

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico

“DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y
PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS ELECTROMECAÓNICOS DE LA LÍNEA DE
FANGOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DE
IBARRA”

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en
Mantenimiento Eléctrico

Autor:

David Leonardo Puruncajas Pasquel

Tutor:

Ing. Claudio Otero Msc.

Ibarra-2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100379051-4		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Puruncajas Pasquel David Leonardo		
DIRECCIÓN:	Antonio Ante, Chaltura, Cornelio Velasco y Obp. Pasquel Monge		
EMAIL:	dlpuruncajasp@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	-----	TELÉFONO MÓVIL:	0982110893

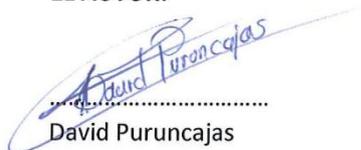
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS DE LA LÍNEA DE FANGOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DE IBARRA
AUTOR (ES):	David Leonardo Puruncajas Pasquel
FECHA: DD/MM/AAAA	29/7/2019
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Claudio Otero Msc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 29 días del mes de julio de 2019

EL AUTOR:

A handwritten signature in blue ink that reads "David Puruncajas". The signature is written over a horizontal dotted line.

David Puruncajas
1003790514



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

Certifico que la Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico con el tema: DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS ELECTROMECAÓNICOS DE LA LÍNEA DE FANGOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DE IBARRA, ha sido desarrollada y terminada en su totalidad cumpliendo con las normas establecidas por el Sr. David Leonardo Puruncajas Pasquel, portador de la cedula de identidad 100379051


ci 1756374300

Ing. Claudio Otero M.sc.

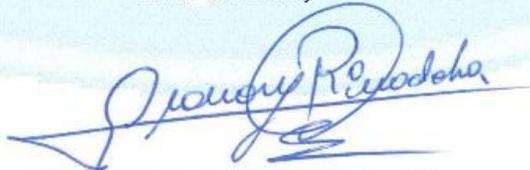
Director de tesis

CERTIFICADO

El señor David Leonardo Puruncajas Pasquel, portador de la cedula de ciudadanía No. 1003790514, ha finalizado su trabajo de titulación de **DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO PARA LOS EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS DE LA LÍNEA DE LODOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE IBARRA**, perteneciente a la empresa pública de agua potable y alcantarillado de Ibarra, EMAPA-I.

Por tal efecto y por pedido del interesado se extiende el presente certificado por haber cumplido con la elaboración y entrega física y digital del documento, para su posterior aplicación en la planta de tratamiento de aguas residuales de Ibarra.

Atentamente,



Ing. Giovanni Rivadeneira
Jefe de la PTAR-I



Dedicatoria

Quiero dedicar el presente trabajo grado a mi madre Cruz Magdalena Pasquel Castillo como un símbolo de recompensa, al esfuerzo y sacrificio que hizo para darme la educación, por inculcarme los principios y valores para ser una persona correcta y quien me ha apoyado incondicionalmente en todo momento.

Dedico a mis hermanos Jesús Pasquel y Valeria quienes me han apoyado moralmente y han sido mi fuente de inspiración para poder lograr mi objetivo de culminar mis estudios universitarios apoyándome en las peores circunstancias con sus consejos.

David

TABLA DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
Dedicatoria.....	V
TABLA DE CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XI
Resumen	XII
A1 Introducción	XIV
A2 Planteamiento del problema	XV
A3 Justificación	XV
A4 Problema	XV
A5 Alcance	XV
A6 Viabilidad.....	XVI
A7 Objetivo General	XVI
A8 Objetivos específicos.....	XVI
1. Definiciones de mantenimiento	1
1.1. Mantenimiento en la industria	1
1.2. Función del mantenimiento.....	2
1.3. Fallas que se presentan los equipos.....	2
a) Fallas tempranas	2
b) Fallas adultas.....	2
c) Fallas tardías.....	2
d) Excepcionales	2
1.4. Tipologías de mantenimiento	3
1.4.1. Preventivo	3
1.4.2. Predictivo	3
1.4.3. Mantenimiento Overhaul.	4
1.5. Metodologías de mantenimiento	5
1.5.1. Mantenimiento centrado en confiabilidad <i>RCM</i>	5
1.5.2. Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	7
1.6. Criterios de evaluación en el mantenimiento.....	7
1.6.1. Efectividad.....	7
1.6.2. Disponibilidad	7
1.6.3. Fiabilidad	8

1.6.4.	Mantenibilidad.....	8
1.6.5.	Confiabilidad	9
1.7.	Modelos de mantenimiento.	9
1.7.1.	Modelo correctivo.....	9
1.7.2.	Modelo condicional.....	9
1.7.3.	Modelo sistemático.....	9
1.7.4.	Modelo de mantenimiento de alta disponibilidad	10
1.7.5.	Resolución de modelos de mantenimiento	10
1.8.	Niveles de mantenimiento.....	11
1.9.	Análisis y evaluación de parada de los equipos	12
1.9.1.	Análisis de Criticidad	13
1.9.2.	Análisis de falla.....	13
1.9.3.	Análisis de modo de falla	13
1.10.	Plan de mantenimiento preventivo y predictivo	14
1.10.1.	Planificación del mantenimiento	14
1.10.2.	Programación del mantenimiento	15
1.11.	Estrategias de mantenimiento	15
1.11.1.	Mantenimiento no Programado	16
1.11.2.	Mantenimiento Programado	16
1.12.	Técnicas de mantenimimieno	17
1.12.1.	Mantención Pre-falla.....	17
1.12.2.	Mantenimineto reactivo	17
1.12.3.	Mantenimiento Proactivo	18
1.12.4.	Mantención preventiva.....	19
1.12.5.	Mantención predictiva.....	19
1.13.	Estructura del plan de mantenimiento	19
1.13.1.	LISTA DE EQUIPOS	19
1.13.2.	Métodos y tareas de mantenimiento preventivo y predictivo	19
a)	Rutinas	19
b)	Tareas de mantenimiento	20
c)	Técnicas de mantenimiento predictivo.....	20
1.13.3.	Clasificación de maquinaria	21
1.13.4.	Equipo especializado.....	22
1.13.5.	Personal especializado	22
a)	Trabajador autorizado.....	23
b)	Trabajador cualificado.....	23

1.13.6.	Seguridad	23
a)	Equipo de protección Personal	23
b)	Seguridad en el área de trabajo	24
c)	Seguridad sobre manipulación de equipos.....	24
2.	Introducción.....	25
2.1.	Métodos de investigación.....	25
2.1.1.	Métodos de observación y recolección científica	25
2.1.2.	Método analítico- sintético.....	25
2.1.3.	Método inductivo.....	26
2.1.4.	Método deductivo	26
2.2.	Diseño del plan de mantenimiento.....	26
2.2.1.	Identificación y levantamiento de información PTAR-I	26
2.2.2.	Clasificación de áreas y equipos.....	27
a)	Arqueta de reparto	28
b)	Ede tamizado.....	28
c)	Cogeneración	28
d)	Caldera	28
d)	Centrifugas	28
e)	Eras de secado.....	29
f)	Deposito tampón	29
g)	Digestor anaerobio.....	29
h)	Espesador de fangos	29
i)	Silo.....	29
2.2.3.	Levantamiento de información.....	30
2.3.	Evaluación de los equipos	31
2.3.1.	Análisis de criticidad.....	31
2.3.2.	Análisis e identificación defectos.....	34
a)	Bombas centrifugas.....	34
b)	Equipos de caldera	37
c)	Polipastos	38
d)	Tornillos.....	40
e)	Sistema de ventilación	41
f)	Agitadores	42
g)	Volteador de fangos.....	44
h)	Tamiz	45
i)	Módulo de cogeneración	46

3.1.	Mantenimiento Preventivo y Predictivo equipos electromecánicos línea de lodos.....	47
3.1.1.	Diseño del plan.....	47
a)	Permisos y emisión de ordenes	47
b)	Ordenes de trabajo	47
c)	Hoja de vida del equipo	47
2.3.3.	Consideraciones en la ejecución de trabajos.....	48
a)	Normas de seguridad durante el procedimiento del trabajo	48
b)	Herramientas.	48
c)	Equipos de medición para ejecución del mantenimiento Preventivo y Predictivo	49
2.3.4.	Tareas del mantenimiento preventivo y predictivo.....	49
4.	Conclusiones y Recomendaciones	80
4.1.	Conclusiones	80
4.2.	Recomendaciones	81
	Referencias.....	82
5.	Anexos.....	83
	Anexo A	83
	Anexo D	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1. Concepto de mantenimiento, función y objetivos.....	1
Fig.2. Categorías del mantenimiento preventivo.....	3
Fig.3. Niveles de mantenimiento	12
Fig.4. Exigencias a mantenimiento	14
Fig.5. Modos de mantenimiento.....	16
Fig.6. Estrategias de mantención	17
Fig.7. Programa de mantenimiento	18
Fig.8. Planteamiento del plan de trabajo.....	26
Fig.9. Clasificación de áreas de la línea de lodos PTAR-I	27
Fig.10. Fotografías de los equipos electromecánicos de la línea de lodos	30
Fig.11. Datos técnicos de los equipos electromecánicos instalados en línea de lodos.....	31
Fig.12. Diagrama de identificación de problemas en los equipos	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla.1.1 Modelos de mantenimiento (Autor).....	10
Tabla.1.2. Análisis de criticidad (García, 2010, pág. 25)	12
Tabla 2.1 Análisis de criticidad de los equipos electromecánicos PTAR-I	32
Tabla 2.2 Bombas centrifugas	35
Tabla 2.3 Análisis de bombas centrifugas.....	36
Tabla 2.4 Equipos electromecánicos caldera	37
Tabla 2.5 Análisis de Equipos de caldera	37
Tabla 2.6 Polipastos	38
Tabla 2.7 Análisis Polipastos	39
Tabla 2.8 Tornillos de la línea de lodos	40
Tabla 2.9 Análisis tornillos	40
Tabla 2.10 Ventiladores Línea de lodos	42
Tabla 2.11 Análisis de ventiladores.....	42
Tabla 2.12 Agitadores línea de lodos.....	43
Tabla 2.13 Análisis Agitadores.....	43
Tabla 2.14 Volteador de fangos.....	44
Tabla 2.15 Análisis volteador de fangos.....	44
Tabla 2.16 Tamiz (Autor)	45
Tabla 2.17 Análisis Tamiz.....	46
Tabla 2.18 Especificaciones Técnicas Módulo de cogeneración (Autor).....	47
Tabla 3 1Mantenimiento de bomba fangos secundarios (Autor).....	50
Tabla 3 2Mantenimiento de bombas fangos primario y fangos en exceso (Autor).....	51
Tabla 3 3 Mantenimiento de bombas de impulsión de aguas de servicio (Autor)	53
Tabla 3 4 Mantenimiento de ventiladores Modelo ELP (Autor)	54
Tabla 3 5 Mantenimiento de Polipastos (Autor)	55
Tabla 3 6 Mantenimiento de sistema de ventilación (Autor)	57
Tabla 3 7 Mantenimiento de Agitadores (Autor).....	58
Tabla 3 8 Mantenimiento de Quemador de gas o gasóleo (Autor)	60
Tabla 3 9Mantenimiento de Grupo de presión de gas y gasóleo (Autor).....	61
Tabla 3 10 Mantenimiento de Centrifuga de deshidratación (Autor)	62
Tabla 3 11 Mantenimiento de Tamiz (Autor)	64
Tabla 3 12.Mantenimiento de Bombas de recirculación de Agua caliente (Autor)	65
Tabla 3 13 Mantenimiento de tornillos (Autor).....	67
Tabla 3 14Mantenimiento de Bomba dosificadora polielectrolito (Autor)	68
Tabla 3 15 Mantenimiento de Bomba dosificadora polielectrolito (Autor).....	69
Tabla 3 16 Mantenimiento de Bomba dosificadora cloruro férrico (Autor).....	70
Tabla 3 17Mantenimiento de Espesador de fangos (Autor).....	71
Tabla 3 18Mantenimiento de Módulo de generación (Autor)	73
Tabla 3 19Mantenimiento de Compuerta de descarga (Autor).....	74
Tabla 3 20 Mantenimiento de Agitador digestor de fangos (Autor).....	76
Tabla 3 21Mantenimiento de Volteador de fangos (Autor).....	77

Resumen

En el presente trabajo se realiza la planificación para mantener y conservar los equipos instalados en la línea de lodos en la PTAR-I. El objetivo principal está dirigido a mejorar la gestión y el control de los técnicos de mantenimiento sobre los procesos fundamentales de la planta, así como proveer al personal de mantenimiento de una herramienta de consulta y asesoría que rijan el proceder para comprobar la eficacia del proceso de mantenimiento.

Se pretende aumentar la disponibilidad, confiabilidad y optimizar el funcionamiento de los equipos. El programa de mantenimiento fue desarrollado con la base metodológica de un triple criterio para la identificación del equipo (exposición, prioridad, desempeño) y la identificación de factores y variables que se pueden controlar para evitar deterioro prematuro, señalando las partes piezas o elementos en los que deben concentrar los principales esfuerzos de manutención.

Se desarrolló una base de datos con la cual se llevarán las estadísticas sobre las principales labores realizadas tales como las tareas rutinarias y el control de las herramientas y equipos que deben utilizar para la ejecución de los trabajos específicos efectuados sobre cada equipo. La base de datos perteneciente a la línea de lodos se adjuntó a un programa base de la empresa complementando el mantenimiento integral de la PTAR-I.

Abstract

In this paper, the planning is carried out to maintain and conserve the equipment installed in the sludge line at the PTAR-I. The main objective is to improve the management and control of maintenance technicians over the fundamental processes of the plant, as well as providing to the maintenance personnel of a consultation and advisory tool that governs the procedure to verify the maintenance process effectively.

It is intended to increase the availability, reliability and optimize the operation of the equipment. The maintenance program was developed with the methodological basis of a triple criterion to identify the equipment (exposure, priority, performance) and recognize factors and variables that can be controlled to avoid premature deterioration, pointing out the parts or elements in which all the maintenance efforts should be concentrated on.

A database was developed with which the statistics on the main tasks carried out, such as routine tasks and the control of the tools and equipment that must be used for the execution of the specific works carried out on each team, will be kept. The database belonging to the sludge line was attached to a base program of the company, complementing the integral maintenance of the PTAR-I.



A1 Introducción

La ciudad de San Miguel de Ibarra, cabecera cantonal y capital de la provincia de Imbabura, desde el punto de vista hidrológico, la ciudad drena las aguas de escurrimiento hacia las cuencas del río Tahuando. La Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ibarra (EMPAPA-I) y las empresas españolas ACCIÓN AGUA S.A y EDUINTER S.A en asociación, fueron encargadas de la ejecutar el proyecto de la Planta de tratamientos de aguas residuales de Ibarra (PTAR-I), quienes cuentan con experiencia en ingeniería, suministro, construcción, instalación y fiscalización de obras de infraestructura mayor, (EMAPA, 2013)

La importancia que tiene el correcto funcionamiento de los equipos que participan en los sistemas de producción con respecto a las ganancias de sus organizaciones. Por tal motivo invierten parte de sus recursos para mejorar su área de mantenimiento contratando personal altamente calificado que planifique actividades de prevención y detección de fallas que les permita garantizar la operación óptima de su proceso de producción facilitando con esto, el éxito del Sistema de Gestión y evitando pérdidas en materias primas y paradas de producción. Considerando la importancia de conservación de los equipos electromecánicos, donde se tenga documentados los lineamientos de operación que regulan el adecuado funcionamiento se ha dado a la tarea de elaborar, supervisar y elaborar un plan d mantenimiento. (Olarte , Botero , & Cañon, 2010, pág. 354)

La gestión del mantenimiento es una de las herramientas más poderosas en el mundo del mantenimiento, aunque podríamos extender la idea a cualquier ámbito, es la información. Siempre seremos más eficaces si tenemos los conocimientos técnicos necesarios, si los trabajos están planificados de forma eficiente, si conocemos los riesgos y las consecuencias de las posibles incidencias (Vilardell, 2013, pág. 146)

Este documento presenta un diseño para la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la planta de tratamiento de aguas residuales de Ibarra (PTAR-I), sobre aspectos metodológicos y técnicas apropiadas, este documento ayudara a planificar trabajos de mantenimiento para el funcionamiento óptimo de los equipos electromecánicos.

El manual de procedimientos tiene un fin de lograr mantener un estado óptimo de los equipos electromecánicos, minimizar los tiempos de paro, evitando mantenimientos correctivos no programados, así llevando administración, planeación, ejecución y control de los equipos en la línea de fangos.

A2 Planteamiento del problema

La ciudad de Ibarra tiene una planta de tratamiento de aguas residuales funcionando desde agosto 2017, esta planta no cuenta con plan de mantenimiento correctamente estructurado y organizado para los equipos electromecánicos de la línea de fangos, dado que la planta necesita de un programa de mantenimiento para los equipos electromecánicos donde se tenga la información necesaria de cada equipo, recursos y tiempos de ejecución, para evitar paros innecesarios de la planta.

El proceso que desempeña la PTAR-I es continuo y es importante contar con un plan de mantenimiento que detalle los procedimientos, informes de trabajo y lista de recursos de los equipos electromecánicos, ya que esto facilitara y organizara el trabajo de los encargados técnicos.

A3 Justificación

La PTAR-I es un sistema conformado por varios equipos electromecánicos cada uno desempeñando una función necesaria para el proceso del tratamiento de aguas residuales, para los cuales se elaborará un plan de mantenimiento predictivo y correctivo para los equipos electromecánicos de la línea de fangos, este manual ayudará a la PTAR-I a mantener los equipos en óptimo funcionamiento, aumentará su vida útil y evitará paros innecesarios de la planta por falta de mantenimientos planificados.

A4 Problema

Una baja confiabilidad y fiabilidad de funcionamiento del sistema de equipos electromecánicos de la línea de fangos de la PTAR-I provoca paros innecesarios, mantenimientos correctivos no programados y falta de obtención de recursos necesarios para un mantenimiento, la necesidad de conservar la vida útil de los equipos electromecánicos conlleva a elaborar un plan que contenga los diferentes tipos de mantenimientos de procedimientos, metodologías, dependiendo de las características de cada equipo electromecánico.

A5 Alcance

Con el presente trabajo se busca diseñar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo de los equipos electromecánicos de la línea de fangos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ibarra, aplicando metodologías y procedimientos, para que personal técnico pueda ejecutar de forma correcta las actividades de mantenimiento.

A6 Viabilidad

Este trabajo es viable gracias a la aceptación del tema propuesto al jefe de la PTAR-I y EMAPA quienes han permitido el libre acceso a las instalaciones de la planta para poder obtener la información necesaria de los equipos electromecánicos de la línea de fangos y así elaborar un plan de mantenimiento.

A7 Objetivo General

- Diseñar un plan de mantenimiento para los equipos electromecánicos de la línea de fangos de la planta de tratamientos de aguas residuales de Ibarra.

A8 Objetivos específicos

- Investigar acerca de los métodos y tipos de mantenimiento necesarios para proceder a realizar un plan de mantenimiento para los equipos electromecánicos.
- Recopilar información acerca de los equipos electromecánicos instalados en la línea de fangos de la PTAR-I a través de datos de placa y manuales.
- Elaborar un plan de mantenimiento con frecuencias de mantenimiento de los equipos electromecánicos de la línea de fangos de la planta de aguas residuales Ibarra.

CAPITULO 1

Marco teórico

1. Definiciones de mantenimiento

1.1. Mantenimiento en la industria

“El mantenimiento es toda actividad encaminada a conservar las propiedades físicas de una institución o empresa a fin de que esté en condiciones para operar en forma satisfactoria y a un costo razonable” (Medrano, González, & Díaz de León, 2017, pág. 7).

El mantenimiento como un grupo de tareas programadas y no programadas que ayudan a mantener el equipo en estado óptimo para prolongar su funcionamiento, por medio de la ejecución de trabajos de lubricación, sustitución de piezas, rutinas de limpieza y pruebas de funcionamiento; conocer el estado en el que se encuentra la máquina para tomar acciones adecuadas y poder anticiparse a una posible falla que pueda llegar a presentar el equipo. La Fig. 1 muestra el concepto de mantenimiento su función y los objetivos que debe alcanzar.

El mantenimiento es una de las fortalezas potenciales que ha aportado a la evolución industrial, con la incrustación de actividades rutinarias o planificadas que permiten reducir la probabilidad del desarrollo de una falla. Esto quiere decir, que se evitan actividades correctivas con elevados costos que implican; daños irreversibles en máquinas y equipos e inclusive paros de producción. (Llamuca, 2017, pág. 4)

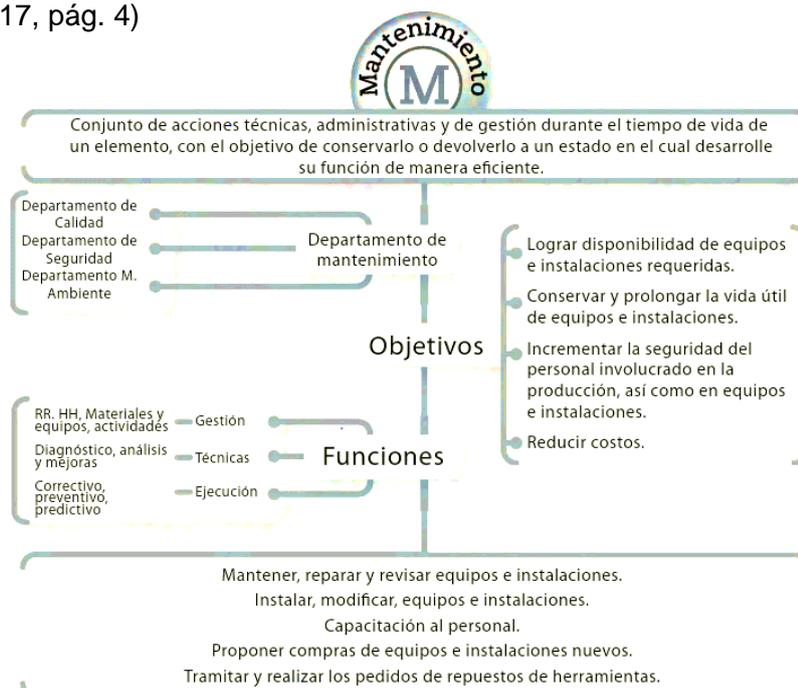


Fig.1. Concepto de mantenimiento, función y objetivos (Medrano, González, & Díaz de León, 2017, pág. 7)

1.2. Función del mantenimiento

La función principal del mantenimiento en una empresa es conservar la planta física en óptimas condiciones de operación, y a la vez, garantizar que la producción no sea interrumpida por paros imprevistos; en caso de suceder estos, se busca resolver en el menor tiempo posible. (Medrano, González, & Díaz de León, 2017, pág. 11)

La función principal del mantenimiento es conservar el estado de los equipos y aumentar su tiempo de vida útil, reducir las paradas inesperadas y aumentar la confiabilidad de funcionamiento. La búsqueda de variables y factores que intervienen en el rendimiento ayuda a determinar el procedimiento de tareas de prevención que deben realizarse en las máquinas con el objetivo de aumentar el estado de disponibilidad y reducir tiempos de parada.

“La principal función del mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo” (Moran, 2009, pág. 3).

1.3. Fallas que se presentan los equipos

Un dispositivo, equipo, instalación o sistema, falla cuando deja de proporcionar la función para el cual fue diseñado o instalado, o cuando aparecen efectos no deseados opuestos a las especificaciones de diseño originales de construcción o instalación. Las fallas que se presentan son clasificadas como menciona. (Medrano et a1, 2017, pág. 11)

- a) **Fallas tempranas.** En general se presenta al principio de la vida útil del bien y pueden ser ocasionadas por deficiencias en los materiales, errores de diseño de montaje.
- b) **Fallas adultas.** Suelen presentarse durante la vida útil del bien debido a las condiciones de operación (suciedad, desgaste y falta de lubricación). Este tipo de fallas ocurren con mayor lentitud que las primeras.
- c) **Fallas tardías.** En general, ocurren fuera de la vida útil del bien, cuando las condiciones de operatividad se han terminado.
- d) **Excepcionales.** Se originan por sucesos o demandas fuera de las especificaciones técnicas o por condiciones inesperadas como sobrecargas, problemas de alimentación y forzamiento del equipo.

Las fallas en un equipo es la forma de presentar un problema de funcionamiento o si no cumple los requisitos de operación para el cual fue diseñado, por lo que se debe

intervenir e identificar y aplicar los procedimientos correctivos necesarios para eliminar los defectos de la máquina, si en la misma no es identificada posteriormente puede ocasionar la interrupción de las condiciones normales y daños irreversibles.

