperar de su puesta en práctica. Las dificultades para su desarrollo pleno provienen de los mismos principios en los que se basa, a saber:

En Primer lugar, no existe ningún parámetro funcional, ni siquiera una combinación de ellos, que sea capaz de reflejar exactamente el estado de una máquina, indicando de forma inmediata, mediante la aparición de signos identificadores, la presencia de un defecto incipiente, y además de todos los defectos posibles.

En segundo lugar, no es viable una monitorización (o vigilancia continua) de todos los parámetros funcionales significativos para todos los equipos de instalación. En la realidad el número de parámetros analizados en el programa de mantenimiento debe limitarse, así como la proporción de máquinas implicadas. Además el término vigilancia continua se flexibiliza hasta convertirlo en vigilancia periódica, reservando la monitorización sólo para aquellos equipos críticos en el proceso.

Como consecuencia de las limitaciones anteriores puede presentarse los siguientes inconvenientes:

- 1) Que el defecto se produzca en el intervalo de tiempo comprendido entre dos medidas consecutivas.
- 2) Que un defecto no sea detectado en la medición y análisis de los parámetros incluidos en el programa.
- 3) Que, aun siendo detectado un defecto, éste no sea diagnosticado correctamente o en toda su gravedad.
- 4) Que aun, habiéndose realizado un diagnóstico correcto, no sea posible programar la parada de la máquina en el momento oportuno, y sea preciso asumir el riesgo de fallo.

3.5 Identificación de los Equipos para el plan de mantenimiento

A la hora de implantar un Plan de Mantenimiento, es necesario realizar un análisis minucioso de todos los detalles que implica su implantación para lograr resultados satisfactorios y evitar enfoques erróneos en cuanto al tipo de mantenimiento a aplicar a cada uno de los equipos o plantas, así como el alcance del mismo. Será preciso, realizar un estudio detallado de las instalaciones, historiales de las máquinas críticas, impacto de las paradas en la producción, disponibilidad d los equipos, y cuantos aspectos tengan relación con la selección de los equipos que deben integrarse en el sistema a implantar.

Es recomendable comenzar por elaborar una Base de datos, con una ficha técnica para cada equipo implicado, en la que se puede incluir la siguiente información:

- Especificaciones de diseño del equipo.
- Datos descriptivos relevantes del equipo: geométricos, limitaciones, tolerancias, materiales, etc.
- Sistemas auxiliares necesarios.

- Listas de anomalías/averías esperadas.
- Parámetros funcionales más significativos para la detección de desviaciones en el comportamiento normal.
- Valoración relativa de fiabilidad de elementos y probabilidad de ocurrencia de averías.
- Posibilidad de incluir otros parámetros de seguimiento funcional a los equipos.
- Indicación de la necesidad (o de la posibilidad) de monitorización continua.

Cualquier cambio de diseño, reforma, eliminación del equipo o modificación en el seguimiento predictivo, debe actualizarse en la Base de Datos. Lo más valioso de este tratamiento es la individualización de los equipos, permitiendo, dado el caso, la diferenciación de dos equipos iguales, tanto en características funcionales paramétricas como en su necesidad de vigilancia, mantenimiento, seguridad, fiabilidad y otros criterios importantes.

3.6 Selección de equipos (Análisis de criticidad)

Una vez determinada la viabilidad económica, habrá que decidir qué equipos serán admitidos en el programa. Se trata de clasificar los equipos atendiendo principalmente a la significación funcional y a su repercusión económica.

En general, para decidir los equipos implicados se establece el criterio de seleccionar aquellos cuyo fallo produce una parada de la instalación, una disminución de su capacidad productiva, una merma de la calidad o un peligro eminente.

Aunque normalmente los equipos críticos de una planta son conocidos, puede ser conveniente realizar una ponderación de la significación funcional de los mismos atendiendo a su importancia en el proceso productivo. Para ellos pueden seguirse distintos criterios de clasificación, en los que puede intervenir factores como la fiabilidad de los equipos, su impacto en la producción, las particularidades de su mantenimiento, la seguridad, y a cualquier otro aspecto que puede considerarse relevante en cada caso.

En primer lugar puede establecerse una clasificación entre los diferentes equipos de la planta en estudio, atendiendo para su efecto sobre el proceso productivo, de la siguiente manera:

1. Equipos cuyo fallo provoca la parada del proceso productivo o afectan negativamente a la capacidad normal de producción.
2. Equipos cuyo fallo no provoca efectos inmediatos sobre el proceso productivo.

Se ha formulado distintas clasificaciones de los equipos con el fin de facilitar la selección de los equipos que deben incluirse en el plan de mantenimiento. El objetivo de estas clasificaciones no es otro que el de ponderar la importancia de cada uno de los equipos en el proceso productivo, con el fin de establecer un orden de prioridad entre ellos.

De este modo puede utilizarse la clasificación ABC de los equipos:

- 1) Categoría A (críticos): Equipos esenciales para producción su fallos provoca la parada o la pérdida inmediata de la producción, o afectan seriamente a las condiciones de seguridad de la instalación.
- 2) Categoría B (importantes): Equipos importantes para la producción. Su fallos no provoca efectos inmediatos sobre la producción, pero, si el fallo, persiste, sus efectos sí podrían resultar perjudiciales para la producción o para la seguridad de la instalación.
- 3) Categoría C (prescindibles): El resto de los equipos.

Debemos considerar la influencia que una anomalía tiene en cuatro aspectos: producción, calidad, mantenimiento y seguridad.

- **Producción:** Cuando valoramos la influencia que un equipo tiene en producción, nos preguntamos cómo afecta a ésta un posible fallo.

Dependiendo de que suponga una parada total de la instalación, una parada de una zona de producción preferente, paralice equipos productivos pero con pérdidas de producción asumible o no tenga influencia en producción clasificaremos el equipo como A, B o C.

- **Calidad:** El equipo puede tener una influencia decisiva en la calidad del producto o servicio final, una influencia relativa que no acostumbre a ser problemática o una influencia nula.

- **Mantenimiento:** El equipo puede ser muy problemático, con averías caras y frecuentes; o bien un equipo con un coste medio en mantenimiento; o por último, un equipo de muy bajo coste, que normalmente no dé problemas.

- **Seguridad y medio ambiente:** Un fallo del equipo puede suponer un accidente muy grave, bien para el medio ambiente o para las personas, y que además tenga cierta probabilidad de fallo; es posible también que un fallo del equipo pueda ocasionar un accidente, pero la probabilidad de que eso ocurra puede ser baja; o, por último puede ser un equipo que no tenga ninguna influencia en seguridad.

Luego el equipo será clasificado según el aspecto cuyo puntaje sea el más crítico o más alto.

3.7 Indicadores del mantenimiento

Debemos ser conscientes de que sólo podemos mejorar de forma objetiva aquello que se pueda medir. Por tanto, cualquier responsable técnico de una Empresa o de un Departamento de Mantenimiento que afronte un proceso de mejora serio y riguroso, debe plantearse profundamente la necesidad de medir en qué situación se encuentra ahora y cuál va a ser la forma de medir el éxito o fracaso de las nuevas medidas adoptadas.

Confiabilidad

Se define como la probabilidad que un elemento funcione, sin fallar, durante un tiempo determinado bajo condiciones ambientales y de entorno preestablecidas.

De la definición anterior se desprende que un equipo, en cualquier instante de su vida, puede estar sólo en dos estados de funcionamiento o en falla (detenido), bajo condiciones externas desconocidas. Cabe destacar que no siempre es sencilla la identificación de los estados de funcionamiento y fallas de un equipo o sistema. Por lo tanto se utilizan modelos probabilísticos.

Mantenibilidad

Es el concepto que caracteriza la facilidad del desarrollo de la intervención de mantenimiento o reparación, medida sobre la base de los tiempos de detención del equipo. La mayoría de las veces se asocia este concepto, en forma errónea, con el tiempo promedio de intervención, sin considerar la variabilidad presente en los tiempos de ejecución en todo el procedimiento de reparación. Entonces, se podría concluir *que la mantenibilidad de un equipo queda definida por la distribución de probabilidad asociada a los tiempos de realización del mantenimiento.*

Otra definición de mantenibilidad: Es la probabilidad de que una tarea dada de mantenimiento pueda ser ejecutada dentro de un intervalo dado $(0,t)$ cuando el mantenimiento se realiza dentro de condiciones dadas y utilizando procedimientos y medios prescritos. O tiempo de no disponibilidad después de la falla.

Disponibilidad de componentes y sistemas

La disponibilidad corresponde a la aptitud de un sistema de estar en un estado para cumplir una función requerida, en condiciones dadas, en el instante requerido y por un intervalo de tiempo requerido, suponiendo que está asegurada la provisión de medios externos necesarios; es decir función correcta del equipo en el momento en que se le requiera.

CAPITULO IV

MARCO METODOLÓGICO

Investigación

4.1 Tipos de Investigación

Investigación consiste en primer lugar realizar un inventario de todos los equipos que formarán parte del sistema de mantenimiento integral, incluyendo todas sus características se está incurriendo en una descripción.

Ya que se desea alargar la vida útil de los equipos y tener planes de acción en el caso de roturas, para así garantizar el servicio continuo de agua potable. Lo cual cuenta como una propuesta de acción, tomando en cuenta que el problema a resolver es la preservación de los equipos que allí se utilizan.

4.2 Diseño de Investigación

Este estudio se fundamentará en un análisis de documentos escritos de las actividades que se realizan en la organización, libros de mantenimiento, libros de mecánica de los fluidos, manuales de equipos, la recolección de datos en diversas plantas de tratamiento y recolección de datos en el taller central donde se realizan la mayoría de las prácticas de mantenimiento de los equipos. Con el fin de dar solución al problema de manera idónea.

4.3 Técnicas de Recolección de Datos

Dentro de cualquier investigación que se realice, es necesaria la aplicación de ciertas técnicas e instrumentos que le faciliten al investigador recopilar de manera precisa, detallada y segura, los datos e información que sea de su interés.

Entre las técnicas utilizadas en esta investigación se tiene: el análisis documental, la observación directa y las entrevistas estructuradas y algunas no estructuradas.

Análisis Documental

El análisis documental es una forma de investigación técnica, que buscan describir y representar los documentos de forma unificada y sistemática para facilitar su recuperación.

Para el análisis documental se utilizaron las siguientes referencias:

Consultas a documentos de la Empresa Aguas Rio, en los que se pueden mencionar, las estructuras organizativas, las prácticas operativas, las prácticas de mantenimiento, entre otros.

Consultas a libros de mecánica de los fluidos, libros de mantenimiento y trabajos de grados relacionados con el tema, como material académico.

Observación directa

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho ó caso, para tomar información y registrarla para su posterior análisis.

La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos.

Entre los tipos de observaciones existentes, se hizo énfasis en la observación estructurada y no estructurada. La primera se ejecuta en función de los objetivos específicos, utilizando una guía diseñada previamente, en la que se especifican los elementos que serán observados. Mientras que en la segunda se aplica sin una guía prediseñada que especifique cada uno de los aspectos que deben ser observados.