1.4. Tipologías de mantenimiento

1.4.1. Preventivo

El mantenimiento preventivo identifica y supervisa todos los elementos estructurales del equipo, así como sus condiciones presentes, para anticiparse a fallos que puedan provocar averías, detención de la producción, pérdidas de rendimiento, defectos de calidad o accidentes. (Cuatrecasas, 2012, pág. 706)

La principal ventaja de este tipo de mantenimiento es que podemos planificar con antelación la intervención, para preparar los recursos necesarios, como el personal y los materiales necesarios, además de incidir mínimamente en la producción, porque al tener prevista la parada, se adaptarán los plazos de fabricación, evitando incumplir un plazo de entrega al cliente a causa de un imprevisto. (Vilardell, 2013, pág. 142)

El mantenimiento preventivo es un conjunto de tareas o rutinas que se realiza periódicamente para evitar fallas en el equipo, se especializa en inspeccionar, visualizar y actuar en caso de desgaste o avería que puede presentar los componentes de la máquina, para evitar las mismas se debe llevar a cabo el cambio de piezas que se encuentren en mal estado y que puedan provocar una parada inesperada. En la Fig. 2 muestra la clasificación del mantenimiento preventivo en base a la función que desempeña y tiempo de operación.

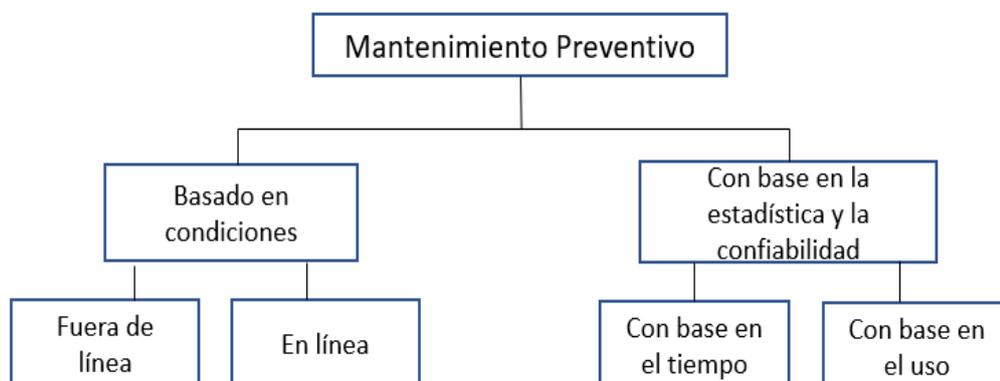


Fig.2. Categorías del mantenimiento preventivo (Duffuaa, Raouf, & Campbell, 2007, pág. 77)

1.4.2. Predictivo

Éste por lo general es un sistema total que permite la predicción de la falla con base en el manejo estadístico y probabilidad de la información, ingresada en grandes volúmenes en tiempo real. Requiere de diversos instrumentos y elementos primarios de medición, donde puede detectar vibraciones, temperaturas, presiones y los más modernos patrones de infrarrojo. Los valores capturados los procesa el sistema y los compara con los contenidos en sus bases de datos, desplegándose después las curvas de falla versus tiempo futuro. (Dounce, 2014, pág. 44).

El mantenimiento predictivo empleado en la industria está enfocado en detectar las posibles fallas que pueden presentar los equipos, mediante un seguimiento estadístico que ayude en el análisis de posibles daños. Por medio de la utilización de instrumentos de medida especializados que ayuden a detectar anomalías y el grado de desgaste en los equipos, con el fin de gestionar una parada anticipada. Aplicando ingeniería se realizan pruebas y análisis de los resultados para decidir dónde y a que tiempo deberá intervenir para eliminar problemas o realizar cambios de refacciones.

Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y técnicos. (García, 2010, págs. 17-18)

1.4.3. Mantenimiento Overhaul.

El mantenimiento a ceros horas es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. Estas revisiones se sustituyen o se separan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran

probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano (Jiménez Vergara, 2010, pág. 51)

La máquina tiende a deteriorarse de forma que los componentes internos y externos provocan fallas mecánicas y eléctricas, por lo cual el grado de confiabilidad es bajo y con alta probabilidad de parar el sistema. El propósito del mantenimiento Overhaul es de remplazar en su gran mayoría los componentes del equipo, con ello se logrará prolongar su vida útil y reestablecer las características de operación originales.

1.5. Metodologías de mantenimiento

1.5.1. Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM

El RCM se inscribe, dentro de los procesos de mejora continua, como una herramienta de ciclo proactivo: las mejoras no se producen solamente a partir del aprendizaje de las fallas que ocurren, sino que se generan a la velocidad deseada por la organización, utilizando todo el conocimiento de sus integrantes. El RCM es un procedimiento para identificar fallas potenciales y definir acciones de mejora de mantenimiento, operación y diseño de máquinas y equipos. (Jiménez Vergara, 2010, pág. 25)

La aplicación de esta metodología se enfoca en detectar y analizar la posibilidad de que ocurra una falla, por medio de la detección los daños prematuros se logra reducir el impacto sobre los equipos, para ello se emplea equipos especiales de medición que ayuden a predecir y ajustar tareas de mantenimiento según la necesidad de la máquina.

El mantenimiento centrado en confiabilidad es una combinación de estrategias de mantenimiento que identifica la criticidad del equipo o sistema con el fin de optimizarlo. Como menciona (Haidar, 2016) los activos más críticos son aquellos que suelen fallar o aquellos que tienen consecuencias peligrosas en caso de fallo. Es casi imposible evitar todas las fallas, pero es posible desarrollar una estrategia de mantenimiento que podría prevenir algunas fallas. La esencia de RCM es manejar las consecuencias de la falla.

a) Técnicas de mantenimiento (RCM)

Guide (2009) citado por (Jiménez Vergara, 2010, pág. 25) plantea que la técnica del RCM pone tanto énfasis en las consecuencias de las fallas como

en las características técnicas de las mismas, poniendo en práctica principalmente dos hechos:

- Integración de una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspecto de seguridad y amenazas al medio ambiente, esto hace que la seguridad y el medio ambiente se los tome en cuenta a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento.
- Manteniendo especial atención en las tareas del mantenimiento que más incidencia tienen en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, garantizando que la inversión en mantenimiento se utiliza donde más beneficio va a aportar.

El proceso implica analizar la criticidad y el modo de falla, y luego determinar para cada componente cuál es la actividad de mantenimiento preventivo apropiada y efectiva. Se evalúan todos los modos de falla posibles y el mantenimiento preventivo apropiado para cada componente, estableciendo así un programa que se ha demostrado que resulta en mejora la fiabilidad de las instalaciones. (IEEE, 1998, págs. 24-25)

- La RCM es simplemente organizada, documentada, de sentido común.
- El enfoque de RCM es analizar y realizar cambios en las actividades actuales del programa de mantenimiento preventivo para mejorar su aplicabilidad y rentabilidad.
- Las evaluaciones de RCM determinan los requisitos de mantenimiento del equipo según la función del sistema y la forma en que el equipo lo respalda. Un programa de mantenimiento basado en RCM proporciona una base técnica para la actividad de mantenimiento preventivo que no se basa estrictamente en los requisitos reglamentarios, las recomendaciones de los proveedores o los estándares de la industria.
- RCM enfoca los recursos de mantenimiento preventivo en equipos que son críticos para mantener funciones importantes del sistema.
- RCM hace hincapié en las técnicas de mantenimiento predictivo y proactivo sobre las técnicas de mantenimiento tradicionales y dirigidas por el tiempo.

1.5.2. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El TPM es un modo de orientar la gestión de los sistemas productivos que consolida la eficiencia y la competitividad de la empresa, integrándose en la gestión y cultura de esta, tal y como ocurre también después de la plena implantación de la gestión de calidad total (TQM); en este sentido, el TPM refuerza el efecto que se obtiene con la gestión de calidad total TQM. (Cuatrecasas, 2012, pág. 699)

Mantenimiento productivo total se basa en que ciertas tareas cotidianas de mantenimiento sean realizadas por los operadores de producción, como parte de sus actividades rutinarias, ya que son estos quienes conocen los equipos en el día a día y por tanto pueden anticipar posibles fallas. (IntegraMarkets, 2018)

1.6. Criterios de evaluación en el mantenimiento.

La producción total es la medición de la eficacia de un sistema interconectado de máquinas, considerando una fase importante de la productividad al cual se desea llegar por medio de capacidades técnicas y fiabilidad como menciona (Sacristán, 2000), la capacidad es un valor de tiempo, y la disponibilidad se obtiene por medio de la relación de variables como (mantenibilidad, fiabilidad y técnicas de seguridad).

1.6.1. Efectividad

“Hace referencia al tiempo que el equipo, a pesar de estar operativo, puede no estar produciendo, o bien hacerlo a una velocidad inferior a la esperada”. (Cuatrecasas, 2012, pág. 683)

1.6.2. Disponibilidad

“(Creus,2005) La disponibilidad es la probabilidad de un sistema de estar en condiciones de funcionamiento en el tiempo t . El sistema no debe haber tenido fallos, o bien, en caso de haberlos sufrido, debe haber sido reparado en un tiempo menor que el máximo permitido para su mantenimiento. De este modo, si se considera un tiempo muy largo para el sistema, se tiene la disponibilidad en régimen permanente $D(\infty)$.” (Prat Planas, 2014, pág. 26)

Disponibilidad es la posibilidad de que el equipo electromecánico se encuentre en línea con bajo índice de interrupciones a su funcionamiento normal, es

decir la relación del tiempo propuesto para trabajar y el tiempo que realmente estuvo en operación.

1.6.3. Fiabilidad

“Se define como la probabilidad, durante un periodo de tiempo especificado, de que el equipo en cuestión pueda realizar su función o su actividad en las condiciones de utilización, o sin avería” (González, 2007, pág. 66).

La fiabilidad se define como la probabilidad de que una máquina no falle, es decir, funcione satisfactoriamente dentro de los límites de desempeño establecidos, en una determinada etapa de su vida útil y para un tiempo de operación estipulado, teniendo como condición que la máquina se utilice para el fin y con la carga de trabajo para la que fue diseñada. (Dounce, 2014, pág. 101)

La fiabilidad es la confianza en que un sistema o máquina funcione correctamente, la operación del equipo depende de las condiciones de trabajo, ambientales y los métodos y técnicas de mantenimientos aplicados de los cuales se reduce la probabilidad de ocurrencia de falla, para ello se realiza un análisis sobre posibles factores que deje fuera de servicio al equipo y corregirlos anticipadamente.

1.6.4. Mantenibilidad

“Se define mantenibilidad como probabilidad de que el equipo, después del fallo o avería sea puesto en estado de funcionamiento en un tiempo dado” (González, 2007, pág. 66).

La mantenibilidad depende de factores como la habilidad del personal de instalación, preservación, mantenimiento y operación; el espacio de trabajo para ejecutar la conservación; la facilidad de acceso a los equipos; la disponibilidad de refacciones, la eficacia de los equipos de prueba. (Dounce, 2014, pág. 101)

La mantenibilidad es la rapidez con la que el operario repara al equipo para reintegrarlo al proceso de funcionamiento. A nivel industrial es importante disminuir el tiempo al mínimo en que la máquina esta fuera de servicio, mediante uso de estrategias de mantenimiento.

1.6.5. Confiabilidad

Como mencionan Huerta Mendoza (2000), "La probabilidad de que un equipo o sistema opere sin falla por un determinado período de tiempo, bajo unas condiciones de operación previamente establecidas" (pág. 12).

La confiabilidad determina que el sistema está en correcto funcionamiento del cual se anticipó y elimino los errores y problemas posibles. Con el objetivo de aumentar el tiempo de operación y la probabilidad se mantenga en optimo estado y de operación.

1.7. Modelos de mantenimiento.

1.7.1. Modelo correctivo

Bajo la condición de preservar y mantener los equipos disponibles mitigando pequeños errores de falla según (García, 2010) el modelo correctivo es la base de mantenimiento rutinario enfocado a equipos con bajo nivel de criticidad, La realización de tareas como inspecciones visuales, lubricación y reparación de averías donde éstas no sean de grado mayor. Cabe destacar qué este modelo no es indispensable una gran demanda de recursos y conocimiento técnico.

1.7.2. Modelo condicional

Además de tareas básicas de preservación, los equipos requieren actividades extras como menciona (García, 2010) se realiza pruebas y ensayos que delimita el estado de equipo y el procedimiento al que se puede someter, según a los resultados llegados. Este modelo es enfocado a aquellos equipos que tienen un uso limitado y menos importantes en el sistema, o también aquellos equipos con menos probabilidad de falla.

1.7.3. Modelo sistemático

Ciertos equipos necesarios o con un índice de disponibilidad intermedia es recomendable añadir tareas sin importar la condición en la que se encuentra el equipo. Según (García, 2010) hay trabajos rutinarios como mediciones, y pruebas de reconocimiento del estado en que se encuentra, adicionando las tareas de los modelos anteriores, durante su intervención se realiza tareas extras que se presente. En este modelo de mantenimiento no es necesario llevar una frecuencia fija de tareas, las tareas se llevarán a cabo sin importar el estado, tiempo y condición en la que está funcionando.

Consiste en un conjunto de operaciones que se realizan sobre las instalaciones, maquinaria y equipos de producción antes de que se haya producido un fallo, y su objetivo es evitar que se produzca dicho fallo o avería en pleno funcionamiento de la producción o del servicio que presta. Este tipo de mantenimiento incluye operaciones de inspección y de control programadas de forma sistemática. (Sacristán, 2000)

1.7.4. Modelo de mantenimiento de alta disponibilidad

Este modelo se enfoca en aquellos equipos que necesariamente deben tener un índice de falla muy bajo y un nivel de disponibilidad alto, este modelo de mantenimiento como menciona (García, 2010) engloba los modelos anteriores mencionados, la necesidad de que el equipo no tenga paradas innecesarias ya por costes altos y pérdidas de producción es necesario realizar mantenimientos (correctivo, preventivo y sistemático). Además, es fundamental emplear otra técnica de mantenimiento que permita determinar el estado en que se encuentra el equipo, y toma de decisiones para su intervención según la condición que éste, y programar su parada con anticipación.

1.7.5. Resolución de modelos de mantenimiento

En la tabla 1.1 se define los modelos de mantenimiento y las tareas que se ejecuta como base en cada modelo y al tipo de equipo al que se interviene.

Tabla.1.1 Modelos de mantenimiento (Autor)

Modelo de mantenimiento	Descripción	Tareas de mantenimiento	Equipos intervenidos
Correctivo	Modelo en el que se realiza tareas cotidianas para preservar el funcionamiento y evitar daños menores que altere su funcionamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Inspecciones visuales • Lubricación • Reparación de averías 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos con bajo nivel de criticidad. • Equipos con bajo nivel de uso.
Condicional	En este modelo se asigna tareas extras para determinar en qué estado se encuentra el equipo y poder realizar una intervención antes que provoque fallas y la parada del equipo.	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento correctivo • Pruebas de funcionamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos con un bajo nivel de falla • Equipos con bajo nivel de uso

		<ul style="list-style-type: none"> •Análisis de aceites lubricantes •Sustitución de piezas 	
Sistemático	En este modelo asigna tareas primordiales como mediciones y pruebas para determinar el estado del equipo, después se realiza mantenimiento y reparaciones dependiendo de las necesidades que presente.	<ul style="list-style-type: none"> •Modelo correctivo •Mantenimiento condicional •Pruebas de termografía, vibración, •Análisis estadístico de datos obtenidos 	<ul style="list-style-type: none"> •Equipos de disponibilidad media •Equipos con nivel medio de criticidad •Equipos con nivel alto de uso
Modelo de alta disponibilidad	En este modelo se aplica un método de mantenimiento predictivo para determinar con anticipación la parada del equipo, y la inspección y reparación completa de averías y fallas.	<ul style="list-style-type: none"> •Modelo correctivo •Mantenimiento condicional •Mantenimiento sistemático 	<ul style="list-style-type: none"> •Equipos de alta disponibilidad •Equipos con alto nivel de criticidad •Equipos con alto nivel de uso

1.8. Niveles de mantenimiento

Los niveles de mantenimiento se refiere a la dificultad del trabajo y el técnico que lo realizara como se indica en la Fig. 3, (Dounce, 2014) menciona que hay diferentes tratamientos y herramientas para reparar un defecto o falla para ello se recurre a nombrar la persona especialista o empresa indicada que puede hacer dicho trabajo, hay productos que solo los proveedores tienen la capacidad de solucionar con técnicos propios y garantizados para realizar el trabajo.

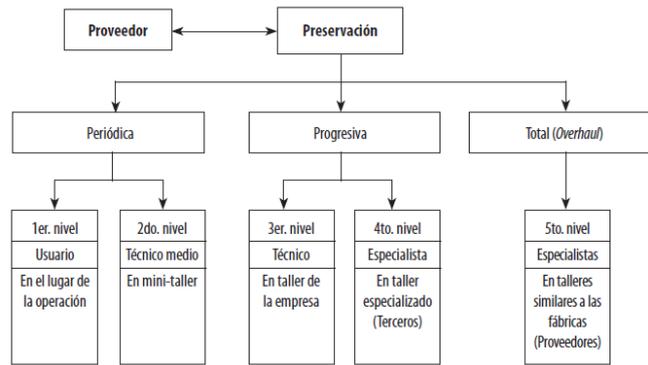


Fig.3. Niveles de mantenimiento (Dounce, 2014, pág. 34)

1.9. Análisis y evaluación de parada de los equipos

No todos los equipos tienen la misma importancia en una planta industrial. Es un hecho que unos equipos son más importantes que otros. Como los recursos de una empresa para mantener una planta son limitados, debemos destinar la mayor parte de los recursos a los equipos más importantes, dejando una pequeña porción del reparto a los equipos que menos pueden influir. (García, 2010, pág. 24)

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de mantenimientos a sistemas y equipos, creando una estructura que facilite la toma de decisiones acertadas y efectivas sobre cada máquina, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la fiabilidad operacional, basado en la realidad actual.

Tabla.1.2. Análisis de criticidad (García, 2010, pág. 25)

Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales).		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidentes en el pasado.			Consumen una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales).
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales).	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Producción).	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.	Coste Medio en Mantenimiento.
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.			
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en producción.	No afecta a la calidad.	Bajo coste de Mantenimiento.

1.9.1. Análisis de Criticidad

(García, 2010) No todos los equipos tienen la misma importancia en una planta industrial. Es un hecho que unos equipos son más importantes que otros. Como los recursos de una empresa para mantener una planta son limitados, debemos destinar la mayor parte de los recursos a los equipos más importantes, dejando una pequeña porción del reparto a los equipos que menos pueden influir en los resultados de la empresa. (Ortiz, Rodríguez, & Izquierdo, 2013, pág. 90)

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la fiabilidad operacional, basado en la realidad actual. La mejora de la fiabilidad operacional de cualquier Instalación o de sus sistemas y componentes, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: fiabilidad del proceso, fiabilidad humana, fiabilidad de los equipos y mantenimiento de los equipos. (Prat Planas, 2014, pág. 21).

1.9.2. Análisis de falla

El análisis de fallas FMECA se centra en el control de calidad para la erradicación de ellas, lo mismo que la gestión de stocks; el manejo de inventarios de repuestos e insumos de mantenimiento se preocupa por los materiales que se requieren en las reparaciones (Moran, 2009, pág. 294)

Esta técnica está basada en encontrar la variable de interrupción en el equipo, puntualizando el dónde, cómo y por qué se produjo el error, mediante el rastreo completo de componentes integrados en la máquina, el efecto de la falla se puede corregir por medio de la sustitución o modificación y hojas de vida, dónde del técnico calificado procede a realizar actividades para la reparación y reposición.

1.9.3. Análisis de modo de falla

El análisis de modo de falla y efecto es un proceso esquematizado en donde para cada función se determina sus fallas funcionales, sus modos de fallas y sus defectos, el proceso de análisis de falla y efecto. cómo menciona (Poveda Guevara & Martínez Lozano, 2012, pág. 3)

- Las fallas funcionales se definen como la incapacidad de un sistema para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.
- Los modos de falla son los eventos que pueden causar una pérdida de función o una falla funcional.
- Los efectos de las fallas indican lo que pasará si ocurriera cada modo de falla.

1.10. Plan de mantenimiento preventivo y predictivo

El plan de mantenimiento requiere de una organización clara de ideas (identificación y solución de fallas) para luego realizar una propuesta efectiva de rutinas y tareas para cada equipo como se indica en la Fig. 4.

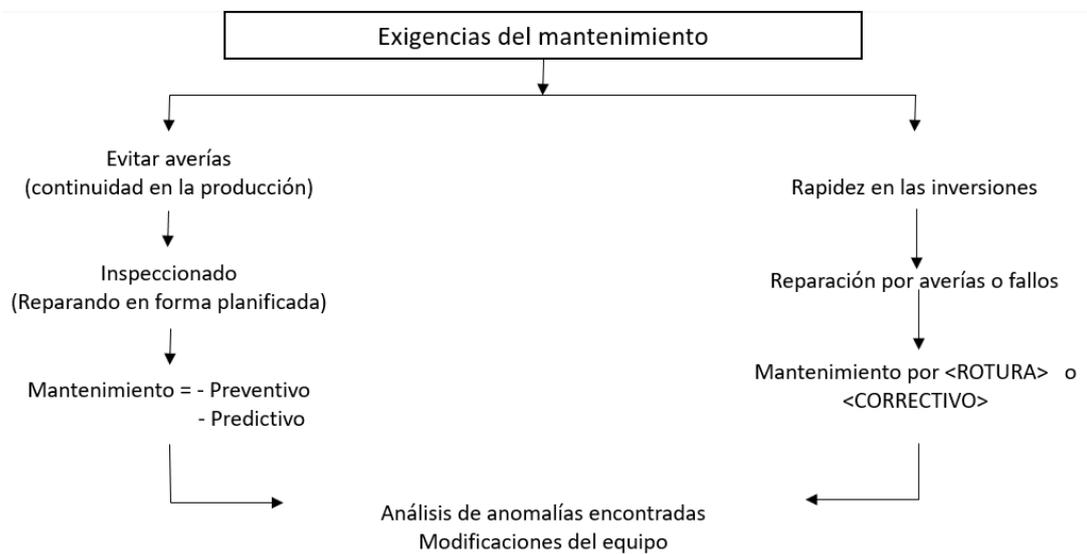


Fig.4. Exigencias a mantenimiento (Sacristán, 2000, pág. 44)

1.10.1. Planificación del mantenimiento

Para llevar un mejor control del mantenimiento es importante elaborar la planeación, programación y ejecución de las actividades que deberán realizarse. La planeación en el mantenimiento comprende un conjunto de tareas necesarias para conservar en óptimas condiciones los activos de la empresa la programación consiste en ordenar las actividades de acuerdo con la urgencia de cada una y el tipo de equipo o maquinaria de que se dispone. (Medrano et al, 2017, pág. 16).

La planificación de un programa de mantenimiento está formada de tres consideraciones; equipos de prueba, herramientas y personal capacitado, con

el objetivo de realizar tareas de mantenimiento en un tiempo determinado y el establecimiento de tareas rutinarias como inspecciones, pruebas, mediciones, limpieza, calibración de equipos e instrumentos, además de la administración de material, herramientas, guardar y emitir hoja de vida de los equipos en la intervención. (Gill, 2009)

1.10.2. Programación del mantenimiento

La relación de tareas y recursos que intervienen en el mantenimiento con el fin de desarrollar un sistema confiable, según (Duffuaa, Raouf, & Campbell, 2007) estos se ejecutan en secuencia durante determinados periodos de tiempo como:

- Una clasificación de prioridades de trabajo que refleje la urgencia y el grado crítico de trabajo.
- Si todos los materiales necesarios para la orden de trabajo están en la planta (si no la orden de trabajo no debe programarse).
- El programa maestro de producción y estrecha coordinación con la función de operaciones.
- Estimaciones realistas y lo que probablemente sucederá y no lo que el programador desea.
- Flexibilidad en el programa (el programador debe entender que se necesita flexibilidad, especialmente en el mantenimiento el programa se revisa y actualiza con frecuencia)

Mediante la recopilación de tareas y rutinas (mediciones, limpieza, lubricación y pruebas de funcionamiento) se establece un programa de mantenimiento preventivo y predictivo para los equipos electromecánicos e instalaciones determinando el procedimiento y el tiempo de ejecución de cada tarea, en efecto también se anticipa las herramientas e instrumentos de medición para la intervención, además de llevar un inventario en el cual se debe indicar las piezas o partes que se debe sustituir para reducir el tiempo mantenimiento.

1.11. Estrategias de mantenimiento

Las estrategias de mantenimiento son en realidad estrategias para la optimización de los planes de mantenimiento y, por lo tanto, de la fiabilidad de los activos productivos. (Ballesteros, 2016, pág. 36)

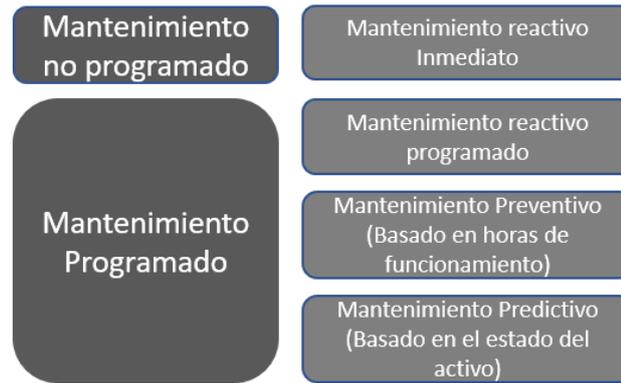


Fig.5. Modos de mantenimiento (Ballesteros, 2016, pág. 4)

1.11.1. Mantenimiento no Programado

“Es el mantenimiento de emergencia. Debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay que satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación, de aplicación de normas legales.” (Arata, 2009, pág. 195)

El mantenimiento no programado se ejecuta cuando aparece una falla imprevista y se interviene cuando el equipo fue interrumpido de su operación normal y no hubo una planificación anticipada de tareas y recursos, se enfoca en corregir el problema ya existente.

1.11.2. Mantenimiento Programado

Es aquel que implica una proactividad, es decir, plantea una programación de tareas con el fin de mitigar el riesgo de se produzca una avería o de que ésta llegue a generar consecuencias no deseadas. Estas tareas se pueden programar a intervalos fijos (preventivo), según condición (predictivo) o cuando ya se ha producido la avería, pero no se requiere una acción inmediata (reactivo). (Ballesteros, 2016, pág. 37)

Es el conjunto de tareas que se debe ejecutar, haciendo una parada anticipada del equipo, donde se procede la sustitución de piezas, realizar pruebas de funcionamiento, mediciones, y análisis de la máquina, es la combinación de actividades de mantenimiento; preventivo y predictivo necesarios que determinara el estado de la máquina.

Prando citado por (Arata, 2009, pág. 195). menciona que (Se sabe con antelación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuesto y documentos técnicos necesarios para realizarla correctamente.)

1.12. Técnicas de mantenimiento

La mejor opción que se puede tomar ante un estado de falla o defecto es la combinación de diferentes técnicas para mejorar el estado de disponibilidad del equipo y mejorar el sistema la Fig. 6 indica las técnicas que ayudan en el diseño del programa de mantenimiento.

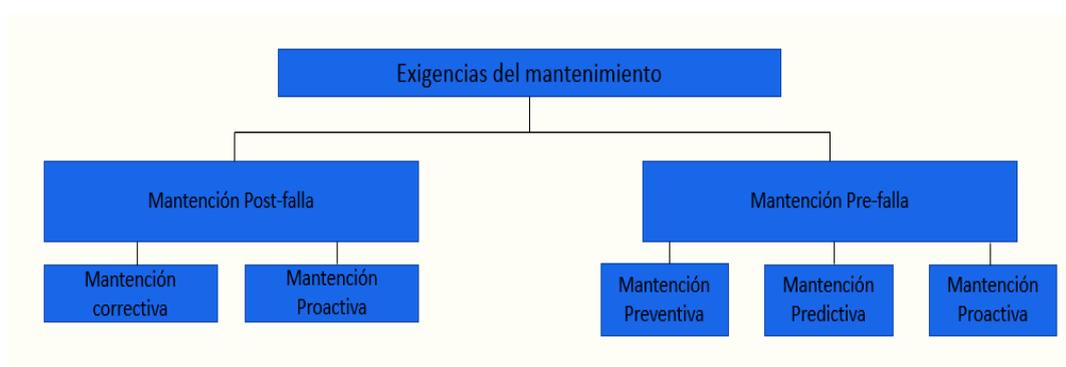


Fig.6. Estrategias de mantenimiento (Pascual, 2002, pág. 13)

1.12.1. Mantenimiento Pre-falla

La mantenimiento no correctiva (preventiva, predictiva y proactiva) se aplica prioritariamente a los componentes críticos de la producción. Luego de seleccionar los equipos para los cuales se realizará, es necesario descomponerlos en subcomponentes que sean mantenibles. Ejemplos: rodamientos, correas, engranajes, etc. La mantenimiento preventiva es aplicada en general para componentes cuyo costo de reemplazo no son muy altos. (Pascual, 2002, pág. 13)

1.12.2. Mantenimiento reactivo

El Mantenimiento reactivo se procede a realizar cuando el equipo lo necesita, la inspección está conformada por instrumentación y análisis humano, es fundamental para determinar el comienzo de problema grave antes que este tenga un umbral de falla, este requiere de soluciones de personal cualificado (técnicos con experiencia) para la detección y determinación del problema cuando se ha excedido del límite. Según determina (Keith, 2004), determina los siguientes criterios en la mantenimiento reactivo:

- Inspeccionar los componentes críticos.

- Considera la seguridad como algo primordial.
- Reparar defectos.
- Si funciona, no lo arregles

1.12.3. Mantenimiento Proactivo

“Es el mantenimiento cuyas técnicas se basan en establecer los modos en que puede fallar un equipo y las afectaciones que tiene sobre los procesos, estableciendo causas raíz que generan las fallas y anticipándose a ellas” (Flechas Villamil, 2013, pág. 5).

El objetivo de la técnica del mantenimiento proactivo es anticiparse a un suceso de falla, por medio de la identificación de la raíz del problema el mismo que se identifica con equipos de medición, condiciones ambientales en las que trabaja, desgaste de refacciones y el trabajo forzado al que es expuesto donde se procede a mostrar soluciones para eliminar los problemas y evitar efectos perjudiciales, igualmente, los datos estadísticos obtenidos y análisis de los mismos aportan una solución. En la Fig. 7. Indica el proceso del mantenimiento proactivo para lograr el objetivo.



Fig.7. Programa de mantenimiento (Flechas Villamil, 2013, pág. 5)

El mantenimiento proactivo consta de una planificación de actividades. Éste debe incluir un plan estratégico de conservación en la organización. Oiltech citado por (Jiménez Vergara, 2010, pág. 29) menciona que (El mantenimiento proactivo es una técnica que se encarga del diagnóstico y el uso de tecnologías predictivas con el fin de lograr aumentos significativos de la vida útil de los

equipos, disminuyendo las fallas antes de que estas ocurran. Esta táctica, es la evolución del departamento de mantenimiento, puesto que aplica planes de mantenimiento basados en estudios estadísticos y técnicas predictivas).

1.12.4. Mantenimiento preventivo

“Cabe mencionar que el detener un equipo para realizar las tareas anteriores puede resultar muy negativo para la función. Comienza entonces un proceso de negociación para fijar fecha para realizar mantenimiento de este tipo” (Pascual, 2002, pág. 14).

1.12.5. Mantenimiento predictiva

“La idea que apoya a esta estrategia es que una parte solo debe ser cambiada si muestra deterioro que pueda afectar su performance. Hay 3 variables cuya medición es standard: vibración y ruido, temperatura, análisis de aceite” (Pascual, 2002, pág. 14).

1.13. Estructura del plan de mantenimiento

1.13.1. LISTA DE EQUIPOS

El primer problema que se plantea al intentar realizar un Análisis de Equipos es elaborar una lista ordenada de los equipos que hay en ella. Realizar un inventario de los activos de la planta es algo más complejo de lo que pueda parecer en un primer momento. Una simple lista de todos los motores, bombas, sensores, etc., de la planta no es útil ni práctica. Una lista de estas características no es más que una lista de datos, no es información. Si queremos elaborar una lista de equipos realmente útil, debemos expresar esta lista en forma de estructura arbórea, en la que se indiquen las relaciones de dependencia de cada uno de los *ítems* con los restantes. (García, 2010, pág. 8)

1.13.2. Métodos y tareas de mantenimiento preventivo y predictivo

Las actividades mencionadas a continuación deben ser ejecutadas para mejorar el rendimiento y garantizar su funcionamiento normal del equipo.

a) Rutinas

- **Inspección de los equipos:** La inspección es elemental en un programa de mantenimiento esta lleva un tiempo determinado para verificar el estado de los equipos instalados, el objetivo de la inspección es limitar y detectar factores que deja el equipo en paro temporal, además esta tarea

anticipa la condición de operación del equipo bajo exploración. De modo que se pueda evitar y dar una solución inmediata ante el suceso de falla.

- **Limpieza:** Ayuda a mantener las características físicas del equipo en condiciones de fábrica y evitar el nivel bajo de resistencia de aislamiento. Se puede lograr por medio de la frecuencia de limpieza dependiendo de las condiciones en las que se encuentre instalado. Las rutinas de limpieza se enfocan en quitar el exceso de polvo para mejorar la ventilación y refrigeración de las máquinas, igualmente la remoción de líquidos corrosivos de la superficie ayuda a evitar deterioro prematuro y corrosión.

b) Tareas de mantenimiento

- **Pruebas:** La realización de pruebas en un equipo están ligadas a la predicción de fallas, con los resultados de las pruebas se ejecutan planes de cambio y control de las variables es decir actuar antes de que provoque un fallo irreparable en el equipo. Las pruebas de ayuda que debe realizar el operador provienen de estándares de la industria, manuales del fabricante. (Gill, 2009)
- **Lubricación**
Los materiales con movimiento tienden a generar calor y desgaste, como menciona Keith (2004), “La búsqueda de métodos de reducir el desgaste por fricción entre superficies de los materiales, el personal técnico de la planta debe realizar la tarea de lubricación de los equipos, máquinas y herramientas”.
- **Calibración:** La calibración es una tarea de mantenimiento preventivo y predictivo con el propósito de mantener los instrumentos y equipos de medición bajo el rango y parámetros admisibles a las lecturas especificadas por el fabricante. Para calibrar se necesita de un instrumento “patron” el cual está establecido por la Oficina Nacional de Estándares. (Keith, 2004)

c) Técnicas de mantenimiento predictivo

La identificación de problemas que puede ocurrir en los equipos se puede lograr mediante la aplicación de las siguientes técnicas de mantenimiento predictivo, como menciona (Medrano et al, 2017)

- **Medición y análisis de vibración:** Es la técnica más eficaz para verificar si existe un desperfecto mecánico en los equipos, se basa en identificar si la máquina supera la vibración de su estado normal y determinar el

problema en su etapa inicial el cual debe ser corregido. La aplicación de la técnica de análisis de vibración permite conocer el diagnóstico preciso de fallas de desequilibrio y desalineación. La detección de vibración se realiza por medio de un dispositivo de medición (sensor) localizado cerca del equipo el cual alertara.

- **Método de Ultrasonido:** EL método de ultrasonido es importante para el mantenimiento preventivo el cual ayuda a identificar fallas que otras técnicas pasaron desapercibidas, por medio de mediciones acústicas la cual identifica emisiones de sonido por encima de la frecuencia del rango audible. El método es aplicado especialmente para detección de fisuras, daños mecánicos en los equipos, detección de fugas en tuberías y fallas eléctricas. El trabajo de medición se realiza por medio de un instrumento Especifico de ultrasonido el cual es instalado en el área y por medio de un palpador(sensor) se genera las señales para ser analizadas.
- **Tribología:** Es la ciencia que estudia el desgaste entre dos superficies como; fricción, lubricación y desgaste mecánico. La aplicación de la técnica se enfoca en determinar el estado de lubricación y detectar fallas de en los elementos mecánicos mediante el análisis de partículas microscópicas en el lubricante de los rodamientos y engranajes.
- **Termografía:** Su aplicación industrial como técnica predictiva permite determinar dónde y cuándo se necesita mantenimiento, ya que el aumento de temperatura en la instalaciones eléctricas y mecánicas anticipa la detección de falla, evitando averías o incendios. La técnica se realiza por medio de una cámara termográfica la cual identifica la temperatura de la superficie de la máquina por medio de imágenes que indican la irradiación y distribución de temperatura.
- **Medición de resistencia de aislamiento:** Es la aplicación de pruebas que ayuda a determinar las condiciones de aislamiento en que se encuentra la máquina en la cual se realiza mediante un instrumento de medición el cual envía un pulso eléctrico y mide su respuesta de reacción.

1.13.3. Clasificación de maquinaria

En una organización de un sistema de máquinas hay diferencia en el trabajo que realiza cada uno y el tiempo que funciona cada una, para ello es importante clasificar los elementos antes de ejecutar un plan de mantenimiento. Como clasifica (García, 2010, pág. 24)

- a) Equipos críticos, son aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa.
- b) Equipos importantes, son aquellos equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero las consecuencias son asumibles.
- c) Equipos prescindibles, son aquellos con una incidencia escasa en los resultados. Como mucho, supondrán una pequeña incomodidad, algún.

1.13.4. Equipo especializado

“El mantenimiento eléctrico en sistemas instalaciones y máquinas requiere una amplia gama de materiales, herramientas y equipos de prueba. Se necesitan herramientas manuales normales y suministros de mantenimiento. (Gill, 2009)

Durante el procedimiento de mantenimiento es necesario tener en cuenta los parámetros y variables que se van a medir y determinar cuál equipo de medición registrara los datos cuales establecerán las condiciones de funcionamiento de la máquina. Los equipos de medición deben tener el mínimo margen de error durante las mediciones y pruebas, los rangos y capacidades deben abastecer los parámetros específicos para la interpretación correcta de los datos tomados.

1.13.5. Personal especializado

Las calificaciones mínimas aceptables para el personal asignado para realizar EPM dependen del tipo de mantenimiento y el tipo de equipo a mantener. Normalmente, es aceptable que el personal no especializado realice inspecciones superficiales y otras tareas EPM no exigentes cuando se guíe por procedimientos definidos y criterios de aceptación (Gill, 2009).

La ejecución de tareas debe realizar personal con conocimientos sobre el tema, para que pueda interpretar causas de falla de la máquina y analizar posibles soluciones de igual manera debe tener experiencia y aptitudes para desenvolverse ante cualquier situación, manipular los instrumentos de medición y herramientas con total dominio y rigiéndose bajo normas y protocolos de seguridad.

El personal técnico para ejecutar un trabajo debe estar capacitado y con conocimientos técnicos para cumplir diferentes funciones y que pueda desenvolverse como menciona (Miralles & Zubiaurre , 2015)

a) Trabajador autorizado

Trabajador autorizado por el jefe de área para determinados trabajos con riesgos eléctrico, sobre la base de su capacidad para hacerlos de forma correcta como:

- Supresión y reposición de la tensión en trabajos sin tensión
- La reposición de fusibles en baja tensión
- Trabajo de maniobras, mediciones, ensayos y verificaciones en BT
- Vigilancia de trabajadores no autorizados
- Determinar la viabilidad del trabajo en proximidad en Baja Tensión
- Trabajo en emplazamientos con riesgo de incendio o explosión sin presencia de atmosferas inflamables

b) Trabajador cualificado

Trabajador autorizado con conocimiento especializados en electricidad o experiencia certificada por más de 2 años, los trabajos son:

- Supresión y reposición de la tensión en trabajos sin tensión en Alta Tensión
- Trabajos en tensión
- Trabajos de maniobras, mediciones, ensayos y verificaciones en Alta Tensión
- Determinar la viabilidad del trabajo en proximidad en Alta Tensión
- Trabajos en emplazamiento con riesgo de incendio con presencia de atmosfera inflamables.

1.13.6. Seguridad

El conocimiento y cumplimiento de normas de seguridad durante la realización de trabajos por los técnicos ayudara evitar accidentes leves o graves, con el uso de los EPP y siguiendo de protocolos que garanticen la integridad y salud del trabajador.

a) Equipo de protección Personal

Según los riesgos a los que este expuesto el electricista puede ser necesario utilizar los equipos de protección individual. Evidentemente no tendrá que utilizar todos estos equipos a la vez, sino que según la tarea que realice y los factores de riesgo asociados. (Miralles & Zubiaurre , 2015, pág. 239)

b) Seguridad en el área de trabajo

Es preciso disponer de una adecuada señalización, clara, visible e identificable que permita la detección de las incidencias en los órganos de accionamiento de los equipos, los cuales tienen que lubricarse fuera de las zonas de peligro: han de poder manipularse sin generar riesgo, incluso si la manipulación es involuntaria. (Gil, 2016, pág. 204)

c) Seguridad sobre manipulación de equipos.

La seguridad cuando realizan el mantenimiento en los equipos es un ítem fundamental para todos los operarios encargados, el equipo debe ser bloqueado y solo puede ser puesto en marcha con activación voluntaria. Además, es preciso bloquear los sistemas de control y realización de trabajos en áreas con óptima iluminación. (Gil, 2016)

CAPÍTULO 2

DESARROLLO

2. Introducción.

La investigación fue desarrollada mediante una revisión metodológica y técnicas de mantención de los distintos modelos de mantenimiento, que se aplican en el tipo de instalación confirmada por el proyecto, se realizó el diseño de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo por medio de un análisis de fallas, variables y datos técnicos de cada equipo que conforma la línea de lodos, de los cuales se identificó las refacciones que se necesita sustituir, dependiendo de la necesidad, para ayudar a garantizar la conservación y funcionamiento. De igual manera, la información recolectada permitirá analizar y elaborar una planificación adecuada de mantenimiento para los equipos electromecánicos en la PTAR-I. La planta está diseñada para funcionar en un sistema de equipos con un proceso continuo para el tratamiento de aguas. El objetivo fundamental de trabajo de grado está enfocado a la gestión de mantenimiento para garantizar su disponibilidad, por medios de pruebas, análisis del comportamiento de los equipos. Para ello se realizó fichas técnicas de cada equipo con las actividades previamente planificadas para conservar los equipos electromecánicos.

2.1. Métodos de investigación.

La investigación está estructurada por medio de los métodos planteados que facilitaron el desarrollo del plan de mantenimiento.

2.1.1. Métodos de observación y recolección científica

La aplicación de este método fue fundamental para conocer y ordenar los equipos de medición que deben utilizar en las actividades programadas y los equipos electromecánicos que van a ser intervenidos. La identificación y observación de factores en los que se encuentran instalados (ambientales) el tipo de proceso que realiza cada uno (función de la máquina), de los cuales se reunirá y clasificará la información en una base de datos con las características técnicas de cada equipo.

2.1.2. Método analítico- sintético

Permite realizar un análisis de diversos factores que afectan el estado del funcionamiento normal del equipo por medio de la interpretación, indagación de manuales, experiencias de los técnicos encargados e información de bibliografías como libros y artículos en internet, las cuales son herramientas lógicas de ayuda y donde se establecerá el paro de los equipos en el momento que menos impacto negativo tenga sobre el proceso. Además, la aplicación de este método mejoro el

análisis sistematizado de diferentes partes de cada equipo, mismo que se clasificado según niveles de prioridad dentro de la programación del mantenimiento.

2.1.3. Método inductivo

El método inductivo se aplicó para la identificación de variables que altere el funcionamiento normal del equipo electromecánico y la interpretación y combinación del análisis técnico de cada uno, en donde se identificó fallas similares y refacciones que deben sustituirse, los cuales ayudan a diseñar y organizar las tareas predictivas y rutinas de prevención.

2.1.4. Método deductivo

La aplicación de este método sirvió para la obtención de información de fuentes catalogadas y adecuarlas de forma elemental para describir el equipamiento instalado, se logró obtener la información técnica y los elementos que conforman la máquina por medio de análisis e interpretación, además mediante la deducción se pudo identificar los efectos de problemas y refacciones en las que se debe enfocar el técnico de mantenimiento en cada máquina.

2.2. Diseño del plan de mantenimiento

En la Fig. 8. indica el diagrama de flujo, la organización del trabajo que se desea lograr para cumplir el objetivo de diseñar un plan de mantenimiento.

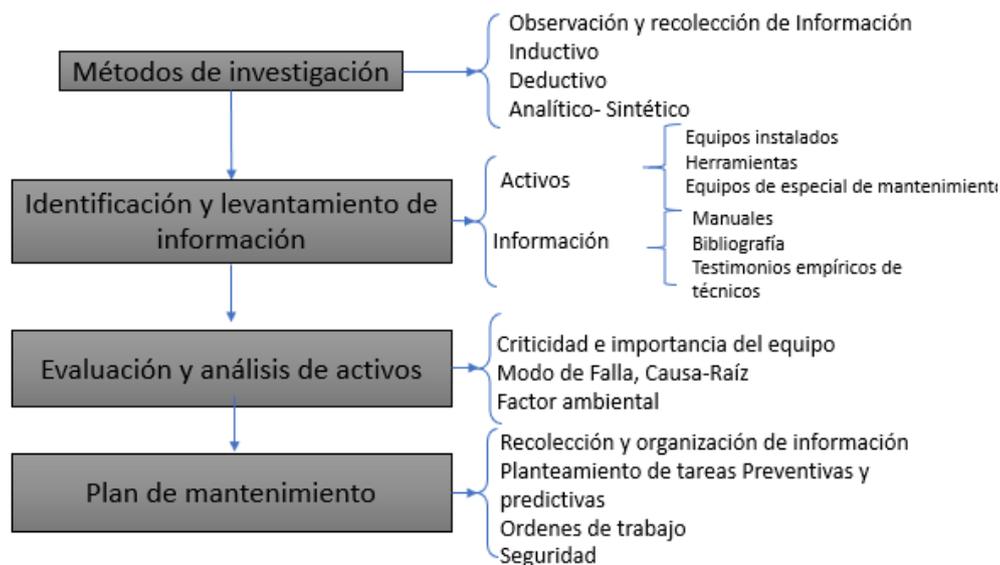


Fig.8. Planteamiento del plan de trabajo (Autor)

2.2.1. Identificación y levantamiento de información PTAR-I

La planta de tratamientos de aguas residuales se clasifica en tres partes, cada una desempeña diferente función, las partes son:

- línea de lodos
- línea de aguas
- línea de cogeneración.

2.2.2. Clasificación de áreas y equipos

La sección de línea de lodos es el objeto principal de la investigación, en esta se enfocó la planificación partiendo del levantamiento de información de los equipos.

El procedimiento para diseño del plan de mantenimiento preventivo y predictivo de los equipos electromecánicos de la planta de tratamientos de aguas residuales se inició con la recopilación de datos técnicos y se adjuntan en una base de datos (Excel), la cual tiene información general de cada máquina.

Para una mejor ejecución de levantamiento de información se clasifico por áreas como se indica en la Fig. 9 donde se muestra los equipos contenidos en cada área, en el anexo A se indica la planimetría de la planta donde se señala las áreas de la línea de lodos.



Fig.9. Clasificación de áreas de la línea de lodos PTAR-I (Autor)

a) Arqueta de reparto

El área de arqueta de reparto se encarga de transportar los lodos y aguas de servicio del decantador secundario para ser procesados en el área de tamizado. Los equipos electromecánicos se encuentran en el piso subterráneo, donde se encuentra instaladas dos bombas grandes para el transporte de los lodos del decantador secundario al reactor biológico, para la función de purga de lodo se encuentra dos bombas medianas que se encargan de transportar los fangos al tamiz, un sistema de impulsión formado por tres motores que envían el agua a la línea de aguas para el tratamiento de aguas de servicio, además para el aspecto ambiental (humedad) se encuentra instalada un motor de ventilación.

b) Ede tamizado

En el área de tamizado, los lodos son mezclados en un depósito por medio de agitadores en un depósito, luego son transportados al depósito de fangos por medio de dos bombas tornillo. La purga se encarga de un tamiz de fangos el cual deriva lodos a contenedores de desecho y el agua de servicios se lleva por medio de 2 bombas tornillo a tratamiento de purificación.

c) Cogeneración

En el área de cogeneración, se genera un porcentaje de energía eléctrica para el funcionamiento de la planta, en esta sala existe un módulo de generación eléctrica, el cual está conectado a ductos de gas para la conversión de energía, hay un sistema de refrigeración conectado al módulo y compuesto por 2 bombas que circula agua fría, y un sistema de lubricación con dos bombas para la circulación de aceite lubricante encargado de la lubricación periódica del módulo.

d) Caldera

La caldera es un sistema encargado del calentamiento del agua para la mixtura de fangos, la misma está construida con un equipo de presión de gas que bombea el combustible hacia la caldera, de igual manera existe un quemador acoplado a la caldera que realiza e proceso de calentamiento del agua, el mismo es llevado por medio de dos bombas tornillo a los depósitos de fangos.

d) Centrifugas

La sala de centrifugas se encuentra en el área de tratamiento de lodos donde los equipos electromecánicos deshidratan los fangos. La separación de agua y lodo por medio de proceso centrifugo donde los fangos son llevados a un silo y el agua se lleva por medio de dos bombas tornillo a una dosificadora donde mezclan con polímeros para purificar el agua.

e) Eras de secado

Los equipos están diseñados para trabajar con el lodo, en esta área se seca por medio de equipos de dispersión para secado solar y ventilación. Existen dos (2) equipos encargados de distribuir los fangos uniformemente en el área, igualmente hay dieciséis (16) ventiladores para circular el aire que ayudaran en el proceso de secado de los fangos.

f) Deposito tampón

En el depósito tampón se almacenan los lodos, los cuales por medio de un agitador se mezclan para ser llevados al cuarto de centrifugas para su proceso de deshidratación, el gas producido por los fangos es almacenado y llevado al área de cogeneración para su proceso de transformación de energía. En el depósito tampón podemos encontrar un agitador de fangos acoplada en el parte superior diseñado para mezclar el lodo y agua caliente, la cual ayuda en la circulación.

g) Digestor anaerobio

El digestor anaerobio está diseñado para la producción de gas y degradación de los lodos por medio de bacterias el cual contiene un agitador que se encarga de mezclar con agua y enviar a centrifugas de deshidratación para el tratamiento de fangos.

h) Espesador de fangos

Los sólidos son mezclados con agua, para lograr bombear a su proceso de deshidratación, en esta área existe un agitador para la mixtura de fangos y agua.

i) Silo

Los lodos tratados que vienen del cuarto de deshidratación se almacenan en un silo donde consecuentemente se descarga en camiones de transporte de abono orgánico, en la parte inferior del silo se encuentra instalado un equipo electromecánico (Tajadera de fangos) para la descarga de fangos y en la parte superior se encuentra un tornillo sinfín que transporta el lodo hacia el depósito.