Las observaciones realizadas en esta investigación se efectuaron en las plantas de tratamiento, en las áreas del taller central destinadas al mantenimiento.

Entrevistas cualitativas

Las entrevistas cualitativas se dividen estructuradas, semiestructuradas y abiertas. En las primeras, el entrevistador realiza su labor basándose en una guía de preguntas específicas y se sujeta exclusivamente a esta. Las entrevistas semiestructuradas se basan en la guía de asuntos o preguntas y el entrevistador tiene la libertad de introducir preguntas adicionales para precisar conceptos u obtener mayor información sobre los temas específicos que vayan apareciendo durante la entrevista.

4.4 Procedimiento

1. Realizar diagnóstico de la situación actual de los equipos de la planta de tratamiento de agua potable.

- a. Entrevistar al personal de mantenimiento de las otras plantas de tratamiento.
- b. Registrar la forma en que realizan la Gestión de Mantenimiento.
- c. Verificar el tipo de planta de tratamiento a construir.

2. Identificar los equipos de la planta de tratamiento de agua potable

- a. Realizar una lista de los equipos a instalar en la planta de tratamiento.
- b. Clasificar los equipos de la lista por afinidad de funciones.
- c. Identificarlos con la respectiva codificación utilizada por la empresa.
- d. Crear fichas para los equipos.

3. Llevar a cabo un análisis de fallas y de criticidad a los equipos de la planta de tratamiento de agua potable

- a. Revisar la literatura técnica de los equipos para revisar los componentes que lo conforman y hacer un inventario de las posibles fallas que pueden ocurrir.
- b. A partir de lo anterior determinar cuáles equipos son los más críticos.

4. Realizar programa de mantenimiento preventivo a los equipos críticos de la planta de tratamiento de agua potable

- a. Al tener la lista de los equipos críticos se procede a realizar el plan de mantenimiento preventivo con la ayuda del manual de mantenimiento del equipo y las recomendaciones del fabricante.

5. Desarrollar estrategias de mejora para el sistema de gestión de mantenimiento.

- a. Analizar cada uno de los inconvenientes de la realización del trabajo de investigación y de sus ventajas, además de investigar su relación con el entorno, con la finalidad de proponer estrategias para su mejora.

CAPÍTULO V

SITUACIÓN ACTUAL

5.1 Situación Actual de la Gerencia de Mantenimiento

Cuando se realiza un Sistema de Gestión Integral de Mantenimiento en un sector particular de una empresa, se debe tener como referencia las políticas de mantenimiento que dicha empresa posee, además de obtener la información sobre cómo se traducen las políticas a su aplicación. Por lo tanto, es imprescindible describir la situación actual de la Gerencia de Mantenimiento.

Se procede a presentar la situación actual de la gerencia en 2 aspectos fundamentales;

5.2 Aspecto Organizativo

En este aspecto se describe todo lo relativo a la administración del mantenimiento y en la manera que la gerencia se compone para llevar a cabo sus objetivos. .

En esta estructura se puede observar que existen tres divisiones, las cuales tienen por objetivo lo siguiente:

- La división de operadores es responsable principalmente del mantenimiento preventivo de los equipos eléctricos y mecánicos encontrados en las plantas de tratamiento, sin embargo dependiendo de la envergadura de las fallas pueden realizar el mantenimiento correctivo.
- La división de taller central se encarga solo del mantenimiento correctivo de los equipos eléctricos y mecánicos de las plantas de tratamiento de agua, que requieran un mantenimiento mayor.
- La división de dosificación y desinfección, está comprometida con el mantenimiento de todos los equipos relacionados con los dosificadores de cal y con los cloradores.

En cuanto a las políticas de mantenimiento se puede decir en líneas generales, se están adoptando el mantenimiento preventivo, pero en su mayoría se realiza mantenimiento correctivo.

Por otro lado, no existe una política de remplazo de equipos

5.3 Aspecto Técnico

En este apartado se procede a describir la manera en que se llevan a cabo los distintos tipos de mantenimiento en las plantas;

- En cuanto al mantenimiento preventivo, este se realiza a través de las prácticas operativas rutinarias, en cada una de las plantas. Se encuentra a cargo de los operadores de planta.
- El mantenimiento predictivo, es limitado
- En materia de mantenimiento correctivo, como se mencionó anteriormente este se realiza en Taller Central, sin embargo, existe un protocolo informal, es que los equipos empiezan a tener historia cuando existe una falla severa, mientras se pueda reparar en sitio, el único registro que existe es de las actividades ejecutadas mas no del equipo.

5.4. Resumen de la situación actual

Los aspectos explicados anteriormente se pueden resumir en un listado de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas con el fin de proponer estrategias de mejora de la gestión de mantenimiento. Por lo tanto, se presenta a continuación el listado:

Fortalezas

- Adopción de medidas de mejora.

Debilidades

- El historial de fallas de los equipos se realiza de manera separada.
- No se lleva el control estadístico de las fallas de los equipos.
- Falta de herramientas para el manejo de los equipos en Taller Central.
- No existen políticas de remplazo de equipos.

Oportunidades

- La adopción de políticas de mejora continua por parte de la empresa.

Amenazas

- Los altos costos del mantenimiento correctivo.
- La falta de presupuesto asignado a la gerencia de mantenimiento.
- Las constantes emergencias en todo el estado por fallas en las bombas.