2.2.3. Levantamiento de información.

La parte fundamental fue obtener un inventario, para adjuntar la información en una hoja de Excel con todos los equipos electromecánicos instalados en la línea de lodos de la PTAR-I, Están incluidos los equipos que están trabajando (funcionales) y lo que están instalados, pero no están trabajando (reemplazo de emergencia), igualmente se tomó una fotografía de la parte frontal, lateral y de la placa de características de cada equipo para poder facilitar al técnico la ubicación del equipo como se muestra en la Fig.10.

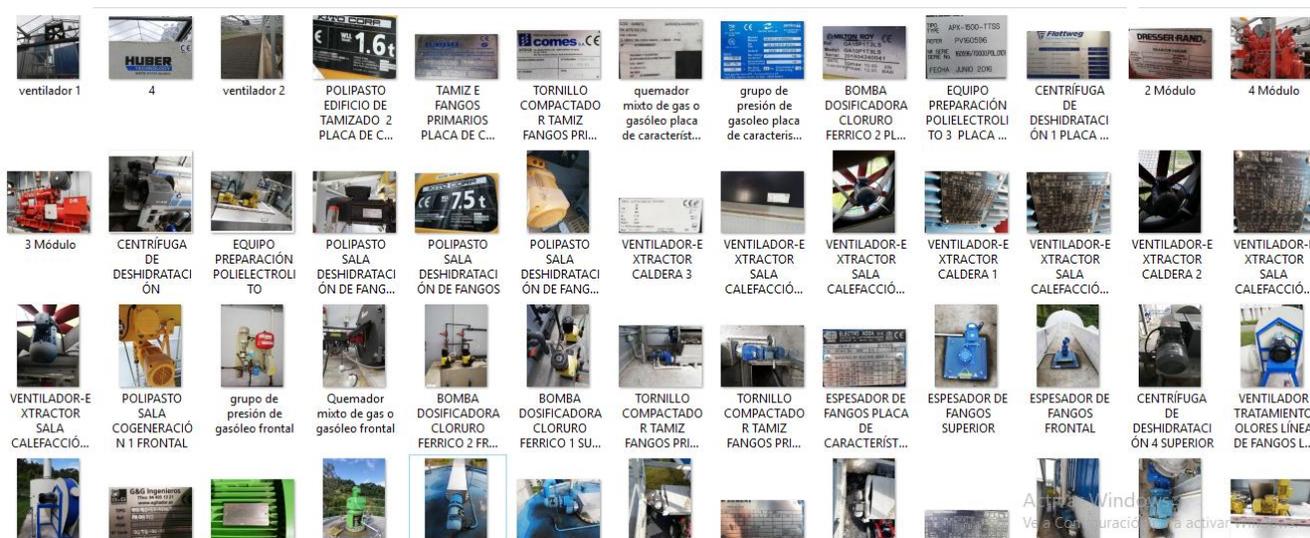


Fig.10. Fotografías de los equipos electromecánicos de la línea de lodos (Autor)

Excel fue una herramienta útil para la organización de los datos de recopilados, La información de todos los equipos de la línea de fangos se adjuntó en un programa para la PTAR-I. En el anexo D se muestra a información recopilada de los equipos. En la Fig. 11 se muestra los datos técnicos de cada equipo. La lista de equipos contiene la siguiente información.

- Localidad
- Sección
- Ubicación
- Código
- Nombre del equipo
- Marca
- Modelo
- Serie del motor
- Potencia
- Función o aplicación de equipo
- Operatividad
- Disposición de manual (La planta tiene el manual del equipo)

EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS -LÍNEA DE FANGOS- DE LA PTAR-I													
ID	LOCALIDAD	SECCIÓN	UBICACIÓN	CÓDIGO	NOMBRE DEL EQUIPO	MARCA	MODELO	N° SERIE DEL EQUIPO	AÑO	POTENCIA	N° MOTORES	FUNCIÓN O APLICACIÓN DEL EQUIPO	OPERANDO
Arqueta de Reparto													
1	Línea de fangos	Arqueta de reparto	Piso parte izquierda, planta subterránea	BC-394-04/05/06	Bomba fangos secundarios	Bombas Ideal	RN 250-250	1031925678	2016	75	1	Recirculación de lodo del decantador secundario al reactor biológico	Si
2	Línea de fangos	Arqueta de reparto	Piso parte izquierda, planta subterránea	BC-394-04/05/06	Bomba fangos secundarios	Bombas Ideal	RN 250-250	1031925677	2016	75	1	Recirculación de lodo del decantador secundario al reactor biológico	Si
3	Línea de fangos	Arqueta de reparto	Piso parte izquierda, planta subterránea	BC-394-04/05/06	Bomba fangos secundarios	Bombas Ideal	RN 250-250	1031925676	2016	75	1	Recirculación de lodo del decantador secundario al reactor biológico	si
4	Línea de fangos	Arqueta de reparto	Piso parte media, planta subterránea	BC-394-01/02/03	Bomba fangos primarios y fangos en exceso	Bombas Ideal	ARSH 80-20S RV	1030861127	2016	4	1	Purga de lodo	si
5	Línea de fangos	Arqueta de reparto	Piso parte media, planta subterránea	BC-394-01/02/03	Bomba fangos primarios y fangos en exceso	Bombas Ideal	ARSH 80-20S RV	1030861128	2016	4	1	Purga de lodo	si
6	Línea de fangos	Arqueta de reparto	Piso parte media, planta subterránea	BC-394-01/02/03	Bomba fangos primarios y fangos en exceso	Bombas Ideal	ARSH 80-20S RV	1030727859	2016	4	1	Purga de lodo	si
7	Línea de fangos	Arqueta de reparto	Piso parte derecha, planta subterránea	BP-520-01	Bombas de impulsión aguas de servicio	Bombas Ideal	HYDRO 3NLX 15/5	1821001-001-001 1821001-001-002 1821001-001-003	2016	3x7,5	3	Bombeo agua de servicio	si
8	Línea de fangos	Arqueta de reparto	Arqueta de reparto ducto de ventilación	QO-561-02	Ventilador tratamiento olores línea de fangos	Bombas Ideal	ELP 250-D	3GT1160300031841AP	2016	4		Lavado de aire	si
Ede tamizado													
9	Línea de fangos	Ede Tamizado	Techo, Sala de tamizado	QP-705-01	Polipasto edificio de tamizado	EXMATRA	ER2M020L-S	784529 852215	2016	1,8+0,4	2	Carga y descarga de los Equipos electromecánicos y contenedores del edificio de tamizado	si
10	Línea de fangos	Ede Tamizado	Parte superior, en el piso lado izquierdo de tamiz	LL-705-01	Tornillo compactador tamiz fangos primarios	COMES	TC-270	1032200224	2016	2.2	1	Transporta los lodos separados del tamiz a contenedores	si
11	Línea de fangos	Ede Tamizado	Parte superior, acollado al lado	DTR-705-01	Tamiz de fangos primarios	ESTRUAGUA	RMS-610.36	1508-010	2016	0.55	1	Retiene los residuos de agua y separa lodos.	si

Fig.11. Datos técnicos de los equipos electromecánicos instalados en línea de lodos (Autor)

2.3. Evaluación de los equipos

Los equipos instalados se encuentran operando y es necesario determinar el estado de los equipos sus defectos evidentes y su importancia sobre el proceso de tratamiento de lodos en la planta, para esto fue necesario realizar una organización detallada para cumplir el objetivo. El diagrama de la Fig. 12. muestra el plan que se realizara para identificar los problemas que contiene cada equipo electromecánico instalado.

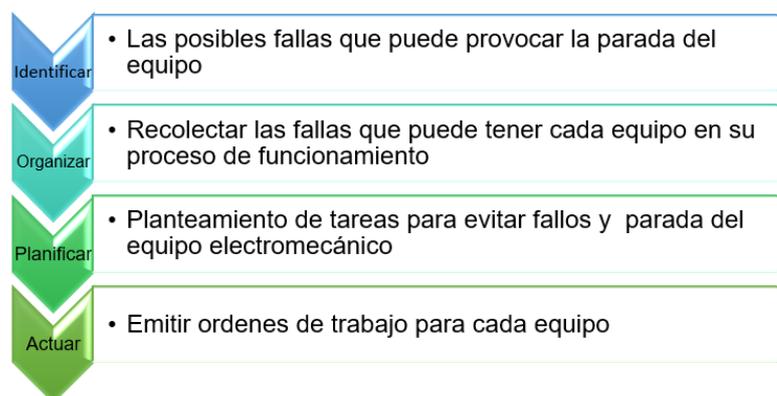


Fig.12. Diagrama de identificación de problemas en los equipos (Autor)

2.3.1. Análisis de criticidad.

Para determinar la importancia que tiene el equipo en la planta, se realizó un estudio y análisis de su prioridad sobre el proceso de tratamiento. Por medio de la tabla propuesta por (García, 2010) en la tabla. 1.2.

La influencia y afección al trabajo del equipo se tomará en cuenta en la tabla 2.1. donde se determina la importancia del equipo, por medio de esta se analizará cada tipo de equipo electromecánico. Según los siguientes factores propuestos por (García, 2010).

- **Seguridad y medio ambiente**

Está basada en las condiciones ambientales en las que el equipo se encuentra operando y el efecto de seguridad que implica a los técnicos.

Producción

Es denominado por valor de importancia que tiene sobre el trabajo en el sistema, es decir el cual realiza los procesos más importantes del tratamiento de aguas.

- **Calidad**

Está determinado por la importancia de mantener el equipo en buenas condiciones en el tratamiento de los fangos.

- **Mantenimiento**

La variable se mide por medio de tiempo para conseguir las refacciones de la máquina, de igual manera el costo si es significativo para su reparación y si cuentan con el personal propio o contratado.

Tabla 2.1 Análisis de criticidad de los equipos electromecánicos PTAR-I

ID	NOMBRE DEL EQUIPO	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	PRODUCCIÓN	CALIDAD	MANTENIMIENTO
1	Bomba fangos secundarios	A	A	A	A
2	Bomba fangos secundarios	A	A	A	A
3	Bomba fangos secundarios	A	A	A	A
4	Bomba fangos primarios y fangos en exceso	A	A	A	A
5	Bomba fangos primarios y fangos en exceso	A	A	A	A
6	Bomba fangos primarios y fangos en exceso	B	B	B	B
7	Bombas de impulsión aguas de servicio	A	A	A	A
8	Ventilador tratamiento olores línea de fangos	C	C	C	C
9	Polipasto edificio de tamizado	C	C	C	C
10	Tornillo compactador tamiz fangos primarios	A	A	A	A
11	Tamiz de fangos primarios	A	A	A	A
12	Bomba de fangos a espesador 1	A	A	A	A
13	Bomba de fangos a espesador 2	A	A	A	A
14	bombas de fangos a digestión 1	A	A	A	A
15	bombas de fangos a digestión 2	A	A	A	A
16	Polipasto sala de cogeneración	C	C	C	C

17	Ventilador sala de cogeneración	B	B	B	B
18	Módulo de Cogeneración	A	A	A	A
19	Grupo de presión de gasóleo	B	B	B	B
20	Quemador mixto de gas o gasóleo	B	B	B	B
21	Ventilador- Extractor sala calefacción de fangos	C	C	C	C
22	Ventilador- Extractor sala calefacción de fangos	C	C	C	C
23	Polipasto sala de calefacción de fangos	C	C	C	C
24	Bomba recirculación de fangos calientes	A	A	A	A
25	Bomba recirculación de fangos calientes	A	A	A	A
26	bomba de recirculación de agua caliente	A	A	A	A
27	bomba de recirculación de agua caliente	A	A	A	A
28	Bomba dosificadora cloruro férrico	A	A	A	A
29	Tornillo centrifugas de deshidratación	A	A	A	A
30	Polipasto sala de deshidratación de fangos	C	C	C	C
31	Equipo de preparación polielectrolito	B	B	B	B
32	Bomba dosificadora polielectrolito	A	A	A	A
33	Bomba dosificadora polielectrolito	A	A	A	A
34	Bomba fangos a centrifugas	A	A	A	A
35	Bomba fangos a centrifugas	A	A	A	A
36	Tornillo inyector de silo de fangos	A	A	A	A
37	Tornillo elevador de silo de fangos	A	A	A	A
38	Tajadera de descarga	B	B	B	B
39	Tornillo de descarga silo de fangos	A	A	A	A
40	Agitador digestor de fangos	A	A	A	A
41	Ventilador tratamiento de olores línea de fangos	C	C	C	C
42	Bomba espesador de fangos	A	A	A	A
43	Volteador de fangos	B	B	B	B
44	Sistema de ventilación	B	B	B	B
45	Agitadores	A	A	A	A

Los resultados de la tabla anterior determinan la prioridad de los equipos, donde se establece cuatro variables cómo; seguridad y medioambiente, producción, calidad y mantenimiento, esto ayudara a determinar las tareas y rutinas más convenientes en los equipos electromecánicos según su grado de importancia, se calificó por medio de tres aspectos cómo; críticos (A), importantes(B) y prescindibles(C).

2.3.2. Análisis e identificación defectos

Por medio de la evaluación técnica en la que se identifica la causa-raíz del problema y los efectos que pueden ocurrir en los equipos electromecánicos, con el objetivo de anticiparse y evitar la aparición de daños eléctricos y mecánicos, de esta manera se conoce el estado actual de la máquina y en efecto ayudara a establecer las tareas y rutinas para el programa de mantenimiento y el periodo de tiempo en que deben realizar.

El análisis de los factores de desgaste y de falla en el motor se realizará por marca de fabricante, igualmente en los equipos con similar función en el proceso del tratamiento. La interpretación de los factores encontrados ayudará a establecer soluciones preventivas que deben ejecutarse para conservar la máquina, de esta manera se procede a realizar una tabla indicando el problema causa-raíz, efecto y el modo de fallo. El análisis se llevará a cabo por medio de fuentes de información secundaria, análisis e interpretación propia y experiencias de los técnicos encargados del mantenimiento de la PTAR-I. Con las tablas propuestas se encontrará los puntos críticos que tienden a desgaste, oxidación y elementos mecánicos que necesitan reajuste, lubricación, sustitución. Se realizó la organización de los equipos con función y modelo similar como:

- Bombas centrifugas
- Equipos de la caldera
- Polipastos
- Tornillos
- Sistemas de ventilación
- Agitadores
- Volteador de fangos
- Tamiz.
- Centrifuga de deshidratación
- Módulo de generación

a) Bombas centrifugas

Las bombas centrifugas se caracterizan por realizar el trabajo de circulación de líquidos, en la tabla 2.2, se indican las bombas existentes de las cuales se procederá a identificar variables de fallas y deterioro. A continuación, se identifica y se ordena las refacciones del equipo que deben intervenir en el mantenimiento.

- Juntas de estanqueidad, mecánicas
- Diafragma de válvulas
- Tuberías

- Engranajes
- Rodamientos
- Rodete
- Alojamiento de cojinete y rodamientos
- Ventilador
- Brida
- Eje

Tabla 2.2 Bombas centrífugas

# de Equipos	Equipo Electromecánico Arqueta de reparto	
3	Bomba fangos secundarios	Motores: 1
	Modelo: RN 250-250	Fabricante motor: WEG
# de Equipos	Equipo Electromecánico Arqueta de reparto	
3	Bomba fangos primarios y fangos en exceso	Motores: 1
	Modelo: ARSH 80-20S RV	Fabricante motor: WEG
# de Equipos	Equipo Electromecánico Arqueta de reparto	
1	Bombas de impulsión aguas de servicio	Motores: 3
	Modelo: HYDRO 3NLX 15/5	Fabricante motor: SIEMENS
# de Equipos	Equipo Electromecánico Ede tamizado	
2	Bomba de fangos a espesador	Motores: 1
	Modelo: NM038BY01L06B	Fabricante motor: NORD Drivesystems
# de Equipos	Equipo Electromecánico Ede tamizado	
2	Bombas de fangos a digestión	Motores: 1
	Modelo: NM063BY01P05B	Fabricante motor: NORD Drivesystems
# de Equipos	Equipo Electromecánico caldera	
2	Bomba recirculación de fangos calientes	Motores: 1
	Modelo: ARSH 80-20S RV	Fabricante motor: WEG
# de Equipos	Equipo Electromecánico Caldera	
2	Bomba de recirculación de agua caliente	Motores: 1
	Modelo: GNI 80-16/0,75	Fabricante motor: WEG
# de Equipos	Equipo Electromecánico centrífugas	
2	Bomba dosificadora cloruro férrico	Motores: 1
	Modelo: GA10P1T3LS	Fabricante motor: EMERSON
# de Equipos	Equipo Electromecánico centrífugas	
3	Bomba dosificadora polielectrolito	Motores: 1
	Modelo: NM021BY01P05B	Fabricante motor: NORD Drivesystems
# de Equipos	Equipo Electromecánico Centrifugas	
2	Bomba fangos a centrifugas	Motores: 1
	Modelo: NM053BY01P05B	Fabricante motor: NORD Drivesystems

En la tabla 2.3 se indican los defectos y fallas las cuales se tomarán en cuenta para diseñar el plan de mantenimiento para las bombas centrífugas.

Tabla 2.3 Análisis de bombas centrífugas

	MODO DE FALLO	CAUSA- RAÍZ	• EFECTO
Máquina	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de ajuste mecánico de juntas, tapas, tuberías • Fuga de líquidos • Calentamiento de juntas de estanqueidad y válvulas diafragma de válvula • Desequilibrio o rotura de rodets 	<ul style="list-style-type: none"> • Vibraciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Fugas de líquidos • Deterioro de válvulas de • Bajo o excesiva presión de materia
	<ul style="list-style-type: none"> • Saponificación • Oxidación • Corrosión 	<ul style="list-style-type: none"> • Cúmulos de polvo, aceites 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste prematuro de los tuberías y estructura metálica • Disminuye la índice resistencia de aislamiento de los materiales.
	<ul style="list-style-type: none"> • Degradación de aislamiento de conductores • Cambio de color en la estructura metálica 	<ul style="list-style-type: none"> • Altas temperaturas 	<ul style="list-style-type: none"> • Fugas eléctricas en los conductores • Degradación prematura del tanque de gas, cambio de resistencia de aislamiento en los elementos • Degradación de juntas de estanqueidad y válvulas
	<ul style="list-style-type: none"> • Forzamiento de la hélice • Fricción de rodamientos y alojamiento de cojinetes • Fisuras o rotura en la hélice 	<ul style="list-style-type: none"> • Circulación de partículas superiores a la que fue diseñado • Circulación de materia con viscosidad y densidad intolerable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste prematuro de piñones y alojamiento de los cojinetes • Calentamiento del eje del motor • Desgaste prematuro de las válvulas • Desgaste Interno de las tuberías
	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión de giro de la máquina • Velocidad baja • Bajo índice de aspiración de materia • Calentamiento del cableado 	<ul style="list-style-type: none"> • Magnitudes eléctricas diferentes a las de diseño del motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo forzado del motor • Variación de circulación de materia • La bomba se desceba • Desgaste de bornes y cables eléctricos • Disminuye el índice de resistencia de aislamiento
		<ul style="list-style-type: none"> • Fricción de los piñones por lubricación pobre • Contaminación y Fugas de lubricante lubricación excesiva • Calentamiento de piñones 	<ul style="list-style-type: none"> • Lubricación pobre en el motorreductor • Lubricante no compatible en motorreductor • Lubricante caducado en el motorreductor
Motor	<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento de los rodamientos • Desgaste de rodamientos • Vibraciones • Contaminación de piezas y elementos internos por lubricación excesiva • Fricción por Lubricación pobre 	<ul style="list-style-type: none"> • Lubricación excesiva o pobre • Lubricante no compatible • Lubricante sucio 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste prematuro de los rodamientos • Desgaste prematuro de alojamiento de cojinete • Calentamiento de rodamiento y alojamientos de cojinetes • Calentamiento del bobinado
	<ul style="list-style-type: none"> • Vibraciones • Calentamiento de bobinas 	<ul style="list-style-type: none"> • Exceso de carga 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja velocidad • Reducción de resistencia de aislamiento de las bobinas • Desgaste de rodamientos • excentricidad del motor
	<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento del bobinado • Perdidas de resistencia de aislamiento de las bobinas • Disparo de guardamotor • Variaciones de velocidad de motor • Cambio de giro del motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Magnitudes de Alimentación del motor no compatibles con la placa de características 	<ul style="list-style-type: none"> • Parada de la máquina • Bobinas quemadas
	<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento de la máquina 	<ul style="list-style-type: none"> • Polvo en las aspas y obstrucción del ventilador 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuye el índice de resistencia de aislamiento de las bobinas y fundición

b) Equipos de caldera

Los equipos electromecánicos de la caldera están integrados por un sistema de calentamiento (quemador) y equipo de presión de gas (combustibles), a la vez estos se dividen en dos partes como; máquina de proceso acoplado un motor. En la tabla 2.4 se indica los equipos electromecánicos instalados en caldera, las partes de la máquina que tienen defectos de desgaste, mediciones erróneas y deterioro son:

- Latiguillos (Uniones flexibles)
- Válvulas
- Vaso de expansión
- Termómetro
- Vacuómetro
- Manómetro
- Cables de alimentación
- Filtros
- Tuberías de aspiración
- Electrodo

Tabla 2.4 Equipos electromecánicos caldera

# de Equipos	Equipo Electromecánico Caldera	
1	QUEMADOR MIXTO DE GAS O GASÓLEO	Motores: 1
	Modelo: TK 5/70 K2	Fabricante: SIEMENS
# de Equipos	Equipo Electromecánico Caldera	
1	GRUPO DE PRESIÓN DE GASÓLEO	Motores: 1
	Modelo: GP-130 N	Fabricante: SOGA

En la tabla 2.5 se indican los defectos y las fallas que se tomarán en cuenta para diseñar el plan de mantenimiento de los equipos de la caldera.

Tabla 2.5 Análisis de Equipos de caldera

	MODO DE FALLO	CAUSA- RAÍZ	EFECTO
Máquina	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de ajuste mecánico en los latiguillos, • Reducción de la fijación • Posición de latiguillos modificada • Reducción de ajuste mecánico de termómetro vacuómetro y manómetro • Descalibrado de manómetro, termómetro, vacuómetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Vibraciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Fugas • Instrumentos de medición con falla • Ruidos • Bajo grado de ajuste mecánico
	<ul style="list-style-type: none"> • Saponificación • Oxidación • Corrosión 	<ul style="list-style-type: none"> • Cúmulos de polvo, aceites 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste prematuro de los latiguillos y tuberías y estructura metálica

	<ul style="list-style-type: none"> • Degradación de aislamiento de conductores • Cambio de color en la estructura metálica 	<ul style="list-style-type: none"> • Altas temperaturas 	<ul style="list-style-type: none"> • Fugas eléctricas en los conductores • Degradación prematura del tanque de gas, cambio de resistencia de aislamiento en los elementos
Motor	<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento de los rodamientos • Desgaste de rodamientos • Vibraciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Lubricación excesiva o pobre • Lubricante no compatible • Lubricante sucio 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste prematuro de los rodamientos
	<ul style="list-style-type: none"> • Vibraciones • Calentamiento de bobinas • Activación de protecciones • Calentamiento de lubricación • Inestabilidad de velocidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Exceso de carga 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja velocidad • Reducción de resistencia de aislamiento de las bobinas • Desgaste de rodamientos • excentricidad del motor
	<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento del bobinado • Perdidas de resistencia de aislamiento de las bobinas • Disparo de guardamotor • Variaciones de velocidad de motor • Cambio de giro del motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Magnitudes de alimentación del motor no compatibles con la placa de características 	<ul style="list-style-type: none"> • Parada de la máquina • Bobinas quemadas

c) Polipastos

El efecto de los polipastos en la producción es bajo, son importantes en el momento de realizar mantenimiento a los equipos electromecánicos estos cuentan con dos motores para transporte y carga de los equipos. En la tabla 2.6 se indica los polipastos instalados en la línea de lodos, las partes y piezas que se toma en cuenta para realizar cambios, limpieza, ajuste, lubricación y pruebas

- Freno mecánico, zapata del freno
- Embrague de fricción
- Caja de engranajes
- Tapas (ventilador y controlador)
- Cadena, resorte y amortiguador
- Gancho y enganche
- Interruptores, pulsadores de control
- Disyuntor
- Motor (Engranaje, cojinetes, eje del motor y juntas)
- Caja (Rodillo lateral, alojamiento del bastidor, rueda de transporte, rail de desplazamiento, topes, dispositivo de suspensión y eje de elevación)

Tabla 2.6 Polipastos

# de Equipos	Equipo Electromecánico Ede tamizado	
1	Polipasto edificio de tamizado	Motores: 2
	Modelo: ER2M020L-S	Fabricante: KITO CORP
# de Equipos	Equipo Electromecánico Cogeneración	
1	Polipasto sala de cogeneración	Motores: 2
	Modelo: ER2M020L-S	Fabricante: KITO CORP

# de Equipos	Equipo Electromecánico Caldera	
1	Polipasto sala de calefacción de fangos	Motores: 2
	Modelo: ER2M020L-S	Fabricante: KITOCORP
# de Equipos	Equipo Electromecánico Centrifugas	
1	Polipasto sala de deshidratación de fangos	Motores: 2
	Modelo: ER2M020L-S	Fabricante: KITOCORP

En la tabla 2.7 se indican los defectos y las fallas cuales se tomarán en cuenta para diseñar el plan de mantenimiento para los polipastos.

Tabla 2.7 Análisis Polipastos

	MODO DE FALLO	• CAUSA- RAÍZ	EFEECTO
Máquina	<ul style="list-style-type: none"> • Ajuste mecánico reducido • Desbalance en la manipulación • Fricción 	<ul style="list-style-type: none"> • Pernos o tornillos flojos 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste Prematuro de rodamientos, • Deterioro del metal • Desgaste de engranajes eje
	<ul style="list-style-type: none"> • Saponificación • Oxidación • Corrosión 	<ul style="list-style-type: none"> • Cúmulos de polvo, aceites, grasas en la cadena y caja 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste de tapas, carcasa • Reducción de resistencia de aislamiento • Deterioro de cadenas ganchos
	<ul style="list-style-type: none"> • Deformación de la cadena • Deformación de la resorte y ganchos • Elongación de la cadena • Abrasión de piezas • Deformación de resortes 	<ul style="list-style-type: none"> • Carga excede el limite 	<ul style="list-style-type: none"> • Grado de seguridad al personal bajo • Desgaste prematuro de la cadena • Sujeción débil de os ganchos • Rotura de ganchos y cadena
	<ul style="list-style-type: none"> • Tornillos tuercas piezas flojos • Calentamiento de piezas • Fricción de piezas 	<ul style="list-style-type: none"> • Vibraciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Grado de seguridad al personal bajo • Ruidos no normales • Degradación prematura de piezas
	<ul style="list-style-type: none"> • contaminación de las piezas por lubricación excesiva • fricción y calentamiento por lubricación pobre • saponificación 	<ul style="list-style-type: none"> • Lubricante no compatible • Lubricante sucio • Lubricación excesiva o pobre 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste de engranaje y eje (acoplamiento) • Desgaste de rueda y eje de elevación
	<ul style="list-style-type: none"> • Disparo de fusible • Daño disyuntor automático • Falla en el freno electromagnético • 	<ul style="list-style-type: none"> • Magnitudes eléctricas de alimentación inestables 	<ul style="list-style-type: none"> • Daño de los pulsadores e interruptores de control • Daño de freno electromagnético
Motor	<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento de los rodamientos • Desgaste de rodamientos • Vibraciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Lubricación excesiva o pobre • Lubricante no compatible • Lubricante sucio 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste prematuro de los rodamientos • Deterioro de aojamiento de cojinete

<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento de bobinas • Daño del freno mecánico 	<ul style="list-style-type: none"> • Exceso de carga 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja velocidad • Reducción de resistencia de aislamiento de las bobinas • Desgaste de rodamientos • Excentricidad del motor
<ul style="list-style-type: none"> • Disparo de guardamotor • Variaciones de velocidad de motores • Cambio de giro del motor • Calentamiento del bobinado de motores 	<ul style="list-style-type: none"> • Magnitudes de Alimentación del motor no compatibles con la placa de características 	<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento del bobinado y pérdida del índice de resistencia de aislamiento

d) Tornillos

Equipos encargados del transporte de los lodos por medio presión de una hélice sinfín, en la tabla 2.8 se enumeran los tornillos existentes y se tomara en cuenta las variables generales de falla del motor, motorreductor y hélice sinfín. Las partes vulnerables que necesitan de revisión o cambio son:

- Hélice sinfín
- Juntas mecánicas, prensaestopas jutas de estanqueidad, empaquetaduras
- (Cojinete, rodamientos, caja de alimentación) motor
- Reten
- Canal de deslizamiento
- Eje de mando

Tabla 2.8 Tornillos de la línea de lodos

# de Equipos	Equipo Electromecánico Centrifugas	
1	Tornillo inyector silo de fangos	Motores: 1
	Modelo: TIF-320	Fabricante motor: WEG
# de Equipos	Equipo Electromecánico Cogeneración	
1	Tornillo elevador silo de fangos	Motores: 1
	Modelo: TEF-320	Fabricante motor: WEG
# de Equipos	Equipo Electromecánico Caldera	
1	Tornillo descarga silo de fangos	Motores: 1
	Modelo: TF-320	Fabricante motor: WEG
# de Equipos	Equipo Electromecánico Centrifugas	
1	Tornillo centrifugas de deshidratación	Motores: 1
	Modelo: TF-320	Fabricante motor: WEG

En la tabla 2.9 se indican los defectos y fallas las cuales se tomarán en cuenta para diseñar el plan de mantenimiento de los tornillos.

Tabla 2.9 Análisis tornillos

MODO DE FALLO	• CAUSA- RAÍZ	EFEECTO
---------------	---------------	---------

Máquina	<ul style="list-style-type: none"> • Ajuste mecánico reducido • Desalineación de eje con acoplamiento de hélice • Fricción 	<ul style="list-style-type: none"> • Pernos o tornillos flojos 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste prematuro de rodamientos, cadena • Deterioro del metal y ataques • Desgaste de engranajes y rotura del eje
	<ul style="list-style-type: none"> • Saponificación • Oxidación • Corrosión 	<ul style="list-style-type: none"> • Cúmulos de polvo, aceites, grasas en la cadena y caja 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste de tapas, carcasa • Reducción de resistencia de aislamiento • Desgaste prematuro de pista de deslizamiento • Obstrucción en el ventilador • Desgaste prematuro de hélice sinfín
	<ul style="list-style-type: none"> • Obstrucción hélice sinfín • Deformación de hélice 	<ul style="list-style-type: none"> • Carga excede el límite 	<ul style="list-style-type: none"> • Grado de seguridad al personal bajo • Fugas de la pista de deslizamiento
	<ul style="list-style-type: none"> • Tornillos tuercas piezas flojos • Calentamiento de piezas y partes • Fricción de piezas • Abrasión de piezas 	<ul style="list-style-type: none"> • Vibraciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Grado de seguridad al personal bajo • Ruidos no normales • Degradación prematura de piezas
	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación de las piezas por lubricación excesiva • Fricción y calentamiento por lubricación pobre • saponificación 	<ul style="list-style-type: none"> • Lubricante no compatible • Lubricante sucio • Lubricación excesiva o pobre 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste de engranaje y eje (acoplamiento) • Desgaste de rueda y eje de elevación
Motor	<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento de los rodamientos • Desgaste de rodamientos • Vibraciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Lubricación excesiva o pobre • Lubricante no compatible • Lubricante sucio 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste prematuro de los rodamientos • Deterioro de aojamiento de cojinete
	<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento de bobinas • Daño del freno mecánico 	<ul style="list-style-type: none"> • Exceso de carga 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja velocidad • Reducción de resistencia de aislamiento de las bobinas • Desgaste de rodamientos • Excentricidad del motor
	<ul style="list-style-type: none"> • Disparo de guardamotor • Variaciones de velocidad de motores • Cambio de giro del motor • Calentamiento del bobinado de motores 	<ul style="list-style-type: none"> • Magnitudes de Alimentación del motor no compatibles con la placa de características 	<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento del bobinado y pérdida del índice de resistencia de aislamiento

e) Sistema de ventilación

El sistema de ventilación está instalado en áreas donde los equipos tienen un incremento de temperatura que implica el bajo rendimiento de los equipos electromecánicos y originar fallas, además hay un sistema de ventilación en eras de secado para extracción de calor de los lodos, en la tabla. 2.10. se describe los equipos electromecánicos. Las piezas y elementos que son propensos a desgaste y causa de fallas son:

- Eje de transmisión
- Hélice
- Chumaceras
- Tapas
- Rodamiento
- Polea (cadena)
- Engranaje

Tabla 2.10 Ventiladores Línea de lodos

# de Equipos	Equipo Electromecánico Calefacción	
1	Ventilador-Extractor sala calefacción de fangos	Motores: 1
	Modelo: HCFT/4-1000/L-X *440/485V60* V5	Fabricante motor: WEG
# de Equipos	Equipo Electromecánico Cogeneración	
2	Ventilador-Extractor sala cogeneración	Motores: 1
	Modelo: HCFT/4-1000/L-X *440/485V60* V5	Fabricante motor: WEG
# de Equipos	Equipo Electromecánico eras de secado	
16	SISTEMA VENTILACIÓN SECADO SOLAR	Motores: 1
	Modelo: W3G990-DZ02-35	Fabricante motor: WEG

En la tabla 2.11 se indican los defectos y fallas las cuales se tomarán en cuenta para diseñar el plan mantenimiento de los ventiladores.

Tabla 2.11 Análisis de ventiladores

	MODO DE FALLO	CAUSA- RAÍZ	• EFECTO
Máquina	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de ajuste mecánico • Desalineamiento de eje transmisión y chumaceras • Desbalance de hélice • Rotura de tornillos 	• Vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> • Rotura torsión y forzamiento de hélice • Deterioro de eje de transmisión y chumaceras • Deterioro de • Rotura de opresores y tornillos
	<ul style="list-style-type: none"> • Saponificación • Oxidación • Degradación 	• Cúmulos de polvo, aceites	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste prematuro de la hélice • Disminuye la índice resistencia de aislamiento de los materiales. • Deterioro y de piezas metálicas
	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión de giro de la máquina • Velocidad baja • Bajo índice de ventilación-extracción de aire • Calentamiento del cableado 	• Magnitudes eléctricas diferentes a las de diseño del motor	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo forzado del motor • Desgaste de bornes y cables eléctricos • Ineficiencia de ventilación
Motor	<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento de los rodamientos • Desgaste de rodamientos • Vibraciones • Contaminación de piezas y elementos internos por lubricación excesiva • Fricción por Lubricación pobre 	<ul style="list-style-type: none"> • Lubricación excesiva o pobre • Lubricante no compatible • Lubricante sucio 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste prematuro de los rodamientos • Desgaste prematuro de alojamiento de cojinete • Calentamiento de rodamiento y alojamientos de cojinetes
	<ul style="list-style-type: none"> • calentamiento del bobinado • Pérdidas de resistencia de aislamiento de las bobinas • Variaciones de velocidad de motor • Cambio de giro del motor 	• Magnitudes de Alimentación del motor no compatibles con la placa de características	<ul style="list-style-type: none"> • Baja el índice de resistencia de aislamiento del bobinado • Bobinas quemadas • Salto de protecciones del equipo
	<ul style="list-style-type: none"> • Desalineamiento del rotor • Calentamiento de rodamientos 	• Vibraciones	• Desgaste de rodamientos y alojamientos

f) Agitadores

En general los agitadores se encuentran en los depósitos de mezcla, los cuales están diseñados para trabajar sumergidos en los depósitos con un sistema de hermeticidad, Estos equipos electromecánicos tienen un diseño y función

similar. En la tabla 2.12 se identifica las variables necesarias de ayuda para emitir rutinas de mantenimiento, el eje del motor está situado en rodamientos con lubricación propia y queda exento al mantenimiento. A continuación, se indica elementos y piezas que necesitan actividades de revisión y sustitución.

- Hélice
- Brida
- Árbol
- Linterna con celado hidráulico
- Juntas mecánicas y de estanqueidad
- Prensaestopas
- Cable de alimentación
- Anillos SD
- Tornillos, piezas y soportes del motor
- Sistema de vigilancia

Tabla 2.12 Agitadores línea de lodos

# de Equipos	Equipo Electromecánico depósitos de mezcla	
2	Agitador depósito de mezcla	Motores: 1
	Modelo: XRW2121-PA18/4-EC-D61*10	Fabricante motor: WEG
# de Equipos	Equipo Electromecánico depósito de homogeneización	
2	Agitador depósito de homogeneización	Motores: 1
	Modelo: XRW2121-PA18/4-EC-D61*10	Fabricante motor: WEG
# de Equipos	Equipo Electromecánico Digestor Anaerobio	
1	Agitador digestor de fangos	Motores: 1
	Modelo: VPD-9.2-7.7-4500/3000-1240/10-12-S6-CH-AT	Fabricante motor: WEG
# de Equipos	Equipo Electromecánico Deposito tampón	
1	Agitador depósito Tampón	Motores: 1
	Modelo: XRW3023-PA35/6-EC-D61*10BC	Fabricante motor: WEG

En la tabla 2.13 se indican los defectos y fallas las cuales se tomarán en cuenta para diseñar el plan de mantenimiento de los agitadores.

Tabla 2.13 Análisis Agitadores

	MODO DE FALLO	CAUSA- RAIZ	• EFECTO
Máquina	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de ajuste mecánico de tornillos de cabeza hueca, hélice • Fuga de líquidos • Calentamiento de juntas mecánicas • Rotura de tuercas tornillos • 	<ul style="list-style-type: none"> • Vibraciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste de chavetas • Desalineación del motor y hélice • Defectos en las piezas de acople del motor al soporte
	<ul style="list-style-type: none"> • Oxidación • Degradación • Acumulaciones de lodo en el equipo • Desgaste de prensaestopas 	<ul style="list-style-type: none"> • Falla en el sistema de lavado 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste prematuro de las juntas del equipo • Disminuye la índice resistencia de aislamiento de los materiales. • Disminuye
	<ul style="list-style-type: none"> • Degradación de aislamiento de conductores 	<ul style="list-style-type: none"> • Altas temperaturas 	<ul style="list-style-type: none"> • Fugas eléctricas en los conductores

			<ul style="list-style-type: none"> • Degradación de piezas del equipo
	<ul style="list-style-type: none"> • Forzamiento de los piñones • Fricción de rodamientos y alojamiento de cojinetes • Fisuras y rotura de piezas u hélice • Alto consumo de corriente 	<ul style="list-style-type: none"> • Mezcla de materia con viscosidad y densidad intolerable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste prematuro de rodamientos y alojamiento de los cojinetes • Calentamiento del eje del motor • Emisión de ruidos anómalos
	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión de giro de la máquina • Velocidad baja • Bajo índice de aspiración de materia • Calentamiento del cableado 	<ul style="list-style-type: none"> • Magnitudes eléctricas diferentes a las de diseño del motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo forzado del motor • Variación de circulación de materia • La bomba se desceba • Desgaste de bornes y cables eléctricos • Disminuye el índice de resistencia de aislamiento

g) Volteador de fangos

El sistema de secado térmico contiene volteadores de fangos que se desplazan sobre ruedas y dispersan los fangos con el movimiento de un eje motriz y eje de elevación son controlados por sensores, estos equipos electromecánicos tienen un IP de 67. Los elementos especificados a continuación están propensos a desgaste.

- Bastidor
- Ruedas, soporte
- Piñones, tapas
- Ruedas cadena
- Cadena
- Ruedas de sistema de translación
- Anillo
- Cepillos
- Soporte de cadena
- Sondas
- Motorreductor de movimiento translación,
- Motorreductor cazoleta
- Escudo-Rasqueta

Tabla 2.14 Volteador de fangos

# de Equipos	Equipo Electromecánico Exteriores	
2	Volteador de Fangos	Motores: 2
	Modelo: SOLSTICE SRT 11x80	Fabricante: WEG

En la tabla 2.15 se indican los defectos y fallas las cuales se tomarán en cuenta para diseñar el programa de mantenimiento del volteador de fangos.

Tabla 2.15 Análisis volteador de fangos

	MODO DE FALLO	CAUSA- RAÍZ	• EFECTO
Máquina	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de ajuste mecánico de cadena • Rotura de tuercas tornillos • Rotura y deterioro de ruedas • Rotura y fisura de piñones 	<ul style="list-style-type: none"> • Vibraciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste de ejes y tambor • Desalineación del eje de tambor • Desgaste y desoldado de bastidor • Inestabilidad del volteador

	<ul style="list-style-type: none"> • Oxidación • Degradación • Acumulaciones de lodo en el quipo • Obstrucción hélice del ventilador 	<ul style="list-style-type: none"> • Cúmulos de partículas fibrosas, polvo, grasa y aceite 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones de ruidos de ruedas cadena • Desgaste prematuro de piezas • Detención y medición incorrecta de los sensores • Disminuye resistencia de aislamiento del equipo • Calentamiento de los motores
	<ul style="list-style-type: none"> • Degradación de aislamiento de conductores 	<ul style="list-style-type: none"> • Altas temperaturas 	<ul style="list-style-type: none"> • Fugas eléctricas en los conductores
	<ul style="list-style-type: none"> • Forzamiento del Piñones, cadena rueda • Fricción de rodamientos y alojamiento de cojinetes • 	<ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de partículas superiores a la que fue diseñado 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste prematuro de piñones, cadena, cojinetes y rodamientos • Calentamiento del eje motriz •
	<ul style="list-style-type: none"> • Corrientes altas • Calentamiento del cableado 	<ul style="list-style-type: none"> • Magnitudes eléctricas diferentes a las de diseño del motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Fallas de los interruptores de emergencia • Desgaste de bornes y cables eléctricos • Disminuye el índice de resistencia de aislamiento • Daños de sensores
Motor	<ul style="list-style-type: none"> • Vibraciones • Calentamiento de bobinas • Corrientes altas 	<ul style="list-style-type: none"> • Exceso de carga (fuerza del motor) 	<ul style="list-style-type: none"> • Inestabilidad de velocidad • Reducción de resistencia de aislamiento de las bobinas • Desgaste de rodamientos • excentricidad del motor
	<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento del bobinado • Perdidas de resistencia de aislamiento de las bobinas • Disparo de guardamotor • Variaciones de velocidad de motor • Cambio de giro del motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Magnitudes de Alimentación del motor no compatibles con la placa de características 	<ul style="list-style-type: none"> • Parada de la máquina • Bobinas quemadas • Deterioro de lubricante

h) Tamiz

La línea de lodos cuenta con solo un tamiz encargado de purga de lodos el cepillo rodante funciona por medio de un motor instalado en la parte lateral, en la tabla 2.16 muestra la información técnica del equipo. Las partes, piezas que alteran la función del equipo y necesitan revisión y sustitución son:

- Cilindro filtrante
- Sistema de eliminación de residuos
- Bastidor
- Cepillo rotatorio
- Juntas de arco y lamina rascadora
- Sistema de accionamiento

Tabla 2.16 Tamiz (Autor)

# de Equipos	Equipo Electromecánico Ede tamiz	
1	Tamiz de fangos primarios	Motores: 1
	Modelo: RMS-610.96	Fabricante: WEG

En la tabla 2.17 se indican los defectos y fallas las cuales se tomarán en cuenta para diseñar el programa de mantenimiento del tamiz

Tabla 2.17 Análisis Tamiz

	MODO DE FALLO	CAUSA- RAÍZ	• EFECTO
Máquina	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de ajuste mecánico de juntas soportes • Rotura de tuercas tornillos • Fricción de piñones acoples • Rotura y fisura de piñones 	<ul style="list-style-type: none"> • Vibraciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste de juntas mecánicas y jutas de estanqueidad • Desalineación del motor, motorreductor y tambor del tamiz • Desgaste de bastidor
	<ul style="list-style-type: none"> • Oxidación • Saponificación • Corrosión 	<ul style="list-style-type: none"> • Cúmulos de partículas fibrosas, polvo, grasa y aceite 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste prematuro de piezas mecánicas • Disminuye resistencia de aislamiento del equipo • Fisuras o rotura de la cadena
	<ul style="list-style-type: none"> • Degradación de aislamiento de conductores 	<ul style="list-style-type: none"> • Altas temperaturas 	<ul style="list-style-type: none"> • Fugas eléctricas en los conductores
	<ul style="list-style-type: none"> • Forzamiento de los piñones, motorreductor • Fricción de rodamientos y alojamiento de cojinetes 	<ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de partículas superiores a la que fue diseñado 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste prematuro de piñones, piñones y correa del motorreductor • Forzamiento y desgaste de rodamientos
	<ul style="list-style-type: none"> • Corrientes altas • Calentamiento del cableado 	<ul style="list-style-type: none"> • Magnitudes eléctricas diferentes a las de diseño del motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste de bornes y cables eléctricos • Disminuye el índice de resistencia de aislamiento • Cambio de giro del motor • Velocidad baja en el motor
Motor	<ul style="list-style-type: none"> • Vibraciones • Calentamiento de bobinas • Corrientes altas 	<ul style="list-style-type: none"> • Exceso de carga (fuerza del motor) 	<ul style="list-style-type: none"> • Inestabilidad de velocidad • Reducción de resistencia de aislamiento de las bobinas • Desgaste de rodamientos • excentricidad del motor
	<ul style="list-style-type: none"> • calentamiento del bobinado • Perdidas de resistencia de aislamiento de las bobinas • Disparo de guardamotor • Variaciones de velocidad de motor • Cambio de giro del motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Magnitudes de Alimentación del motor no compatibles con la placa de características 	<ul style="list-style-type: none"> • Parada de la máquina • Bobinas quemadas • Deterioro de lubricante
	<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento de los rodamientos • Desgaste de rodamientos • Vibraciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Lubricación excesiva o pobre • Lubricante no compatible 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste prematuro de los rodamientos • Contaminación de bobinas por exceso de lubricación

i) Módulo de cogeneración

El módulo de cogeneración es el equipo más importante en la PTAR-I este equipo genera un porcentaje de energía eléctrica por medio de biogás, para la correcta función este contiene 2 sistemas más incluidos (Sistema de refrigeración y sistema de lubricación) estos ayudan a que el equipo a mantenerse en operación optima. En la tabla 2.18 se muestra las características técnicas.

- Camisas
- Cigüeñal
- Cojinetes
- Culatas
- Bielas
- Pistones
- Carter, cartucho de recirculación
- Filtros de aire, lubricación, refrigeración
- Amortiguador de vibraciones

A continuación, se muestra las partes y piezas que se debe cambiar cuando presentan desgaste o defectos.

Tabla 2.18 Especificaciones Técnicas Módulo de cogeneración (Autor)

# de Equipos	Módulo de generación	
1	Sistema de lubricación	Motores: 3
	Modelo: RMS-610.96	Fabricante: WEG
# de Equipos	Módulo de generación	
1	Sistema de enfriamiento	Motores: 2
	Modelo: RMS-610.96	Fabricante: Whilo

CAPÍTULO 3 RESULTADOS

3.1. Mantenimiento Preventivo y Predictivo equipos electromecánicos línea de lodos

El programa de mantenimiento está dirigido fundamentalmente para los equipos electromecánicos de línea de lodos en la planta de tratamientos de aguas residuales, los resultados de la investigación contendrán rutinas y tareas de mantenimiento preventivo y predictivo para los equipos electromecánicos.

3.1.1. Diseño del plan

La información de este documento describe las tareas y rutinas de mantenimiento con las respectivas herramientas y equipos de medición necesarias para los trabajos, se adjunta en un programa de Excel para complementar la base de datos para PTAR-I, con el fin de facilitar el trabajo del jefe de mantenimiento.

a) Permisos y emisión de ordenes

El jefe encargado de la planta designa el trabajo y los equipos en los que se debe ejecutar, por medio de la emisión de hojas con tareas, y las cuales se debe firmar por los técnicos encargados y el jefe de mantenimiento.

b) Ordenes de trabajo

Las ordenes de trabajo emitidas contiene los trabajos de mantenimiento para los equipos electromecánicos, además que los equipos de medición y herramientas que retiraran para realizar las tareas. En el anexo B se muestra la hoja de tareas de mantenimiento.

c) Hoja de vida del equipo

Es importante llevar un registro de cada equipo para facilitar el análisis de diferentes variables y determinar el estado del equipo, de manera que el técnico o especialista lleva un control de que puede ocurrir en el equipo.

En el nexo C indica la hoja donde se llevará el registro de datos de datos de cada equipo.

2.3.3. Consideraciones en la ejecución de trabajos

Es necesario que los técnicos asignados para los trabajos de mantenimiento conozcan las normas de seguridad en el momento de realizar los trabajos, Las normas de seguridad es una prioridad para cuidar la integridad del personal y evitar accidentes, de igual manera los instrumentos de medición y herramientas necesarios para la ejecución de trabajos se muestran a continuación.

a) Normas de seguridad durante el procedimiento del trabajo

Para realizar los trabajos el técnico debe tener en cuenta las siguientes consideraciones acerca seguridad:

- Los equipos electromecánicos deben ser manipulados por sistemas de elevación y transporte.
- El equipo electromecánico debe desconectarse y bloquearse de la fuente de alimentación.
- La intervención del equipo debe realizarse cuando el motor este completamente estado de parada.
- Los equipos deben estar conectados los cables a tierra.
- Los trabajos deben realizarse en zonas horizontales protegiendo el equipo de rodaje.
- El motor eléctrico se debe manipular utilizando los puntos de amarre previstos.
- Para manipular el equipo electromecánico debe utilizar una eslinga que pase por la base de manera que asegure la estabilidad durante su elevación y transporte.
- Verificar si los dispositivos de ajuste y carga estén libres de defectos.
- Primero revisar y hacer pruebas de funcionamiento al polipasto o grúa (interruptores de emergencia, freno mecánico, control).
- Los equipos de transporte y elevación deben estar dimensionados para manipulación de los equipos electromecánicos.

b) Herramientas.