CAPÍTULO VI

RESULTADOS

6.1 Análisis de Criticidad

Siguiendo con la línea presentada en el marco teórico se procedió a analizar cada uno de los equipos involucrados en la planta de tratamiento, según su impacto en la producción, en la seguridad, en la calidad y mantenimiento.

6.2 Selección del equipo principal:

-La selección del equipamiento fue realizada a través de un análisis de criticidad el cual nos llevó a decidir el grado importancia de este en la empresa.

Además de la importancia en si del equipo se evaluó lo que desencadenaría este en caso de un evento inesperado.

Por medio de distintos parámetros de evaluación y ponderación se concluyó lo siguiente:

La Bomba Centrifuga fue seleccionada como equipo crítico. Este cuando falla, produce una parada total o suspensión drástica de la producción. Es decir afecta substancialmente el funcionamiento normal del sistema productivo. Solamente cuando es reparado este equipo, se puede reiniciar la producción. El tiempo que permanece fuera de servicio es igual al tiempo en el cual no hay producción.

EQUIPOS: Bombas Centrífuga

SECTOR: Planta de Agua

OBSERVACIONES: equipo crítico, prioridad de mantenimiento.

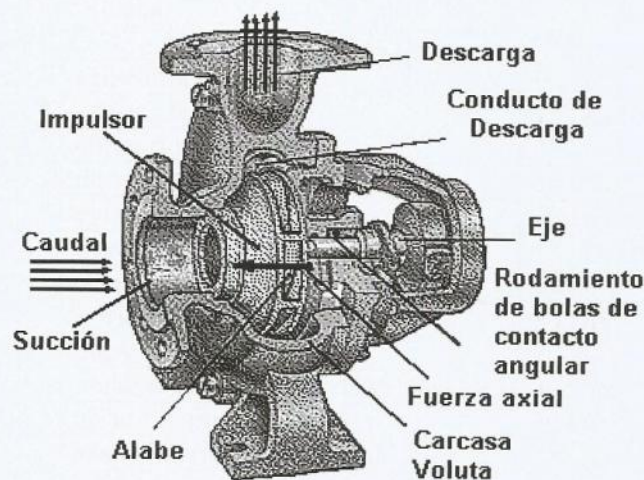
Ponderación	% de uso	Instalación. alterna	Importancia en planta	Afecta calidad	Horas de parada	Afecta MA	Afecta salud	
5	100	X No	X Sobre toda la planta	X Decisiva	X 3 o mas	X Grave	X grave	
4	80	Externa	Importante	Importante				
2	50 y 80	Stock	Relativa	Relativa	1 a 3	Relativa		
1	50	si	Solo equipo	nula	Menos de 1	nula	Relativa	
		5	5	5	5	5	5	
Total								
30 puntos: equipo crítico								
10 a 30 puntos: intermedio								30
10 puntos o menos: bajo								

Descripción del Equipo:

Bomba Centrífuga

Las bombas son de gran importancia en la planta de potabilización de agua, debido a su capacidad de empujar el fluido hacia donde se desee transportar.

Consisten en un rodete montado sobre una carcasa o voluta. El líquido entra en el centro del rodete y es acelerado por el giro de este, la energía cinética del fluido se transforma en energía potencial a la salida.



Algunos parámetros que se deben inspeccionar en una bomba centrífuga son:

- Condiciones de Operación (Temperatura y Presión)
- Características del Fluido (viscosidad, presión de vapor, ebullición, densidad, propiedades corrosivas, toxicidad, inflamabilidad, limpieza)
- Condiciones de Aspiración (Presión de aspiración, NPSH carga de succión neta positiva)
- Presión de descarga.

Causas de Falla: cavitación, desbalanceo, desalineación, lubricante no limpio, cargas hidráulicas no balanceadas, tensión en cañerías, etc.

6.3 Plan de Mantenimiento de la Bomba

Una vez obtenido el equipo crítico se procedió a realizar una investigación para averiguar sus prácticas de mantenimiento.

Programa de Mantenimiento Preventivo

PIEZA	Actividad	Frecuencia
Equipo completo	Verificar la alineación	90 Dias
Bomba	Verificar la temperatura de cojinetes	15 Dias
	Lubricación de Cojinetes	30 Dias
	Empacar prensa estopas	30 Dias
	Revisar el impulsor	180 Dias
	Revisar caja o cuerpo	180 Dias
Motor	Lectura de Voltaje y amperaje	15 Dias
	Verificar elementos térmicos	30 Dias
	Limpieza del arrancador	30 Dias
	Limpieza de interruptor de velocidad	30 Dias
	Lubricar cojinetes	30 Dias
	Lavado interior y revarnizado	180 Dias
	Verificar Temperatura de cojinetes	15 Dias

Instrucciones y Procedimientos para las Bombas

Temperatura de Cojinetes: Compruebe con la mano que la temperatura de la caja de cojinetes sea normal y si no lo es, antes de hacer otra cosa disminuya la cantidad de grasa que inyecta a los baleros. Si aun así persiste el sobrecalentamiento, investigue la causa.

Lubricación de Cojinetes. Quite la grasa o el aceite usado y lave los receptáculos; después reponga la grasa o el aceite, del mismo tipo del que estaba usando. Si se trata de aceite y tiene duda, use multigrado para motores; si se trata de grasa, use grasa fibrosa o de multilitio.

Prensa estopa.- Reemplace todos los anillos de empaque empleando cordón de asbesto grafitado de la medida que usted necesite. Procure que las "jaulas" (anillo de bronce perforado), si los tiene, queden precisamente frente a la entrada del agua de lubricación de la prensa estopa. Hay casos en que las bombas en lugar de prensa estopa de empaques, tienen sellos mecánicos y estos NO necesitan de ningún ajuste; cuando empieza a fugarse hay que cambiar el sello completo.

Ejes: los ejes de las bombas tienen una protección en la zona donde quedan los anillos de la prensa estopa y consisten en unos tubos de bronce, que entran justos en el eje y se conocen como "manguitos". Estos manguitos impiden que se raye o desgaste la flecha y por lo tanto cuando el manguito se desgasta hay que reponerlo por uno nuevo.

Alineación.- Compruebe que la bomba esté bien alineada con el motor, para ello utilice un calibrador de "lainas" (laminillas de acero graduado en milésimas de pulgada) el cual debe meterse en cruz entre las caras de los medios acoples de la bomba y del motor de tal manera que el mismo número de láminas entren justas en los cuatro puntos de la cruz. Si esto no sucede hay que aflojar los tornillos que sujetan al motor contra la base y moverlo hasta que las láminas entren como se explicó arriba. Si la transmisión es por bandas hay que alinearlas por medio de éstas.

Impulsor.-Quite la tapa de la bomba para que revise el estado del impulsor y de los anillos de cierre o de desgaste, que son unos anillos de bronce montados en la caja o cuerpo de la bomba y que protegen al impulsor. Si están gastados, hay que cambiarlos.

Caja o Cuerpo.- Desincrústela y límpiela. Sopletee el tubo del agua de lubricación.

RECOMENDACIONES PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO

LAS BOMBAS NO REVISTEN MAYOR PELIGRO PARA EL USUARIO, SIN EMBARGO, NO HAY QUE TOCAR LAS FLECHAS ACOPLADAS CON EL MOTOR, MIENTRAS ESTÁN FUNCIONANDO, Y EN EL CASO DE BOMBEO PROGRAMADO, EN NINGÚN MOMENTO, MIENTRAS ESTÉ CONECTADO, YA QUE, EN CUALQUIER INSTANTE PUEDE ARRANCAR Y CAUSAR DAÑO AL CONTACTO.

- 1.- Como existe una gran diversidad de bombas, se debe elegir el tipo y características adecuadas del equipo, de acuerdo a las condiciones de operación y servicio a que van a estar sujetas.
- 2.- En los sistemas de bombeo con varios equipos instalados en la misma línea, se debe verificar que funcionen debidamente las válvulas de retención (check) de cada bomba, para evitar los golpes de ariete en las tuberías (cambios súbitos de presión y/o temperatura).
- 3.- En el caso de bombas acopladas, verifique un correcto alineamiento con el motor, para evitar vibraciones y fallas futuras.

FALLAS MÁS COMUNES DE LAS BOMBAS

La siguiente tabla enumera la mayoría de los problemas que se pueden encontrar durante la operación de la bomba, sus posibles causas y remedios recomendados.

SÍNTOMA	CAUSA	CORRECCIÓN
No arrancan las bombas	No funciona el motor eléctrico.	No hay energía eléctrica o está quemado, desmontar y embobinar
	Elementos térmicos dañados o fusibles quemados.	Restablecerlos y verificar el buen funcionamiento del motor
	Falsos contactos	Revisar toda la instalación y reapretar.
Las bombas funcionan pero no hay entrega de agua	La bomba tiene aire	Purgar la bomba, llenando completamente de agua el tubo de succión y la caja de agua.
	Velocidad demasiado baja	Revisar el voltaje del motor y la frecuencia.
	Altura de descarga demasiado grande	Verificar que las válvulas a la salida estén totalmente abiertas, analizar pérdidas de fricción y corregir problema
	Impulsor parcial o totalmente bloqueado.	Destapar la caja de la bomba y limpiar bien el impulsor.
	Incorrecta dirección de la rotación	Verificar la rotación del motor y corregir Intercambiando fases.
Insuficiente entrega de agua.	Aire en el tubo de succión	Revisar estado físico del tubo y tapar cualquier orificio que se encuentre.
	Aire en la prensa estopa	Si no hay un leve chorro delgado de agua en la prensa estopa y un ajuste no forzado deja de producirlo, conviene cambiar empaquetadura, de no ser éste el caso, limpiar el tubo de agua de cierre.
	Anillos de desgaste defectuosos (los que protegen al impulsor)	Examinarlos y cambiarlos.
	Empaquetadura defectuosa	Cambiar empaques y bujes si están desgastados.
Se calienta el motor	Prensa estopa demasiado apretado	Aflojar la presión del casquillo, apretarlo sin exceso
	Conjunto desalineado	Verificar alineación correcta del motor y la bomba

6.4 Plan de Mantenimiento: Motor eléctrico

El motor eléctrico como equipo asociado a la bomba es de suma importancia para todo el proceso de tratamiento de agua. En el análisis de criticidad se determinó como un equipo intermedio, ya que la planta potabilizadora cuenta con motores auxiliares y gran cantidad de repuestos.

Recomendaciones para el Mantenimiento General

- Mantener el motor y los equipos asociados limpios;
- Medir periódicamente niveles de aislamiento;
- Medir periódicamente la elevación de temperatura (bobinas, cojinetes y sistema de ventilación);
- Verificar desgastes, lubricación y vida útil de los cojinetes;
- Verificar eventuales desgastes de las escobillas y anillos colectores;
- Inspeccionar el sistema de ventilación, con relación al correcto flujo de aire;
- Inspeccionar el intercambiador de calor;
- Medir los niveles de vibración de la máquina;
- Inspeccionar todos los accesorios, protecciones y conexiones del motor y asegurar su correcto funcionamiento.
- Para facilitar el intercambio de calor con el medio, la carcasa debe ser mantenida limpia, sin acumulo de aceite o polvo en su parte externa.