Las herramientas indicadas a continuación son necesarias para la realización de los trabajos en la planta:

- Alicate de boca plana, redonda y universal
- Alicate punta ajuga larga
- Martillo con cabeza de goma
- Escalera
- Juego de destornilladores planos y estrella
- Juego de llaves fijas (Hexagonales)
- Llave ajustable (Cabeza hexagonal para apretar y quitar tuercas en grandes medidas)
- Llave tuvo
- Juego de destornilladores Stecker (Apretar o quitar tuercas)
- Destornillador estrella y plano

c) Equipos de medición para ejecución del mantenimiento Preventivo y Predictivo

El mantenimiento debe complementarse con las diferentes pruebas que determine el estado de los equipos, a continuación, se muestra los equipos de medición que utilizaran para obtener datos de la máquina y de otras secciones (Presión en tuberías, alimentación eléctrica)

- Medidor de espesores
- Analizador de combustión
- Cámara termográfica
- Megometro
- Analizador de vibraciones
- Sonómetro (Medición de nivel de ruido que emite el equipo)
- Pinza amperimétrica
- Detector de fase
- Detector de fugas (Gas)

2.3.4. Tareas del mantenimiento preventivo y predictivo

El plan de mantenimiento asignado a continuación en los equipos similares mantiene la mismas rutinas y tareas de mantenimiento, existe motores sellados herméticamente con lubricación propia, estos equipos no necesitan de trabajos preventivos internamente, en estos se puede considerar mantenimiento en la parte eléctrica, por medio de pruebas funcionamiento en el sistema de advertencia de sensores. En otros equipos electromecánicos solo se puede realizar las tareas de mantenimiento por técnicos especializados en el mantenimiento de la empresa distribuidora para mantener su garantía, de igual manera en los equipos deben sustituir piezas originales de su fabricante o marca, mencionado lo anterior se presenta los equipos con sus especificaciones técnicas.

Tabla 3 1 Mantenimiento de bomba fangos secundarios (Autor)

Bomba Fangos Secundarios.		Características técnicas
	Modelo: RN 250-250	
	Tipo: Interiores	
	Marca: bombas Ideal	
	Potencia: 75 KW Corriente: 116 A Voltaje: 380 V	
	Localidad: Edificio Arqueta de reparto, planta subterránea	
Función: Recirculación de lodo del decantador secundario al reactor biológico.		Prioridad A

Mantenimiento Preventivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas preventivas	Solución ante defecto
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la temperatura del motor • Comprobar visualmente fugas de tuberías, válvulas y juntas mecánicas Inspeccionar visualmente la vibración y calentamiento del motor • Verificar con un equipo de medición la voltaje y corriente en las borneras del motor • Limpiar cúmulos de polvo de la carcasa del motor y de la placa de características • Verificar ausencia de vibraciones en la bomba 	<ul style="list-style-type: none"> • Sustituir piezas originales de en caso de desgaste o descomposición • Ajuste mecánico de las juntas mecánicas • Suministrar los valores de alimentación requeridos.
Cada 3 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar inspección visual de la bomba • Comprobar temperatura de la bomba externo e interno (Rodamiento, cojinetes) • Verificar si la bomba emite ruidos diferentes a su condición normal • Verificar el estado del ventilador y limpiar del ventilador • Verificar el estado de contaminación que contiene el lubricante 	<ul style="list-style-type: none"> • Si presenta anomalía dejar fuera de servicio para revisión • Personad de fabricante (Cambio de rodamientos cojinetes, rodetes) • Sustituir piezas desgastadas por las originales del fabricante.
Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar las empaquetaduras • Comprobar desgaste de eje o camisa de eje. • Comprobar alineación bomba-motor. • Realizar apriete mecánico de pernos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desmontaje del equipo para revisión y alineación de eje • Cambio de juntas de estanqueidad por originales

	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual de juntas de estanqueidad y mecánicas • Compruebe que no existe saponificación en la grasa de los rodamientos. • Verificar el estado de la válvula de pie y válvula de retención 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de rodamientos y lubricación • Cambiar piezas deterioradas de las válvulas
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Revise el desgaste de las piezas rodantes. • Compruebe el desgaste de los aros cierre. • Limpie y engrase los rodamientos. Según el lubricante que especifica el fabricante • Mida la presión de aspiración e impulsión para comprobar la estanqueidad de las tuberías. • Realizar ajuste mecánico de tuercas y pernos 	<ul style="list-style-type: none"> • Sustituir Rodamientos rodete, engranaje por original por personal del fabricante • Desmontaje de la bomba para revisión del motor y suministros de energía
Mantenimiento predictivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas predictivas	Solución en caso de presentar falla
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas de resistencia de aislamiento de los bobinados • Realizar pruebas de vibraciones • Realizar pruebas en de partículas donde determina existencia de fisuras y posibles fugas 	<ul style="list-style-type: none"> • Desmontar el motor para realizar cambio del bobinado • Desmontar el motor para verificar el eje, cojinetes, rodamientos • Desmontar para realizar cambio de piezas y elementos deteriorados
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Medir la temperatura que emite el motor • Inspección de ruido que emite el motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión por personal especializado del fabricante del equipo

Tabla 3 2Mantenimiento de bombas fangos primario y fangos en exceso (Autor)

Bomba fangos primarios y fangos en exceso	Características técnicas
	Modelo ARSH 80-20S RV
	Tipo: Interiores
	Marca: Bombas Ideal
	Potencia: 4KW Corriente: 16,4A Voltaje: 220V
	Localidad: Edificio Arqueta de reparto, planta subterránea
	Función: Envío de lodos a tamiz (Purga de lodo)

Mantenimiento Preventivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas preventivas	Solución en caso de presentar falla

Cada semana	<ul style="list-style-type: none"> • Compruebe visualmente si existen fugas de tuberías y válvulas • Inspeccionar visualmente la vibración y calentamiento del motor • Verificar con un equipo de medición la Voltaje y corriente. • Limpiar cúmulos de polvo grasa y aceite • 	<ul style="list-style-type: none"> • Dejar fuera de servicio al equipo que contenga defecto • Suministrar los valores de energía solicitados por la placa de características • Cambiar piezas deterioradas por originales
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar con un equipo de medición la alimentación del motor • Verificar si la bomba emite ruidos no normales a su funcionamiento • Comprobar si el equipo emite vibraciones fuertes • Verificar si existe fugas de las válvulas 	<ul style="list-style-type: none"> • Suministrar los valores de energía sugeridos en la placa de características • Desmontaje del equipo para cambiar tuberías con fugas
Cada 3 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Compruebe que no existe saponificación en la grasa de los rodamientos. • Comprobar la temperatura emitida por el motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar la zona de saponificación y lubricar rodamientos engranajes
Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar empaquetadura y cambiar si es necesario. • Comprobar desgaste de eje o camisa de eje. • Comprobar alineación bomba-motor. • Comprobar apriete de los pernos. • Comprobar acoplamiento de los fletores de caucho. • Verificar el estado del rodete de la bomba 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiar piezas desgastadas por originales • Poner fuera de servicio el equipo para alineación de eje • Realizar ajuste mecánico de juntas mecánicas
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Revise el desgaste de las piezas rodantes. • Compruebe el desgaste de los aros cierre. • Limpie y engrase los rodamientos. Según el lubricante que especifica el fabricante • Mida la presión de aspiración e impulsión para comprobar la estanqueidad de las tuberías. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiar rodamientos, rodete (personal del fabricante) • Desmontaje del equipo para realizar pruebas suministro de energía
Mantenimiento predictivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas predictivas	Solución en caso de presentar falla
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas de resistencia de aislamiento de los bobinados • Realizar pruebas de vibraciones • Realizar pruebas en de partículas donde determina existencia de fisuras y posibles fugas 	<ul style="list-style-type: none"> • Desmontar el motor para realizar cambio del bobinado • Desmontar el motor para verificar el eje, cojinetes, rodamientos • Desmontar para realizar cambio de piezas y elementos deteriorados
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Medir la temperatura que emite el motor • Inspección de ruido que emite el motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión por personal especializado del fabricante del equipo

Tabla 3 3 Mantenimiento de bombas de impulsión de aguas de servicio (Autor)

Bombas de impulsión aguas de servicio	Características técnicas
	Modelo HYDRO 3NLX 15/5
	Tipo: Interiores
	Marca: Bombas Ideal
	Potencia: 7,5 KW Corriente: 13,1A Voltaje: 460V
	Localidad: Edificio Arqueta de reparto, planta subterránea
Función: Bombeo agua de servicio	Prioridad A

Mantenimiento Preventivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas preventivas	Solución en caso de presentar falla
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que no exista vibraciones en las tuberías y el motor • Verificar que no exista líquidos aceites, grasas en la bancada • Revisión de la alimentación corriente, voltaje, frecuencia que se encuentre bajo los rangos permitidos por la placa de características • Comprobar la temperatura del motor, este no debe exceder los valores $20^{\circ} < T < 40^{\circ}$ Co • Limpiar cúmulos de polvo del equipo • Verificar ruidos y vibraciones extraños que emita el equipo 	<ul style="list-style-type: none"> • Desmontaje del equipo para realizar pruebas y revisiones • Ajuste mecánico de piezas y partes • Suministrar los valores de energía indicado en la placa de características • Mantenimiento por personal de fabricante
Cada 3 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar el manómetro que no exceda la temperatura permitida por el fabricante, • Revisión y limpieza de las válvulas de corte y antirretorno • Revisar el estado del colector de impulsión verificar si existe fisuras fugas oxidación. • Verificar que no emita ningún ruido anormal ya que estos están diseñados con efecto de ruido mínimo 	<ul style="list-style-type: none"> • Sustituir manómetro • Limpieza o cambio de piezas de la válvula si es necesario cambiar • Cambio de partes por originales de fabricante
Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas de ensayo de lecturas al manómetro y vacuómetro si son correctas de acuerdo con la presión • Verificar el ajuste mecánico de bridas, juntas 	<ul style="list-style-type: none"> • Calibrar el manómetro • Reajustar tornillos y tuercas
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la resistencia de aislamiento de los motores • Comprobar el estado del lubricante del motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación de mantenimiento • Cambio de lubricante • Cambio de rodamientos

Mantenimiento predictivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas predictivas	Solución en caso de presentar falla
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas de resistencia de aislamiento de los bobinados Realizar pruebas de vibraciones Realizar pruebas en de partículas donde determina existencia de fisuras y posibles fugas 	<ul style="list-style-type: none"> Desmontar el motor para realizar cambio del bobinado Desmontar el motor para verificar el eje, cojinetes, rodamientos Desmontar para realizar cambio de piezas y elementos deteriorados
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> Medir la temperatura que emite el motor Inspección de ruido que emite el motor 	<ul style="list-style-type: none"> Revisión por personal especializado del fabricante del equipo

Tabla 3 4 Mantenimiento de ventiladores Modelo ELP (Autor)

Agitadores	Características técnicas	
	Modelos: ELP 250-D, EHP 500-D	
	Tipo: Interiores	
	Marca Bombas Ideal	
	Potencia: 4 KW Corriente: 4.3A Voltaje: 460V	
	Localidad: Edificio Arqueta de reparto, planta subterránea	
	<table border="1"> <tr> <td>Función: Extracción de aire de interiores de arqueta de reparto</td> <td>Prioridad C</td> </tr> </table>	Función: Extracción de aire de interiores de arqueta de reparto
Función: Extracción de aire de interiores de arqueta de reparto	Prioridad C	

Mantenimiento Preventivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas preventivas	Solución en caso de presentar falla
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> Comprobar la temperatura del motor Verificar que no exista vibraciones en las tuberías y el motor Verificar con un equipo de medición la voltaje y corriente en las borneras del motor Limpiar cúmulos de polvo de la carcasa del motor y de la placa de características Comprobar ruidos diferentes al funcionamiento normal 	
Cada 3 meses	<ul style="list-style-type: none"> Comprobar estado de juntas de estanqueidad empaquetadura y cambiar si es necesario. Realizar ajuste mecánico de los pernos tornillos de juntas y piezas. Revirar estado de rodamientos, sustituir si presenta desgaste 	

	<ul style="list-style-type: none"> • Lubricar rodamientos y cojinetes, limpieza de grasa • Realizar una inspección general de la bomba tuberías, y juntas • Verificar el estado del ventilador del motor y limpiar el ventilador 	
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Limpie y engrase los rodamientos. Según el lubricante que especifica el fabricante • Mida la presión de aspiración e impulsión para comprobar la estanqueidad de las tuberías. • Realizar ajuste mecánico de tuercas y pernos • Realizar Pruebas de resistencia de aislamiento del motor • Realizar prueba de partículas para determinar posibles fisuras deterioro 	
Mantenimiento predictivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas predictivas	Solución en caso de presentar falla
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Medir la temperatura que emite el motor • Inspección de ruido que emite el motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión por personal especializado del fabricante del equipo
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas de resistencia de aislamiento de los bobinados • Realizar pruebas de vibraciones • Realizar pruebas en de partículas donde determina existencia de fisuras y posibles fugas 	<ul style="list-style-type: none"> • Desmontar el motor para realizar cambio del bobinado • Desmontar el motor para verificar el eje, cojinetes, rodamientos • Desmontar para realizar cambio de piezas y elementos deteriorados

Tabla 3 5 Mantenimiento de Polipastos (Autor)

Polipasto	Características técnicas	
	Modelo XRW2121-PA18/4-EC-D61*10	
	Tipo: Carga pesada, interiores	
	Marca: EXMATRA	
	Potencia: Dos con potencia (3,5+0,7) KW Corriente: (8.7+2.2) A Voltaje: 380V	
	Localidad: Sala Centrifugas Sala Ede tamizado Sala Cogeneración Sala Caldera	
	Función: Montaje y desmontaje de equipos electromecánicos	Prioridad C

Mantenimiento Preventivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas preventivas	Solución en caso de presentar falla
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar visualmente si existe una deformación, daños, defectos y desgaste de las protecciones y piezas del polipasto 	<ul style="list-style-type: none"> • Sustitución de las piezas que presentan daños, deformaciones, defectos y roturas evidentes
Cada 3 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar ruidos o vibraciones en el equipo. • Verificar el estado del freno de desplazamiento y elevación. • Verificar el estado de la caja reductora de desplazamiento y elevación. • Verificar el estado de acoplamiento entre el motor y engranaje • Inspeccionar visualmente el estado del tambor, guía, abrazadera, anclaje, del cable de acero o cadena si es el caso • Inspeccionar visualmente el estado del bloqueo de gancho. • Revisar emisión de temperatura y nivel de aceite de la caja reductora. • Medir el entrehierro del disco de freno y material de fricción del freno. • Revisar estado del cable de acero (de la cadena si es el caso). • Revisar de estado de conductores y control/mando de desplazamiento y elevación. • Comprobar el estado de resortes • Verificar ausencia de fugas de aceite en los alojamientos • Medir corriente y voltaje en las bornas del equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reajustar los pates mecánicas tuercas y tornillos • Cambiar el resorte • Sustituir la cadena • Sustituir alojamientos tapones sellos
Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar externamente cada elemento del equipo. • Realizar pruebas de funcionamiento al freno de elevación y deslizamiento son aceptable, ajuste en caso de ser necesario • Revisar estado de la caja reductora de desplazamiento y elevación, fijar cada elemento en caso de ser necesario. • Revisar los Adaptadores de la caja reductora de desplazamiento y elevación, Agregar en caso de ser necesario • Revisar estado de Guía del cable, si faltan adaptadores o si es necesario ajustar. • Revisar las ranuras del tambor de cable, ajustar en caso de ser necesario. • Comprobar el estado de la abrazadera del cable, ajustar en caso de ser necesario. • Revisar que el extremo del cable sobresalga a distancia adecuada con respecto a la última abrazadera, ajustar en caso necesario. • Comprobar el estado del cable o cadena y lubrique (Lubricante especificado por el fabricante). • Abrir la Barra transversal y lubrique el cojinete de presión en caso de ser necesario. • Ajustar el ancho o la entrevía del carril si es necesario. • Comprobar estado de poleas, lubricar en caso de ser necesario (Lubricante especificado por fabricante). • Ajustar tornillos o piezas flojas del equipo en general. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sustituir el enganche junto con el embrague • Sustitución del núcleo y freno electromagnético • Cambiar el aceite

Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Lubricar la transmisión de desplazamiento y elevación (Lubricante especificado por fabricante). • Lubricar superficie del tambor del cable (Lubricante especificado por el fabricante) • Lubricar la superficie de los cojinetes del anclaje del cable (Lubricante especificado por el fabricante). • Revisar y comprobar el funcionamiento de poleas, lubrique (Lubricante especificado por el fabricante). • Limpiar y comprobar estado de las ruedas del carro, Lubrique los cojinetes (Lubricante especificado por el fabricante). • Lubricar la guía del cable (Lubricante especificado por el fabricante) y limpie la varilla de guiado. • Lubricar transmisión de elevación y desplazamiento (Lubricante especificado por el fabricante). • Medir resistencia del aislamiento de los devanados del motor. • Ajustar tornillos o piezas flojas del equipo en general 	<ul style="list-style-type: none"> • Sustituir engranaje, piñón y aceite.
Mantenimiento predictivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas predictivas	Solución en caso de presentar falla
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Medir la temperatura que emite el motor, inspección de ruido que emite el motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión por personal especializado del fabricante del equipo
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas de resistencia de aislamiento de los bobinados • Realizar Pruebas de vibraciones • Realizar pruebas en de partículas donde determina existencia de fisuras y posibles fugas 	<ul style="list-style-type: none"> • Desmontar el motor para realizar cambio del bobinado • Desmontar el motor para verificar el eje, cojinetes, rodamientos • Desmontar para realizar cambio de piezas y elementos deteriorados

Tabla 3 6 Mantenimiento de sistema de ventilación (Autor)

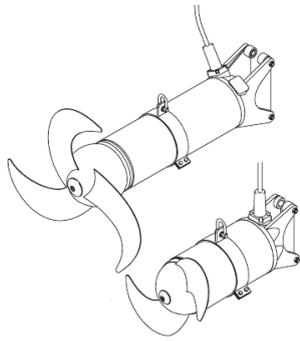
Ventilador-Extractor	Características técnicas	
	Modelo HCFT/4-1000/L X*440/485V60* V5	
	Tipo: Ventilador-Extractor de calor exteriores	
	Marca: ELEKTRA	
	Potencia: 3,57 KW Corriente: 6,35A Voltaje: 380	
	Localidad: Sala Cogeneración Sala Caldera Eras de secado	
	<table border="1"> <tr> <td>Función: Sistema de enfriamiento de la sala de cogeneración y cogeneración</td> <td>Prioridad B</td> </tr> </table>	Función: Sistema de enfriamiento de la sala de cogeneración y cogeneración
Función: Sistema de enfriamiento de la sala de cogeneración y cogeneración	Prioridad B	

Mantenimiento Preventivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas preventivas	Solución en caso de presentar falla
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar visualmente el estado del equipo. • Identificar ruidos o vibraciones diferentes al funcionamiento normal del ventilador. • Revisar el nivel de emisión de Temperatura • Medir corriente y voltaje en las borneras del equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sustituir la hélice Desmontaje del equipo para ver rodamientos eje y bobinado del estator
Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar con el multímetro que no haya energía eléctrica en el equipo. • Delimitar y señalizar el área de trabajo. • Limpiar hélice y componentes externos del equipo • Limpiar suciedad de hélices, turbinas, rejillas y motor. • Lubricar rodamientos del eje de la hélice. • Ajustar contactos, tornillos o piezas flojas en caso de ser necesario. 	
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar que las hélices estén en buen estado, ajustar al eje en caso de ser necesario. • Medir resistencia del aislamiento de los devanados del motor. • Ajustar contactos, tornillos o piezas flojas en caso de ser necesario. • Comprobar indicios de desgaste de alimentación, bornes, contactos 	
Mantenimiento predictivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas predictivas	Solución en caso de presentar falla
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Medir la temperatura que emite el motor • Inspección de ruido que emite el motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión por personal especializado del fabricante del equipo
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas de resistencia de aislamiento de los bobinados • Realizar Pruebas de vibraciones • Realizar pruebas en de partículas donde determina existencia de fisuras y posibles fugas 	<ul style="list-style-type: none"> • Desmontar el motor para realizar cambio del bobinado • Desmontar para realizar cambio de piezas y elementos deteriorados

Tabla 3
7

Mantenimiento de Agitadores (Autor)

Agitadores	Características técnicas
	Modelo XRW2121-PA18/4-EC-D61*10
	Tipo: Sumergible
	Marca: SULZER
	Potencia: 1,8KW Corriente: 18,2A
	Voltaje: 400V
	Localidad: Este agitador se encuentra sumergido en los depósitos de mezcla



Función: El agitador realiza el proceso de mezclar el lodo de los depósitos

Prioridad
A

Mantenimiento Preventivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas preventivas	Solución en caso de presentar falla
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar tensión, corriente y frecuencia en la alimentación del motor, estos deben ser similares a los valores de la placa de características. • Limpiar el cable retirar materiales adheridos, además realizar una inspección visual de fisuras burbujas o roturas. (los cables rotos deben sustituirse inmediatamente por personal técnico de Sulzer 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación del variador y fluctuaciones en la red • La sustitución de elementos y piezas de este equipo solo puede hacer personal especializado de SULZER
Cada 3 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección de la hélice y del anillo SD (anillo deflector de sólidos) verificar el estado de la hélice • Realizar una limpieza general del equipo, retirar todo el material adherido y comprobar si existe fisuras o degradación en la estructura y piezas 	<ul style="list-style-type: none"> • La sustitución de elementos y piezas de este equipo solo puede hacer personal especializado de SULZER
Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar sistema de lavado, este debe limpiar las juntas mecánicas del equipo • Realizar pruebas a las termocuplas comprobar valores y llevar un registro. • Realizar pruebas de funcionamiento del electrodo DI el cual emite señales a un dispositivo electrónico, si entra agua al equipo 	<ul style="list-style-type: none"> • EL mantenimiento y reparación del sistema de vigilancia solo puede realizar personal especializado de SULZER
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación de los pares de apriete de tornillos y tuercas • Verificar el estado de los rodamientos engranajes 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar ajuste mecánico de juntas mecánicas, tornillos de los soportes y piezas del motor
Mantenimiento predictivo		
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe comprobar cada 4.000 horas la resistencia de aislamiento del bobinado del motor. • Realizar pruebas de resistencia de aislamiento de los bobinados • Realizar Pruebas de vibraciones • Realizar pruebas en de partículas donde determina existencia de fisuras y posibles fugas 	<ul style="list-style-type: none"> • El mantenimiento del motor solo puede realizar personal de SULZER • Desmontar el motor para realizar cambio del bobinado • Desmontar el motor para verificar el eje, cojinetes, rodamientos Desmontar para realizar cambio de piezas y elementos deteriorados

Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Medir la temperatura que emite el motor • Inspección de ruido que emite el motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión por personal especializado del fabricante del equipo
Especificación del Equipo La cámara de aceite está llena de lubricante El eje del motor se apoya sobre rodamientos de bolas con lubricación permanente Sellado mecánico de alta calidad en la parte de líquido del eje e independiente del sentido de giro Los relojes analógicos y monitores del ordenador pueden resultar con daños irreversibles en contacto con imanes.		

Tabla 3 8 Mantenimiento de Quemador de gas o gasóleo (Autor)

Quemador mixto de gas o gasóleo	Características técnicas
	Modelo: TK 5/70 K2
	Tipo: Combustión
	Marca: TEKENER
	Potencia: 1,5KW Corriente: 6,2A Voltaje: (240Y-480Delta) V
	Función: Genera la llama para la combustión de gases, Calentamiento de agua
Localidad: caldera, parte inferior de control en la caldera	Prioridad: B

Mantenimiento Preventivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas preventivas	Solución en caso de presentar falla
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar con un equipo de medición la alimentación del motor • Limpiar cúmulos de polvo, grasa y aceites • Inspección visual de la bomba verificar fugas de los latiguillos o anomalías • Verificar la bomba emite ruidos diferentes a su función normal • Verificar la temperatura que emite el motor • Comprobar el motor no emita vibraciones • Limpiar cartucho de gas 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar limpieza de las partes con presencia de agua o cúmulos de polvo. • Verificar si el ventila • Si hay degradación y deterioro de los cartuchos realizar cambio
Cada 3 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual completa del equipo (cambio de color por temperatura color, fugas, desgaste, oxidación) • Verificar que no exista ruidos • Reajuste mecánico de partes y piezas • Realizar limpieza de los filtros de gas 	<ul style="list-style-type: none"> • Desmontar el motor y verificación de cojinetes y rodamientos. • Sustituir alojamientos y sellos de aceite

	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de caja y cables de alimentación Verificar el estado de válvulas (toma de aire, goteo, fugas) • Realizar limpieza de grasa, aceite y cúmulos de suciedad en el motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Sustituir filtros
Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar horas de funcionamiento con un medidor ch • Verificar el estado de los rodamientos y cojinete • Verificar el estado de los electrodos. • Realizar un examen visual de estado de los latiguillos comprobar que fugas y posición bajo las normas 	<ul style="list-style-type: none"> • Sustituir piezas con desgaste y deterioro
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiar rodamientos del motor • Verificar el estado de los cables de alimentación Ajuste mecánico de tornillos, pernos prensaestopas del equipo • Realizar Pruebas de resistencia de aislamiento del motor • Verificar visualmente los latiguillos, éstos deben estar sin roturas, fugas, desgaste y corrosión • Calibrar indicador de presión • Verificar el estado de Latiguillos y válvulas de seguridad (Reemplazar cada 5 años) 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar cambio de cables en mal estado y propensos a provocar corto circuito.

Grupo de presión de gas y gasóleo

Características técnicas

Per		<p>Modelo GP-130 N</p> <p>Tipo: Ventilador-Extractor de calor exteriores</p> <p>Marca: TEKENER</p> <p>Potencia: 3,57 KW</p> <p>Localidad: Caldera, pared parte izquierda superior cerca del caldero</p> <p>Función: Inyecta el gas necesario para la combustión en la caldera</p>	<p>Solución en caso de presentar falla</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisión por personal especializado del fabricante del equipo • Desmontar el motor para realizar cambio del bobinado • Desmontar para realizar cambio de piezas y elementos deteriorados <p>Prioridad</p> <p>B</p>
ma		<p>Corriente: 1,7A</p> <p>Voltaje: 230V</p>	
Ca		<p>resistencia de aislamiento de los</p> <p>vibraciones</p> <p>e partículas donde determina</p> <p>suras y posibles fugas</p>	
Ca			

Tabla 3 9 Mantenimiento de Grupo de presión de gas y gasóleo (Autor)

Mantenimiento Preventivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas preventivas	Solución en caso de presentar falla
Cada semana	<ul style="list-style-type: none"> • limpieza de acumulaciones de polvo 	
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Compruebe visualmente si existen fugas. • Compruebe la vibración. • Regule la prensa para mantener el goteo adecuado. • Verificar con un equipo de medición la voltaje y corriente. • Verificar que en válvulas de seguridad y retención no exista fuga, toma de aire o goteo • limpieza de acumulaciones de polvo 	<ul style="list-style-type: none"> • EN caso de presentar fugas reemplazar latiguillos, válvulas • En caso de presentar fugas limpiar filtros si es necesario reemplazar

Cada 3 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual completa del equipo (cambio de color por temperatura color, fugas, desgaste, oxidación) Verificar que no exista ruidos • Verificar que en válvula de seguridad no exista fuga, toma de aire o goteo • Comprobar la regulación del presostato 	<ul style="list-style-type: none"> • Extraer el motor para examinar el estado rodamientos y posibles roses
Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • . Vaso de expansión, comprobar la presión del aire este debe estar bajo el rango (0,7-0,9 Kg/cm²) • Extraer el motor para realizar lubricación de rodamiento y verificar el alojamiento de los cojinetes • Limpieza y remplazo de prensaestopas 	
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar visualmente los latiguillos, éstos deben estar sin roturas, fugas, desgaste, corrosión, además verificar que se encuentren instalados según la norma ISO 6806 para mayor seguridad y protección del equipo. • Verificación del motor, temperatura, ruidos, desgaste de cojinete, chumaceras, rodamientos • Inspeccionar y realizar prueba de reacción al guardamotor 	
Mantenimiento predictivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas predictivas	Solución en caso de presentar falla
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • limpiar el filtro y verificar si el indicador de presión está calibrado. • Realizar pruebas de resistencia de aislamiento del motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Calibrar con un patrón a los instrumentos de medición • Desmontaje para cambiar estator, bobinado
Cada 5 años	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiar latiguillos • Cambiar la válvula de seguridad 	<ul style="list-style-type: none"> • Los latiguillos deben colocarse según las normas ISO 6806

Tabla 3 10 Mantenimiento de Centrifuga de deshidratación (Autor)

Centrifuga de Deshidratación	Características técnicas	
	Modelo: C4E-4/454 HTS	
	Tipo: Interiores	
	Marca: FLOTTWEG	
	Potencia: (75+7,5) KW Corriente: 10,5A	
	Voltaje: (440Y-220Delta) V	
	Localidad: Edificio de Centrifugas, parte posterior izquierda, máquina de procesos de deshidratación	
Función: Separación de lodos y líquidos.	Prioridad A	

Mantenimiento Preventivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas preventivas	Solución en caso de presentar falla
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar con un equipo de medición la alimentación del motor • Limpiar cúmulos de polvo, grasa y aceites • Inspección visual de motores y armarios de distribución (Oxidación, Golpes, corrosión) • Verificar la centrifuga ruidos diferentes a su función normal • Verificar la temperatura que emite el motor/motorreductor • Comprobar el equipo emisión de ruidos diferentes a su función normal • Realizar prueba de funcionamiento al interruptor de pérdida a tierra • Verificar el estado de las rejillas de filtrado • Limpiar caja de control y cables de alimentación 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión o cambio de interruptor • Cambiar la rejilla de filtrado
Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • 1. Reajuste de bornes y cable de los circuitos de conmutación • Comprobar el estado del líquido refrigerante. • Verificar estado del lubricante del motor/motorreductor (saponificación) • Lubricar rodamientos del motor/reductor y engranajes mecánicos, • Verificar el estado del líquido de refrigeración (Cambiar si presenta cambio de color) 	
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar el estado de los rodamientos del motor • Verificar el estado del alojamiento de cojinete • Verificar el nivel de contaminación aceite del reductor • Verificar el estado del retén del eje • Realizar pruebas de resistencia de aislamiento a las bobinas del motor • Realizar pruebas de funcionamiento al sistema de iluminación y protección • Verificar el estado del líquido de refrigeración (Cambiar si presenta cambio de color) 	Cambio de refrigerante
Mantenimiento predictivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas predictivas	Solución en caso de presentar falla
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Medir la temperatura que emite el motor • Inspección de ruido que emite el motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar análisis de tendencia de los datos registrados
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas de resistencia de aislamiento de los bobinados • Realizar Pruebas de vibraciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Desmontar el motor para realizar cambio del bobinado

<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas en de partículas, y comprobar por interpretación de los datos obtenidos la existencia de fisuras y posibles fugas 	<ul style="list-style-type: none"> Desmontar para realizar cambio de piezas y elementos deteriorados
--	---

Tabla 3 11 Mantenimiento de Tamiz (Autor)

Tamiz de fangos primarios	Características técnicas
	Modelo RMS-610.96
	Tipo: Interiores
	Marca: ESTRUAGUA
	Potencia: 0,55KW Corriente: 2,74A Voltaje: (265Delta-460Y)V
	Localidad: Sala Ede tamizado
Función: Retiene los residuos de agua y separa lodos	Prioridad A

Mantenimiento Preventivo-Predictivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas preventivas	Solución en caso de presentar falla
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> Inspección visual del estado de la lámina tiene deterioro, efectos de desgaste, corrosión, oxido Revisar que no la lámina no tope con el cilindro filtrante Comprobar con un multímetro alimentación del motor Limpiar cúmulos de polvo, grasa y aceites Inspección visual del tamiz, verificar fugas o anomalías evidentes Verificar si el Tamiz emite ruidos diferentes a su función normal Verificar la temperatura que emite el motor/motorreductor Comprobar el motor/reductor no emita vibraciones Revisar el nivel de aceite del motor/reductor 	<ul style="list-style-type: none"> Si la lámina presenta oxido, corrosión o algún tipo de desgaste o deformación realizar el cambio.
Cada 3 meses	<ul style="list-style-type: none"> Revisar Juntas de arco y juntas superior Limpiar rejillas filtrantes con agua a presión los dientes y placas laterales. Limpiar cepillo rotativo con agua a presión. Ajustar contactos, tornillos o piezas flojas en caso de ser necesario. Lubricar la transmisión (Lubricante especificado por fabricante). Ajustar contactos, tornillos o piezas flojas si es necesario Inspección visual del estado de la lámina, comprobar si hay desgaste evidente Comprobar que la distancia entre el cilindro filtrante y la lámina Revisar y ajustar holgura entre los dientes del cilindro filtrante Revisar el estado de la caja flotante y laterales 	<ul style="list-style-type: none"> Si las juntas presentan deterioro, desgaste o algún tipo de deformación química, se debe cambiar las juntas. de igual manera si las juntas no presentan un buen cierre.
Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> Centrar y tensar el cilindro filtrante si es necesario. 	

	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar estado de las palas de coma del cepillo rotativo. • Comprobar rotación y centrado del cepillo rotativo. • Comprobar estado del cepillo de pie, Eliminar arenar y grava. • Verificar la temperatura que emite el motor/motorreductor • Realizar ajuste mecánico de tornillos, pernos y piezas mecánicas. 	
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar estado de las palas de coma, rotación y centrado del cepillo rotativo • Cambiar el aceite del motorreductor (Aceite especificado por fabricante) • Lubricar alineación y centrado de las transmisiones (Lubricante especificado por fabricante) • Medir resistencia del aislamiento de los devanados del motor. 	

Tabla 3 12.Mantenimiento de Bombas de recirculación de Agua caliente (Autor)

Bomba de recirculación de agua caliente		Características técnicas	
	Modelo GNI 80-16/0,75		
	Tipo: Interiores, circulación de líquidos		
	Marca: Bombas Ideal		
	Potencia: 0,55KW Corriente: 3,62A Voltaje: 460Y		
	Localidad: Parte izquierda del intercambiador, ductos de circulación de agua del termostato		
Función: Circulación de Agua caliente del termostato al intercambiador	Prioridad A		

Mantenimiento Preventivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas preventivas	Solución en caso de presentar falla
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la temperatura del motor • Comprobar ausencia de vibraciones en la bomba • Verificar con un equipo de medición la Tensión y corriente en las borneras del motor • Limpiar cúmulos de polvo de la carcasa del motor y de la placa de características • Compruebe visualmente si existen fugas de tuberías y válvulas • Comprobar ruidos diferentes al funcionamiento normal 	

Cada 3 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una inspección general de la bomba tuberías, y válvulas • Comprobar temperatura de la bomba externo e interno (Rodamiento, cojinetes) • Verificar el estado del ventilador y limpiar la hélice del ventilador • Limpiar oxido de las juntas mecánicas producido por la humedad • Verificar el estado de contaminación que contiene el lubricante (Saponificación) • Verificar si hay suficiente lubricación de la bomba, lubricar si es necesario 	
Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar estado de juntas de estanqueidad empaquetadura y cambiar si es necesario. • Comprobar desgaste camisa del eje, unión entre motor y engranajes • Comprobar alineación del motor y engranajes • Realizar ajuste mecánico de los pernos tornillos de juntas y piezas. • Reviras estado de rodamientos, sustituir si presenta desgaste • Lubricar los rodamientos según el lubricante que especifica el fabricante 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiar rodamientos del motor
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Revise el desgaste de las piezas rodantes. • Compruebe el desgaste de los aros de cierre. • Lubricar los rodamientos según el lubricante que especifica el fabricante • Medir la presión de aspiración e impulsión para comprobar la estanqueidad de las tuberías. • Realizar ajuste mecánico de tuercas y pernos • Realizar Pruebas de resistencia de aislamiento del motor • Realizar prueba de partículas para determinar posibles fisuras y fugas en la bomba y tubería • Comprobar el estado de los rodamientos y alojamiento de cojinete • Verificar estado de rodamientos (Reemplazar rodamientos si presenta desgaste) 	
Mantenimiento predictivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas predictivas	Solución en caso de presentar falla
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Medir la temperatura que emite el motor • Inspección de ruido que emite el motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión por personal especializado del fabricante del equipo • Verificar registro de datos del equipo
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas de resistencia de aislamiento de los bobinados • Realizar Pruebas de vibraciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Desmontar el motor para realizar cambio del bobinado

<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas en de partículas donde determina existencia de fisuras y posibles fugas 	<ul style="list-style-type: none"> Desmontar para realizar cambio de piezas y elementos deteriorados
--	---

Tabla 3 13 Mantenimiento de tornillos (Autor)

Tornillo centrifugas de deshidratación		Características técnicas	
	Modelos: TF-320, TIF-320, TEF-320, TC-270		
	Tipo: Interiores, presión de lodo		
	Marca: COMES		
	Potencia: 4 KW Corriente: 10,5 Voltaje: 460Y		
	Localidad: Máquina de deshidratación de fangos, canal de inyección de fangos		
Función: Lleva los lodos de la centrifuga al inyector de fangos de silo		Prioridad A	

Mantenimiento Preventivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas preventivas	Solución en caso de presentar falla
Cada semana	<ul style="list-style-type: none"> limpieza del tampón de ventilación en el motorreductor 	<ul style="list-style-type: none"> Sustituir tampón
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> Limpieza de las partes externas acumulaciones de polvo en cables de alimentación, estructura metálica Revisión visual de la estructura metálica verificar si existe problemas de corrosión desgaste o golpes. Revisión visual de estopadas, hélice transportadora y la pista de polietileno. Revisión visual de los cierres mecánicos verificar anomalías y fugas. Limpiar entradas y salidas de aire del motor 	<ul style="list-style-type: none"> Cambio de los elementos que presenten algún tipo de desgaste, corrosión.
Cada 3 meses	<ul style="list-style-type: none"> Realizar reajuste mecánico de sujeciones boca de carga, descarga, prensaestopas Lubricar el motorreductor Realizar limpieza de estopada de alojamiento y eje. Lubricar reten y revisar visualmente los extremos verificar fugas de lubricante. Realizar mediciones de corriente, tensión, potencia frecuencia, velocidad del motor Limpiar y relubricar los rodamientos del motor Comprobar la temperatura de los cojinetes del motor estos deben estar bajo 70 C. Limpiar acumulaciones de polvo, aceite y residuos del motor. 	<ul style="list-style-type: none"> Sustituir estopada y reten Sustituir rodamientos

Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Relleno de aceite en el motorreductor • Verificar el estado del brazo de reacción 	<ul style="list-style-type: none"> • Sustituir elementos brazo de reacción
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Reajuste de los sellos mecánicos • Cambiar los rodamientos del motor 	
Mantenimiento predictivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas predictivas	Solución en caso de presentar falla
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar prueba de resistencia de aislamiento esta debe estar superior a 2 Mohm • Realizar Pruebas de vibraciones • Realizar pruebas en de partículas donde determina existencia de fisuras y posibles fugas 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar mantenimiento, contratación de servicio especial para cambio de estator (Bobinado) • Desmontar el motor para realizar cambio del bobinado • Desmontar para realizar cambio de piezas y elementos con defectos
Cada 5 años	<ul style="list-style-type: none"> • Sustituir aceite, anillos de retención y Juntas estanqueidad 	Revisión completa del motorreductor
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Medir la temperatura que emite el motor • Inspección de ruido que emite el motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión por personal especializado del fabricante del equipo analizar los datos registrados.

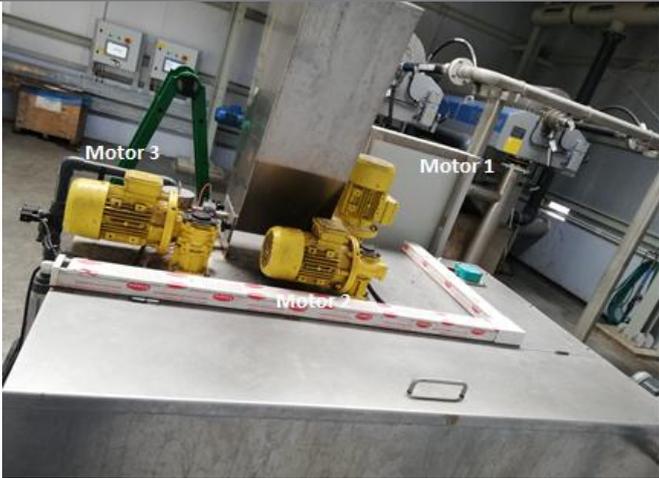
Tabla 3 14Mantenimiento de Bomba dosificadora polielectrolito (Autor)

Bomba dosificadora polielectrolito 1	Características técnicas
	Modelo: NM021BY01P05B
	Tipo: Interiores, Circulación de Líquidos
	Marca: NETZSCH
	Potencia: 0,75 KW Corriente: 2,70A Voltaje: (265delta-460Y)V
	Función: Bomba encargada de inyección de polímeros para la máquina de dosificadora
Localidad: Ducto de circulación para inyección de polímeros. Parte posterior derecha del edificio de centrifugas.	Prioridad: A

Mantenimiento Preventivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas preventivas	Solución en caso de presentar falla
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar la alimentación del motor que está bajo condiciones de la placa de características • Verificar emisión de ruidos o vibraciones diferentes a su funcionamiento normal • Verificar de temperatura debe estar bajo 60 °C 	<ul style="list-style-type: none"> • Desmontaje del motor para sustituir el estator o bobinado • Ajustar sellos mecánicos anillos y empaquetadura

	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar cúmulos de polvo externas (Placa de características, carcasa, bomba) • Verificar fugas de la tubería o bomba 	
Cada 3 mese	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar la bomba sedimentos y partículas incrustadas en la superficie • Reajuste mecánico de partes y piezas • Engrase de bulón • Limpieza de caja y cables de alimentación 	
Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza total de la bomba Tornillo (Piezas y partes) • Alinear y lubricar el eje de entrada • Lubricar rodamientos del motor y engranajes mecánicos, • Verificar el estado de las juntas de estanqueidad y empaquetaduras, anillo linterna. • Cambiar el lubricador automático del reductor y limpiar restos • Comprobar el nivel de aceite del reductor 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza total de la cámara de empaquetadura • Sustituir casquillos y ejes
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiar rodamientos del motor • Verificar el estado de los alojamientos de cojinetes 	<ul style="list-style-type: none"> •
Mantenimiento predictivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas predictivas	Solución en caso de presentar falla
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de funcionamiento de la bomba tornillo • Comprobar resistencia de aislamiento de la máquina • Verificar el estado del retén del eje 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiar el retén del eje • Desmontaje de la bomba tornillo para reemplazar el estator
Cada 4 años	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiar el lubricante del reductor • Revisión general del motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar mantenimiento Overhaul

Tabla 3 15 Mantenimiento de Bomba dosificadora polielectrolito (Autor)

Bomba dosificadora cloruro	Características técnicas
	Modelo: APX-1500-TTSS
	Tipo: Interiores
	Marca: SDM
	Potencia: (0,37+0,37+0,25) KW
	Corriente: (2,42+2,42 +2,42) A Voltaje: (265Delta-460Y) V
Función:	
Motor 1 Controla la caída del polímero en el tanque y los motores 2 y 3 realizan la mezcla, movimiento de los agitadores.	
Localidad: Edificio de centrifugas	Prioridad: B

Mantenimiento Preventivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas preventivas	Solución en caso de presentar falla
Cada semana	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar con un equipo de medición la alimentación del motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Suministrar energía valores de energía especificados por la

	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar cúmulos de polvo, grasa y aceites de los motores • Verificar la bomba emite ruidos diferentes a su función normal • Verificar la temperatura que emiten los motores • Comprobar existencia de vibraciones 	<p>placa de características de los motores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desmontaje del motor con defecto para revisión interna ¿, Revisar registro de datos de vida
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar los filtros instalados antes de las válvulas y tuberías • Verificar el estado de reductor de presión, válvulas y caudalímetro • Limpiar colectores • Inspección visual del caudalímetro, llevar registro de datos 	<ul style="list-style-type: none"> • Sustituir filtros que presenten deterioro • Sustituir válvula solenoide con defecto(caudalímetro) • Sustituir piezas por originales del fabricante
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar ajuste mecánico de piezas y partes • Cambiar de aceite lubricante • Revisar el estado de los rodamientos 	<ul style="list-style-type: none"> • Sustituir rodamientos con defecto • Cambiar juntas de estanqueidad

Mantenimiento predictivo

Periodo de mantenimiento	Tareas predictivas	Solución en caso de presentar falla
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar prueba de resistencia de aislamiento esta debe estar superior a 2Mohm • Realizar Pruebas de vibraciones • Realizar pruebas en de partículas donde determina existencia de fisuras y posibles fugas 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar mantenimiento, contratación de servicio especial para cambio de estator (Bobinado) • Desmontar el motor para realizar cambio del bobinado
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Medir la temperatura que emite el motor • Inspección de ruido que emite el motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión por personal especializado del fabricante del equipo analizar los datos registrados.

Tabla 3 16 Mantenimiento de Bomba dosificadora cloruro férrico (Autor)

Bomba dosificadora cloruro férrico	Características técnicas
	Modelo: GA10P1T3LS
	Tipo: Interiores
	Marca: SDM
	Potencia: 0,12 KW Corriente: 0,42A Voltaje: (380Delta-460Y)V
	Función: Mezclar los polímeros con el agua tratada que proviene de la centrifuga (Purificación)
Localidad: Edificio intermedio de centrifugas y caldera, parte posterior	Prioridad B

Mantenimiento Preventivo

Periodo de mantenimiento	Tareas preventivas	Solución en caso de presentar falla

Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar con un equipo de medición la alimentación del motor • Limpiar cúmulos de polvo, grasa y aceites • Inspección visual de la bomba verificar fugas o anomalías evidentes • Verificar la bomba emite ruidos diferentes a su función normal • Verificar la temperatura que emite el motor • Comprobar el motor/reductor no emita vibraciones 	
Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza total de la bomba Tornillo (Piezas y partes) • Realizar ajuste mecánico de pernos tuercas y piezas • Verificar el estado de las juntas de estanqueidad y empaquetaduras • Limpiar caja y cables de alimentación • Limpiar caja y cables de alimentación • Verificar el estado de válvulas y filtros 	
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiar rodamientos del motor • Verificar el estado del alojamiento de cojinete • Revisar el nivel de aceite o cambiar de aceite lubricante • Realizar pruebas de resistencia de aislamiento a las bobinas del motor 	
Mantenimiento predictivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas predictivas	Solución en caso de presentar falla
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar prueba de resistencia de aislamiento esta debe estar superior a 2Mohm • Realizar Pruebas de vibraciones Realizar pruebas en de partículas donde determina existencia de fisuras y posibles fugas 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar mantenimiento, contratación de servicio especial para cambio de estator (Bobinado) • Desmontar el motor para realizar cambio del bobinado
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Medir la temperatura que emite el motor • Inspección de ruido que emite el motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión por personal especializado del fabricante del equipo analizar los datos registrados.

Tabla 3 17Mantenimiento de Espesador de fangos (Autor)

Espesador de fangos	Características técnicas
	Modelo: EP-009.AC
	Tipo: Exteriores
	Marca: ESTRUAGUA
	Potencia: 1,1 KW Corriente: 1,45A Voltaje: (265Delta-460Y)V
	Función: Preparación de lodos para el proceso de producción de gas



Localidad:
Espesador de fangos,
parte superior

Prioridad:
A

Mantenimiento Preventivo

Mantenimiento Preventivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas preventivas	Solución en caso de presentar falla
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar con un equipo de medición la alimentación • Limpiar cúmulos de polvo, grasa y aceites • Inspección visual de la bomba verificar fugas o anomalías evidentes • Verificar la bomba emite ruidos diferentes a su función • Verificar la temperatura que emite el motor/reductor • Comprobar el motor/reductor no emita vibraciones • Revisar y engrasar cojinetes de campana central 	
Cada 3 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de la temperatura del aceite y el grado de suciedad del motor/reductor • Comprobar nivel de aceite, del motor/reductor • Verificar el motor/reductor (fugas de aceite o deterioro evidente) 	
Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar limpieza general del reductor • Comprobar ruidos no normales en el motor/reductor. 	
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar el estado de las gomas de arrastre • Comprobar el estado de los rodamientos/engranajes • Verificar el control de bloqueo de los conjuntos y fijación • Realizar apriete mecánico de las juntas de estanqueidad 	
Mantenimiento predictivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas predictivas	Solución en caso de presentar falla
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar prueba de resistencia de aislamiento esta debe estar superior a 2Mohm • Realizar Pruebas de vibraciones <p>Realizar pruebas en de partículas donde determina existencia de fisuras y posibles fugas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar mantenimiento, contratación de servicio especial para cambio de estator (Bobinado)
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Medir la temperatura que emite el motor <p>Inspección de ruido que emite el motor</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión por personal especializado del fabricante del equipo analizar los datos registrados.