LIMPIEZA GENERAL

- Para facilitar el intercambio de calor con el medio, la carcasa del motor debe ser mantenida limpia, sin acúmulo de aceite o polvo en su parte externa.
- También el interior del motor debe ser mantenido limpio, libre de polvo, desechos y aceites.
- Para la limpieza utilizar escobillas o paños limpios de algodón. Si el polvo no es abrasivo, la limpieza debe ser hecha con un aspirador de polvo industrial, “aspirando” la suciedad de la tapa deflectora y todo el acumulo de polvo contenido en las palas del ventilador y en la carcasa.
- Los desechos impregnados con aceite o humedad pueden ser removidos con paño empapado en solventes adecuados.
- También es recomendado hacer la limpieza de las cajas de conexión. Los bornes y conectores de conexión deben ser mantenidos limpios, sin oxidación y en perfectas condiciones de operación. Evitar la presencia de grasa u oxidación del cobre en los componentes de conexión.

Plan de Mantenimiento para el Motor Eléctrico

EQUIPO	Semanal	Mensual	3 Meses	6 Meses	1 Año	2 Años
ESTATOR						
Inspección visual del estator					X	
Control de limpieza					X	
Control de los terminales					X	
ROTOR						
Control de limpieza					X	
Inspección visual					X	
Inspección del Eje						X
COJINETES						
Control del ruido, vibración, flujo de aceite, pérdidas y temperatura.	X					
Control de calidad del lubricante					X	
ESCOBILLAS, PORTAESCOBILLAS Y ANILLOS COLECTORES						
Inspeccionar y limpiar	X					
Verificar el área de contacto de los anillos colectores			X			
Verificar el desgaste de las escobillas y cambiarlas si es necesario		X				
EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y CONTROL						
Testear el funcionamiento.				X		
Registrar los valores	X					
Desmontar y testear su funcionamiento						X
ACOPLAMIENTO						
Inspección del alineado					X	
Inspección de la fijación					X	
MOTOR COMPLETO						
Inspección de ruido y vibración	X					
Drenar el agua condensada		X				
Reajustar los tornillos				X		
Limpiar las cajas de conexión				X		

La Tabla presenta una relación básica de anomalías, causas y medidas correctivas.

ANORMALIDAD	POSIBLES CAUSAS	CORRECCIÓN
El motor no arranca ni acoplado ni desacoplado	Como mínimo dos cables de alimentación están interrumpidos, sin tensión.	Verificar el panel de comando, los cables de alimentación, los terminales, el asiento de las escobillas.
	El rotor está bloqueado	Destruir el rotor
	Problemas en las escobillas	Las escobillas pueden estar desgastadas, sucias o colocadas incorrectamente.
	Cojinete dañado	Reemplazar el cojinete.
El motor arranca vacío, pero falla cuando se aplica carga. Arranca muy lentamente y no logra la rotación nominal.	Par de carga muy elevado durante el arranque	No aplicar carga en la máquina
	Tensión de alimentación muy baja.	Medir la tensión de alimentación, ajustar el valor correcto.
	Caída de tensión muy alta en los cables de alimentación.	Verificar dimensionamiento de la instalación (transformador, sección de los cables, verificar relés, disyuntores etc.)
	Rotor con barras falladas o interrumpidas	Verificar y reparar la bobina del rotor, testear el dispositivo de cortocircuito (anillos).
Corriente a vacío está muy alta	Tensión de alimentación muy alta	Medir la tensión de alimentación y ajustarla al valor correcto.
Calentamientos localizados en el rotor	Interrupciones en la bobina del rotor	Reparar la bobina del rotor o reemplazarlo
Ruido anormal durante la operación con carga.	Causas mecánicas.	El ruido normalmente disminuye con la caída de la rotación; vea también: "operación ruidosa cuando está desacoplado"
	Causas eléctricas.	El ruido desaparece cuando se desconecta el motor
La bobina del estator se calienta mucho con carga	Ventiladores con sentido de rotación invertido	Corregir el sentido de rotación de los ventiladores
	Refrigeración insuficiente debido a los canales de aire sucios	Abrir y limpiar los canales de paso de aire
	Tensión muy baja, corriente es muy alta	Verificar la tensión de alimentación y la caída de tensión en el motor

6.5 MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Las actividades de mantenimiento que realizan en planta son:

Mantenimiento de construcciones: (edificios, jardines, tanques). Una planta de tratamiento debe permanecer limpia y organizada, se debe tener presente que en ella se produce el agua que consume la población.

- Jardines bien cuidados, paredes y barandas limpias y pintadas, hacen de la planta un lugar agradable.
- Se debe evitar almacenar productos que involucren riesgo para los operarios o de contaminación del agua.
- Los tanques es preciso lavarlos periódicamente, desprender algas y musgos de sus paredes y evacuar el lodo. El periodo de lavado generalmente se define en cada planta de acuerdo con las condiciones particulares.
- Mantenimiento de concretos.

Mantenimiento de medidores de caudal

Mensualmente limpiar muros, destapar tubería.

Mantenimiento de equipo electromecánico

El mantenimiento de los equipos electromecánico se limita lubricación, cambio de sellos, empaques y rozamientos, fundamentalmente.

Mantenimiento de equipo mecánico

Lubricación y protección contra la corrosión, limpieza.

Mantenimiento de equipo electrónico

Limpieza y calibración.

Mantenimiento de instalaciones eléctricas

Revisión de alumbrado, mandos, ajuste de tableros y contactos, limpieza de bornes, verificación de voltaje y amperaje, retiro del polvo en todos los contactos y tableros. Cambio de redes por deterioro.

MANTENIMIENTO FLOCURADORES HIDRÁULICOS

Es importante conocer las acciones que debe llevar a cabo para mantener y conservar en buen estado estas estructuras, teniendo presente que del cuidado que se tenga con ellos depende su vida útil.

Operaciones de limpieza: Las operaciones de limpieza en la planta deben realizarse quincenalmente y para ello debe suspenderse la unidad mediante la correspondiente operación. Utilizar una manguera de alta presión.

Inspección y reparación: Después de realizar la limpieza del floculador debe efectuarse una inspección cuidadosa y hacer las reparaciones indispensables antes de ponerlo nuevamente en funcionamiento.

Una vez efectuadas todas las operaciones, se inicia el llenado acuerdo con las normas operacionales.

MANTENIMIENTO DE SEDIMENTADORES

Un adecuado mantenimiento de las unidades de sedimentación se hace necesario para asegurar que estas unidades trabajen en forma efectiva y eficiente; si se descuidara este aspecto las unidades (desarenador y sedimentador) podrían no remover las materias suspendidas en el agua, ocasionando una obstrucción en el sistema de filtro o de distribución. Los sedimentos interfieren con el proceso de sedimentación incrementando la velocidad del agua en el tanque. Además, la acumulación de estos sedimentos puede causar descomposición y causar sabores y olores en el agua.

El mantenimiento de los desarenadores y sedimentadores incluye actividades periódicas que consisten principalmente en el drenaje y evacuación de sedimentos acumulados en el fondo de la unidad.

La evacuación de los sedimentos que se depositan en el fondo de la unidad será cada 6 u 8 semanas dependiendo de la calidad del agua cruda y del volumen del tanque. Si el agua es muy turbia la remoción de sedimentos se debe realizar con mayor frecuencia.

Actividad	Acciones
Lavado de la unidad Cortar el flujo de agua hacia el tanque	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cerrar la válvula de entrada al tanque
Limpieza cámara de entrada	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desprender el material adherido en el fondo y en las paredes de la cámara, utilizando una escobilla.
Limpieza de cámara de sedimentación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abrir la válvula de drenaje para la evacuación de lodos y dejar evacuar toda el agua y sedimentos. ▪ Con palas, cubetas, baldes, tablas y carretilla, remover los sedimentos del tanque, empujándolos hacia el drenaje y llevándolos fuera del lugar. Raspar el fondo del tanque y dejarlo completamente limpio. ▪ Si hubiera una bomba y manguera, rociar los sedimentos del fondo. ▪ Enjuagar completamente el tanque antes de restaurar su funcionamiento
Limpieza cámara de salida	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desprender el material adherido al fondo y paredes de la cámara.
Poner en funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cerrar los drenajes y abrir las válvulas para llenar el tanque. ▪ Una vez limpio el tanque debe volver a sus funciones en cuanto sea llenado. Esto debe ser entre 4 a 6 horas, dependiendo del volumen del tanque.

Otros mantenimientos que deben realizarse con periodicidad son:

- Engrasado de los dispositivos de apertura de compuertas (mensualmente).
- Pintado de elementos metálicos con pintura anticorrosiva (semestralmente).
- Inspección minuciosa de la unidad, resane de deterioros en la estructura, reparación o cambio de válvulas y compuertas (anualmente).

Es importante no realizar los cortes de suministro en horas de máxima demanda. Generalmente, se realizan de medio día a media tarde.

Se deberá advertir a los usuarios sobre los cortes de agua, así estos pueden regular su consumo durante el periodo de corte.

Herramientas y materiales

Dependiendo del trabajo a realizar y del método a utilizar se pueden emplear diferentes herramientas, equipos y materiales.

Herramientas

Se debe contar por lo menos con las siguientes herramientas:

- Manual de operación y mantenimiento
- Pala
- Carretilla
- Llave francesa
- Llave de cadena
- Baldes
- Escobillas
- Escoba
- Brochas

Materiales

- Pintura anticorrosiva
- Repuestos y empaquetaduras de válvulas

Mantenimiento de Filtros

El mantenimiento está asociado con los lavados y las acciones tendientes a prevenir o reparar daños.

El lavado de las unidades deberá efectuarse con mayor frecuencia cuando se presenta deterioro en la calidad de agua afluyente, siendo la pérdida de carga mayor al valor normalmente alcanzado cada semana, al finalizar cada carrera de filtración.

En algunas circunstancias al finalizar la carrera de filtración semanal, la pérdida de carga puede presentar variaciones mínimas que a juicio del operador no ameritan la ejecución del lavado; sin embargo es necesario tener mucho cuidado con este parámetro, pues el hecho de no lavar oportunamente, puede producir la compactación del material removido y almacenado en el interior de la unidad, ocasionando ineficiencia del lavado, aumento en la pérdida de carga, incremento en las actividades de operación y mantenimiento y disminución en la eficiencia del proceso de tratamiento.

Actividades periódicas de mantenimiento

Actividad	Acciones
Lavado semanal del filtro Limpieza cámara de entrada	<ul style="list-style-type: none">• Desprender material adherido en el fondo y en paredes de la cámara, utilizando escobilla con cerdas de material sintético.
Limpieza hidráulica del filtro (lavado de fondo)	<ul style="list-style-type: none">• Medir pérdida de carga.• Cerrar entrada de agua a la unidad.• Cerrar salida de agua filtrada.• dejar abierta la válvula y drenar el filtro hasta que el agua del desagüe sea visiblemente similar al agua de lavado.• Cerrar válvula de apertura rápida.• Abrir entrada de agua y llenar filtro.
Limpieza cámara de salida	<ul style="list-style-type: none">• Desprender material adherido al fondo y paredes de la cámara.
Poner en funcionamiento	<ul style="list-style-type: none">• Abrir salida de agua hacia el filtro lento cuando el efluente de la unidad recién lavada haya aclarado.
Revisar eficiencia del lavado del filtro	<ul style="list-style-type: none">• Medir pérdida de carga y comparar con valor medido antes del lavado, si es mayor volver a lavar el filtro
Lavado mensual del filtro Limpieza cámaras de entrada y salida	<ul style="list-style-type: none">• Limpiar material adherido al fondo y

<p>Limpieza superficial de la grava</p>	<p>paredes de cámaras, con un cepillo de cerdas sintéticas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cerrar salida de agua filtrada. • Abrir compuertas laterales o adaptadores de limpieza. • Revolver la superficie de la grava utilizando una pala metálica, hasta que el agua producto del lavado aclare. • Cerrar compuertas laterales. • Cerrar entrada de agua
<p>Limpieza hidráulica del filtro (lavado de fondo)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar dos drenajes del filtro siguiendo las recomendaciones del lavado semanal. Antes de iniciar el segundo lavado, llene el filtro. • Abrir entrada de agua. • Abrir salida de agua.

Actividades eventuales en los filtros ascendentes

Actividad	Acciones
<p>Retiro y lavado o cambio de la grava</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cerrar salida de agua hacia filtros lentos. • Cerrar entrada de agua al filtro grueso. • Drenar unidad a través de las válvulas de apertura rápida. • Retirar capas de grava secuencialmente, procurando que éstas no se mezclen entre sí y evitando la pérdida de material. • Medir el espesor de las capas que se retiran. • Lavar los tipos de grava en forma separada. • Tamizar fracciones de grava que estén mezcladas. • Lavar tuberías, fondo y paredes del filtro. • Instalar capas de grava en el mismo orden y con igual espesor al que tenían antes de ser retiradas para el lavado • Llenar filtro en forma ascendente. • Realizar varios drenajes, siguiendo las recomendaciones del lavado semanal.

Mantenimiento de Cloradores

Actividad	Acciones
Diario	<ul style="list-style-type: none">▪ Revisar lubricación.▪ Verificar el funcionamiento de la bomba▪ Verificar la tensión de las correas▪ Limpiar el tubo insertado en la tubería madre
Semanal	<ul style="list-style-type: none">▪ Limpieza de las partes de la bomba▪ Inspección de las valvular, diafragma y asientos
Anual	<ul style="list-style-type: none">▪ Desmontaje completo; Lubricación del motor si las especificaciones del fabricante no indican otro periodo, cambios de partes, chequeo general del equipo.

7. CONCLUSIONES

Una vez analizados los resultados correspondientes a este trabajo de investigación se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Se ejecutó un análisis de criticidad donde se determinaron los equipos críticos, debido a su influencia en la seguridad de la planta, en la producción de agua, calidad del producto y costos de mantenimiento.
2. Una vez seleccionados los equipos críticos se les diseñó un Plan de Mantenimiento (preventivo), el cual incluye la identificación de los equipos, el subsistema al que pertenecen, su descripción, la actividad a realizar, su frecuencia y la descripción del trabajo.
3. Con la elaboración del Plan de Mantenimiento se desarrolló un Programa de Mantenimiento que refleja la frecuencia con la cual se debe ejecutar el mantenimiento a los equipos.
4. Resulta indispensable contar con la estrategia de mantenimiento más apropiada y con personal capacitado, tanto en el uso de las técnicas de análisis y diagnóstico de fallas realizadas como también con conocimiento suficiente sobre las características de diseño y funcionamiento de dichas bombas.
5. Se considera indispensable realizar una buena estrategia de motivación a los operadores de los equipos, para que sean conscientes de la importancia del mantenimiento y colaboren activamente en el cuidado de las mismas, asimismo es importante dar un seguimiento al plan para identificar deficiencias y poder mejorar día a día.

8. RECOMENDACIONES

Una vez analizada la información recopilada y las conclusiones obtenidas se recomienda:

1. Aplicar la propuesta planteada en los resultados del trabajo de investigación, para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos del Acueducto
2. Extender las políticas de mantenimiento preventivo.
3. Siempre se debe considerar un programa de mantenimiento preventivo activo, que sea revisado y actualizado constantemente, cada vez que obtenga los reportes del progreso se debe revisar y ajustar el plan.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arata, A. (2009) Ingeniería de Gestión de la Confiabilidad Operacional en Planta
2. García, S. (2003) Organización y Gestión Integral del Mantenimiento.
3. Gómez de León, F. (1998) Tecnología del Mantenimiento Industrial
4. Gómez, Marcelo (2006). Introducción a la Metodología de la Investigación. Argentina
5. Manual de Bombas. Diseño, aplicación, especificaciones, operación y mantenimiento. IGOR J. KARASSIK. WILLIAM C. KRUTZSCH WARREN H. FRASER. McGraw Hill
6. Bombas. Selección y Aplicación. TYLER G. HICKS.
7. Mecánica de Fluidos IRVING SHAMES McGraw Hill
8. Catalogo Instalación Operación y Mantenimiento BYRON JACKSON
9. Manual de Mantenimiento e Instalación de Motores Eléctricos
10. Web de la empresa de tratamiento de agua.