Tabla 3 18Mantenimiento de Módulo de generación (Autor)

Módulo de generación	Características técnicas	
	Modelo: FGLD 180	
	Tipo: Interiores	
	Marca: DRESSER-RAND	
	Potencia: 37 KW	
	Función: Generación de un porcentaje de energía eléctrica para la planta	
	Localidad: Sala de cogeneración	Prioridad: A

Mantenimiento Preventivo-Predictivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas preventivas	Solución en caso de presentar falla
Diario	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de aceite GUASCO MOTOR (Cárter y enfriador) • Cambio filtros de aceite • Realizar análisis de aceite usado • Limpieza del filtro centrifugo aceite y cambio de camisa de papel • Revisar el estado del filtro de rampa de gas • Comprobar el nivel de líquido refrigerante, verificar que no hay burbujas de aire o vapor en los circuitos, controlar la calidad del agua y porcentaje de glicol • Verificar el nivel de aceite del motor • Llevar un registro de los valores emitidos de presión, niveles, energía generada • Realizar limpieza de cúmulos de polvo o grasa del motor con desengrasantes o vapor • Limpiar e inspeccionar el estado de conexiones eléctricas del motor • Verificar y llevar un registro de datos de temperatura del amortiguador de vibraciones • Verificar el sistema de carburación y admisión de mezcla (compresor, intercalar y colector de admisión) • Ajuste mecánico de bridas, abrazaderas, bornas de baterías, conectores acoplamiento elásticos soportes de filtros de aire, tuberías de escape, tuberías de aceite • Verificar temperatura de amortiguador de vibraciones medida 	<ul style="list-style-type: none"> • Si existe burbujas de aire en el circuito de refrigeración se debe purgar manualmente • Realizar medición del nivel del cárter (con válvula de aporte cerrada) • Realizar un análisis de tendencia de los datos tomados del módulo. • Realizar limpieza del sistema de carburación y admisión de mezcla • Sustituir piezas o partes que presenten desgaste por originales del fabricante
Cada semana	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual de fugas de aceites lubricantes de tuberías válvulas tapones • Comprobar el estado estanquidad de la varilla de nivel • Inspección visual de fugas de agua refrigerante comprobar tuberías, manguitos, conexiones • Comprobar existencia de fugas en el circuito de gas • Comprobar huelgos en las rótulas de las varillas de regulación de velocidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Apretar tapones realizar ajuste de tuberías para eliminar las fugas de aceites lubricantes • Sustituir Piezas o partes por originales del fabricante • Reapretar o sustituir juntas de estanquidad (Fugas de gas)

	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de sondas de presión y temperatura del sistema de control, comprobar presión y temperatura • Verificar existencia de fugas en el circuito de admisión y escape • Limpieza de malla metálica del respiradero de gases del cárter • Cambiar filtros de aceite si presenta deterioro 	<ul style="list-style-type: none"> • Engrasar y ajustar rótulas de las varillas del regulador
Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de la carburación • Verificar filtros de aire • Reglaje de balancines y empujadores, medir la altura de válvulas • Revisar los elementos de seguridad y conexiones (Termocontactos y manocontactos) • Verificar el nivel de líquido de las baterías • Limpieza del circuito de recirculación de gases del cárter y cambio de cartucho 	<ul style="list-style-type: none"> • Calibrar el sistema de carburación • Sustituir partes o piezas que presenten deterioro o defecto del sistema de seguridad • Rellenar líquido de las baterías o sustituir baterías.
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar el avance al encendido • Verificar la temperatura emitida por el amortiguador de vibraciones • Cambiar filtros de aire • Verificar el estado de las juntas de tapas de balancines • Desmontar, limpiar y ajustar la distancia de todos los captadores de velocidad y encendido • Medida de contrapresión en escape • Cambiar el líquido refrigerante • Verificación del par de apriete de los sensores de detección de detonación en cabeza de esparrago • Revisión de la holgura axial, holgura radial y estado de los alabes de los turbocompresores 	<ul style="list-style-type: none"> • Si presenta un defecto sustituir el amortiguador de presiones • Sustituir partes o piezas del módulo por originales del fabricante • Realizar apriete de sensores de detección (20Nm)
Cada 3 años	<ul style="list-style-type: none"> • Reacondicionar culatas del módulo • Inspección visual del desgaste de camisas • Limpiar los pistones y apoyo de la culata en bloque • Revisar el sistema de cargabaterías del alternador • Revisar el estado y limpiar el circuito de admisión (salida de filtros de aire hasta intercooler) • Limpiar el cárter de aceite y verificar el estado o algún defecto • Cambiar el termostato de aceite (solo motor V) • Revisar y limpiar el sistema de refrigeración y cambio de juntas del intercambiador 	

Tabla 3 19Mantenimiento de Compuerta de descarga (Autor)

Tajadera de descarga	Características técnicas
	Modelo: MI80 A 60/1 PAM 19/200
	Tipo: Interiores
	Marca: MACUSA



Potencia: 1,1 KW **Corriente:** 2,40A **Voltaje:** (220delta-380Y)V

Función:

Este equipo se encarga de abrir la válvula del silo de fangos y control de descarga de lodos.

Localidad:

Compuerta silo

Prioridad:

B

Mantenimiento Preventivo

Periodo de mantenimiento	Tareas preventivas	Solución en caso de presentar falla
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> Comprobar con un equipo de medición la alimentación del motor Limpiar cúmulos de polvo, grasa y aceites Inspección visual de la bomba verificar fugas o defectos Verificar la bomba emite ruidos diferentes a su función Verificar la temperatura que emite el motor/motorreductor Comprobar el motor/reductor no emita vibraciones Revisar el nivel de aceite del motor/reductor 	
Cada 3 meses	<ul style="list-style-type: none"> Identificar Ruidos o vibraciones extrañas del equipo Comprobar la temperatura que emite el motor y reductor Revisar el nivel de lubricación en el equipo. Revisar nivel de aceite en el reductor/variador. Inspeccionar visualmente el estado de la prensa-estopa y retenes. Medir corriente y voltaje en las borneras del equipo. 	
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> Verificar estado de anillos de retención, juntas Lubricar rodamientos del motor y engranajes Lubricar el reductor/variador (Lubricar con especificaciones de fabricante). Medir resistencia de aislamiento de los devanados del motor. Realizar ajuste mecánico del equipo en general Realizar limpieza general del reductor 	

Mantenimiento predictivo

Periodo de mantenimiento	Tareas predictivas	Solución en caso de presentar falla
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> Realizar prueba de resistencia de aislamiento esta debe estar superior a 2Mohm Realizar Pruebas de vibraciones 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar mantenimiento, contratación de servicio especial para cambio de estator (Bobinado)
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> Medir la temperatura que emite el motor Inspección de ruido que emite el motor 	<ul style="list-style-type: none"> Revisión por personal especializado del fabricante del equipo analizar los datos registrados.

Tabla 3 20 Mantenimiento de Agitador digestor de fangos (Autor)

Agitador digestor de fangos	Características técnicas
	Modelo: VPD-9.2-7.7-4500
	Tipo: EXTERIORES
	Marca: G&G INGENIEROS
	Potencia: 9,2KW Corriente: 16,60A
	Voltaje: 460V
	Función: Espesar el lodo del depósito tampón para enviar a cuarto de deshidratación
Localidad: Digestor anaerobio	Prioridad A

Mantenimiento Preventivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas preventivas	Solución en caso de presentar falla
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> Comprobar con un equipo de medición la alimentación del motor Limpiar cúmulos de polvo, grasa y aceites Verificar si existe vibraciones en la carcasa y rodamientos. Inspección visual de la bomba verificar fugas o anomalías evidentes Verificar la bomba emite ruidos diferentes a su función normal Verificar la temperatura que emite la moto/reductor Comprobar el motor/reductor no emita vibraciones Revisar el nivel de aceite del motor/reductor 	<ul style="list-style-type: none"> Si existen vibraciones verificar los rodamientos y lubricación del motor. Si se calienta demasiado
Cada 3 meses	<ul style="list-style-type: none"> Verificación de la temperatura del aceite y el grado de suciedad. Comprobar los niveles de aceite si se encuentran en el grado de calibración Verificar la ventilación, obstrucción y agarrotamiento Limpiar el ventilador verificar ventilador. Verificar el motorreductor (fugas de aceite, oxidación, ajuste mecánico) 	<ul style="list-style-type: none"> Cambiar el aceite de del motorreductor Desmontar para realizar cambios de hélice, comprobar resistencia de aislamiento de bobinados
Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> Realizar limpieza general del motor/reductor Comprobar ruidos no normales en el motor/reductor Revisión visual de adaptador de control de fugas 	
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> Reajuste mecánico de los pares de apriete de tornillos y tuercas. Comprobar el estado de los rodamientos cojinetes Verificar el control de bloqueo de los conjuntos y fijación Comprobar la holgura angular de la hélice 	<ul style="list-style-type: none">
Mantenimiento predictivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas predictivas	Solución en caso de presentar falla
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> Realizar prueba de resistencia de aislamiento esta debe estar superior a 2Mohm Realizar Pruebas de vibraciones Control del nivel de aceite en cárter del reductor 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar mantenimiento, contratación de servicio especial para cambio de estator (Bobinado)
Cada 2 años	<ul style="list-style-type: none"> Cambio de aceite del reductor 	

Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Medir la temperatura que emite el motor • Inspección de ruido que emite el motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión por personal especializado del fabricante del equipo analizar los datos registrados.
Cada 3 años	<ul style="list-style-type: none"> • Sustituir reten 	

Tabla 3 21Mantenimiento de Volteador de fangos (Autor)

Volteador de fangos	Características técnicas
	Modelo: SOLSTICE SRT 11x80
	Tipo: EXTERIORES
	Marca: HUBER
	Potencia: (2x2,2+3+0,5) KW
	Voltaje: (380D-500Y) V
	Función: Esparcimiento de los lodos para el secado solar
Localidad: Edas de secado	Prioridad B

Mantenimiento Preventivo		
Periodo de mantenimiento	Tareas preventivas	Solución en caso de presentar falla
Cada semana	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar limpieza de la pista de rodadura • Inspección visual de piñones, • Realizar engrase del cojinete del eje motriz eje de elevación y tambor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar limpieza y engrase de piñones
Cada mes	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas de funcionamiento al sistema de parada de emergencia del equipo • Realizar limpieza y verificar el estado de cadenas, piñones y tapas • Comprobar tensión de cadena si es necesario realizar ajuste de esta • Realizar limpieza de marcos laterales, eliminar residuos fibrosos, cúmulos de polvo • Comprobar emisiones de ruido en las ruedas cadenas 	

Cada 3 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas de funcionamiento a sensores • Verificar el movimiento de translación del volteador de fangos • Engrasare de cadenas • Limpieza e inspección visual del cuadro eléctrico y ventilador • Realizar limpieza cúmulos de polvo de los sensores (evitar limpiar con agua o rayar) • Comprobar anclajes del volteador de fangos 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de sensores con aire comprimido o aspiradores
Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas de funcionamiento y medición a al relé de sobre corrientes para evitar sobrecargas y sobreintensidades. • Limpieza y comprobación de desgaste, elongación y distancias de la cadena • Realizar limpieza de los ventiladores de los motores • Comprobar el estado de las ruedas • Comprobar estado y soldadura del bastidor del sistema de traslación • Comprobar el funcionamiento de las sondas de posición 	<ul style="list-style-type: none"> • Sustituir el relé de sobre corrientes • Reajustar las cadenas • Sustituir cadena • Si las ruedas presentan desgaste contactar servicio de HUBER
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas de funcionamiento al interruptor principal del equipo • Realizar pruebas de funcionamiento, mediciones e inspecciones visuales de control de la planta completa 	

Mantenimiento predictivo

Periodo de mantenimiento	Tareas predictivas	Solución en caso de presentar falla
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas de sonido el nivel de emisión de sonido es bajo a 70 dB • Realizar pruebas de resistencia de aislamiento de los motores 	<ul style="list-style-type: none"> • Contactar servicio técnico de HUBER para mantenimiento
Cada dos años	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar cambio de aceite del motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Contactar servicio técnico de HUBER para mantenimiento

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

- En esta investigación se utilizó diferentes fuentes bibliográficas que sirvió como sustento para aplicar las metodologías y procedimientos técnicos para realizar los distintos tipos de mantenimiento acorde a la función que desempeña cada uno de los equipos
- El trabajo se realizó mediante una investigación de campo localizando cada equipo sus características técnicas, funcionamiento, condiciones ambientales y de operación a las cuales está expuesto el equipo, se realizó una identificación y diagnóstico de las refacciones de la maquina fundamentales en las que se debe realizar el mantenimiento.
- El diseño del plan de mantenimiento se desarrolló para que cubran con tareas previamente planificadas de prevención y predicción para cada equipo, especificando frecuencias con herramientas e instrumentos de medición que debe emplear en las tareas el técnico.
- El programa de mantenimiento incluye tareas predictivas que conllevan un control y registro de datos variables de voltaje, presión, temperatura, intensidad de corriente, ruido, vibraciones estado y nivel del aceite y el sistema de lubricación, los cuales ayuden al técnico a determinar el estado de los equipos por medio de análisis de estos, para una actuación previa para efectuar el mantenimiento.
- Los equipos fueron clasificados por la criticidad que lleva cada uno la importancia y el impacto en el proceso del tratamiento de lodos de manera que se pudo establecer los tiempos de trabajos y las tareas más convenientes en partes específicas del equipo y estos puedan operar de manera óptima.
- La integración de este plan de mantenimiento ayuda al sistema a mejorar la confiabilidad, disponibilidad y efectividad de los equipos electromecánicos, al igual que la agiliza el proceso de mantenibilidad por medio de anticipación de recursos, tiempo, espacio para la ejecución de las rutinas establecidas.
- El cronograma de actividades que fueron delineados en este trabajo ayudo a complementar el sistema general de mantenimiento de la PTAR-I, las tareas indicadas se juntó en un documento existente Excel de manera que facilite el

trabajo de los técnicos ayudando a dar soluciones generales de defectos y y problemas posibles en los equipos de la línea de lodos

4.2. Recomendaciones

- En cada sección de mantenimiento es necesario llevar un registro de datos tomados de los equipos y analizar la tendencia de curva de los mismo para poder pronosticar un diagnostico acertado en los equipos.
- El programa de mantenimiento debe ser actualizado cuando los equipos llevan larga vida de funcionamiento aparecerá nuevas fallas o piezas defectuosas, el programa puede ser modificado los tiempos de tareas a conveniencia de los equipos electromecánicos, agregar tareas que ayude la mejoría de estos.
- Los mantenimientos ejecutados deben ser realizados por personal calificado o servicio del fabricante de esta manera mejora la confiabilidad de operación de los equipos y que estos cubran la garantía, además los repuestos deben ser originales del fabricante para no alterar el funcionamiento.
- Los repuestos y recursos de reemplazo de los equipos deben ser gestionados con previo tiempo para evitar paradas extensas del equipo, igualmente la selección del personal y herramientas necesarias para ejecutar el trabajo de mantenimiento.
- Un mantenimiento efectivo no solo depende de un programa con tareas, este igualmente depende del personal que opera en la planta, es necesario que ellos contengan conocimientos previos del funcionamiento del sistema y actualización de información.
- Los equipos electromecánicos si llevan tiempo largo operando (años) estos tienden a disminuir la confiabilidad ya que existen cambios y deterioro, para ello es necesario realizar un mantenimiento Overhaul con el cual se mejorará considerablemente.
- Es importante conservar el estado de las herramientas, para ello después de cada trabajo es necesario realizar limpieza, desengrase y verificar el estado, igualmente se debe llevar un orden e inventario de las mismas para facilitar la asignación en los trabajos de mantenimiento.

Referencias

- Arata, A. A. (2009). Ingeniería y Gestión de la Confiabilidad Operacional en las Plantas Industriales. Santiago de Chile: Ril editores.
- Ballesteros, R. F. (2016). La Estrategia Predictiva en el Mantenimiento Industrial (Vol. Nº. 23). Preditécnico Grupo Alava. Obtenido de <http://www.preditec.com/notas-tecnicas/gestion-y-fiabilidad-del-mantenimiento/la-estrategia-predictiva-en-el-mantenimiento-industrial/>
- Cuatrecasas, A. L. (2012). Gestión del mantenimiento de los equipos productivos. Madrid: Ediciones Díaz de Santos. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/utnortesp/detail.action?docID=3229295>.
- Dounce, E. V. (2014). La Productividad en el Mantenimiento Industrial. Mexico: CECSA.
- Duffuaa, S., Raouf, A., & Campbell, J. (2007). Sistemas de Mantenimiento Planeacion y Control. Mexico: Limnusa.
- Flechas Villamil, J. (2013). Recomendaciones para mantenimiento eléctrico de subestaciones de media y baja tensión. GENELEC DE COLOMBIA S.A.S. Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwic047Z3qDhAhUqqlkKHTSQD9sQFjAAegQIAhAC&url=https%3A%2F%2Fwww.isagen.com.co%2FSitioWeb%2Fdelegate%2Fdocumentos%2Fpublicaciones-tecnicas%2F2013%2Fboletin-abril.pdf&usg>
- Garcia, S. G. (2010). Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. Madrid: Díaz de Santos.
- Gil, G. (2016). Mantenimiento Electromecánico en industrias de proceso. España: Síntesis.
- Gill, P. (2009). Equipos de Energía Eléctrica, Mantenimiento y Pruebas. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, LLC.
- González, F. J. (2007). Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado. Madrid: Fundación Confemetal.
- Haidar, A. H. (2016). Reliability Centered Maintenance. Tesis de Maestría. Universidad de Tecnología de Luleå, Suecia.
- Huerta Mendoza, R. (2000). El Análisis de Criticidad, una Metodología para mejorar la Confiabilidad Operacional. Ingeniería mecánica (La Habana), 3, 13-19.
- IEEE. (1998). Guía IEEE para el mantenimiento, la operación y la seguridad de sistemas eléctricos industriales y comerciales (Vol. SH94676). Nueva York: IEEE Std 902-1998.
- IntegraMarkets. (2018). gestión y planificación de mantenimiento industrial. Lima: Grupo América Factorial S.A.C.
- Jiménez Vergara, J. (2010). Tácticas de Mantenimiento. Trabajo de Grado. Universidad EAFIT, Medellín.
- Keith, R. (2004). Fundamentos de Mantenimiento. Oxford: Elsevier Butterworth–Heinemann.
- Llamuca, D. (13 de 12 de 2017). ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES STAR-PARAÍSO, UBICADA EN SANTO

- DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8269>
- Matos, G., Tunarozza, A., Martínez, J. A., Ávila, E., Bolívar, D., Bravo, E., . . . Fernández, N. (2015). Mantenimiento para la unidad curricular Gerencia de Bienes y Servicios. Trabajo de Maestría. Universidad Nororiental Gran Mariscal de Ayacucho, Caracas.
- Medrano, M. J., González, A. V., & Díaz de León, S. V. (2017). Mantenimiento Técnicas y Aplicaciones Industriales. Mexico: Patria.
- Miralles, J., & Zubiaurre, J. (2015). Electricista de Mantenimiento. Colombia: Cano Pina, S.L.- Ediciones Ceysa.
- Moran, G. L. (2009). Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. Mexico: Alfaomega Grupo Editor.
- Navarro, E. L., Pastor, T. A., & Magaburu, L. J. (1997). Gestión Integral de mantenimiento. Marcombo. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/utnortesp/detail.action?docID=3185475>.
- Ortiz, U. A., Rodríguez, M. C., & Izquierdo, H. (2013). Gestión de mantenimiento en pymes industriales. Revista Venezolana de Gerencia, 18 (61), 86-104.(Nº 61), 86-104.
- Palmer, R. (2005). Maintenance Planning and Scheduling Handbook.
- Pascual, D. R. (2002). Manual del ingeniero de mantenimiento. Santiago de Chile, Chile: Departamento de Ing. Mecánica. Universidad de Chile.
- Poveda Guevara, A., & Martínez Lozano, I. (2012). Aplicación de la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad para el desarrollo de planes de mantenimiento. Repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/20586>
- Prado, R. R. (1996). Manual de Gestión de Mantenimiento a la Medida. San Salvador: Piedra Santa.
- Prat Planas, M. (2014). Análisis de fiabilidad, criticidad, disponibilidad, mantenibilidad y Seguridad de una impresora digital industrial. Trabajo de Grado. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2099.1/23229>
- Sacristán, F. R. (2000). Manual del Mantenimiento Integral en la Empresa. España: Fundación Confemetal.
- Sanmartín Quizhpi, J., & Quezada Tocto, M. (2014). Propuesta de un sistema de gestión para el mantenimiento de la empresa cerámica andina C.A. Tesis de Grado. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8944>
- Tavares, L. A. (2000). Administración Moderna del Mantenimiento. Brasil: Novo Polo Publicación.
- Vilardell, E. N. (2013). Mantenimiento industrial práctico. Cataluña: Fidestec.

5. Anexos

Anexo A Plano Planta de Tratamientos de Aguas Residuales Ibarra (PTAR-I)



Hoja de vida de los equipos electromecánicos

Sección y localidad: _____ Marca: _____

Tipo de mantenimiento: _____

Fecha de mantenimiento: _____

Código: _____ Potencia: _____

Localidad: _____

Jefe de la PTAR-I

Técnico de Mantenimiento 1

Técnico de mantenimiento 2

Equipo Electromecánico	Detalles del mantenimiento	Herramientas	Equipos de medición

Observaciones: _____

Anexo C Hoja de registro de datos de los equipos electromecánicos

Planta de tratamientos de aguas residuales de Ibarra



Hoja de vida de los equipos electromecánicos

Sección y localidad: _____ Marca: _____

Tipo de mantenimiento: _____

Fecha de mantenimiento: _____

Código: _____ Potencia: _____

Localidad: _____

Equipo electromecánico: _____

Jefe de la PTAR-I

Técnico de Mantenimiento 1

Técnico de mantenimiento 2

Magnitudes	Valores	Detalles
Temperatura (°C)		
Ruido (dB)		
Vibración (Hz)		
Presión (Pa/bar)		
Potencia (kW)		
Voltaje (V)		
Intensidad (A)		

Observaciones: _____

Anexo D Información técnica quipos electromecánicos de la línea de lodos PTAR-I

EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS -LÍNEA DE FANGOS- DE LA PTAR-I												
ID	LOCALIDAD	SECCIÓN	UBICACIÓN	CÓDIGO	NOMBRE DEL EQUIPO	MARCA	MODELO	N° SERIE DEL EQUIPO/MOTOTR	AÑO	POTENCIA	N° MOTORES	FUNCIÓN O APLICACIÓN DEL EQUIPO
Arqueta de Reparto												
1	Línea de fangos	Arqueta de reparto	Piso parte izquierda, planta subterránea	BC-394-04/05/06	Bomba fangos secundarios	Bombas Ideal	RN 250-250	1031925678	2016	75	1	Recirculación de lodo del decantador secundario al reactor biológico
2	Línea de fangos	Arqueta de reparto	Piso parte izquierda, planta subterránea	BC-394-04/05/06	Bomba fangos secundarios	Bombas Ideal	RN 250-250	1031925677	2016	75	1	Recirculación de lodo del decantador secundario al reactor biológico
3	Línea de fangos	Arqueta de reparto	Piso parte izquierda, planta subterránea	BC-394-04/05/06	Bomba fangos secundarios	Bombas Ideal	RN 250-250	1031925676	2016	75	1	Recirculación de lodo del decantador secundario al reactor biológico
4	Línea de fangos	Arqueta de reparto	Piso parte media, planta subterránea	BC-394-01/02/03	Bomba fangos primarios y fangos en exceso	Bombas Ideal	ARSH 80-20S RV	1030861127	2016	4	1	Purga de lodo
5	Línea de fangos	Arqueta de reparto	Piso parte media, planta subterránea	BC-394-01/02/03	Bomba fangos primarios y fangos en exceso	Bombas Ideal	ARSH 80-20S RV	1030861128	2016	4	1	Purga de lodo
6	Línea de fangos	Arqueta de reparto	Piso parte media, planta subterránea	BC-394-01/02/03	Bomba fangos primarios y fangos en exceso	Bombas Ideal	ARSH 80-20S RV	1030727859	2016	4	1	Purga de lodo
7	Línea de fangos	Arqueta de reparto	Piso parte derecha, planta subterránea	BP-520-01	Bombas de impulsión aguas de servicio	Bombas Ideal	HYDRO 3NLX 15/5	1821001-001-001 1821001-001-002 1821001-001-003	2016	3x7,5	3	Bombeo agua de servicio
8	Línea de fangos	Arqueta de reparto	Arqueta de reparto ducto de ventilación	QO-561-02	Ventilador tratamiento olores línea de fangos	Bombas Ideal	ELP 250-D	3G1T160300031841AP	2016	4		Lavado de aire
Ede tamizado												
9	Línea de fangos	Ede Tamizado	Techo, Sala de tamizado	QP-705-01	Polipasto edificio de tamizado	EXMATRA	ER2M020L-S	784529 852215	2016	1,8+0,4	2	Carga y descarga de los Equipos electromecánicos y contenedores del edificio de tamizado

10	Línea de fangos	Ede Tamizado	Parte superior, en el piso lado izquierdo de tamiz	LL-705-01	Tornillo compactador tamiz fangos primarios	COMES	TC-270	1032200224	2016	2,2	1	Transporta los lodos separados del tamiz a contenedores
11	Línea de fangos	Ede Tamizado	Parte superior, acoplado al lado izquierdo de Tamiz	DTR-705-01	Tamiz de fangos primarios	ESTRUAGUA	RMS-610.96	1508-010	2016	0,55	1	Retiene los residuos de agua y separa lodos.
12	Línea de fangos	Ede Tamizado	Planta Baja, en el piso Lado izquierdo	BT-725-03/04	Bomba de fangos a espesador 1	NETZSCH	NM038BY01L06B	23106847	2016	1,5	1	Transporta los lodos de fangos a espesador
13	Línea de fangos	Ede Tamizado	Planta Baja, en el piso Lado izquierdo	BT-725-03/04	Bomba de fangos a espesador 2	NETZSCH	NM038BY01L06B	23106848	2016	1,5	1	Transporta los lodos de fangos a espesador
14	Línea de fangos	Ede Tamizado	Planta Baja, en el piso Lado derecho	BT-725-01/02	bombas de fangos a digestión 1	NETZSCH	NM063BY01P05B	23101090	2016	7,5	1	Circula los lodos de fangos a digestor
15	Línea de fangos	Ede Tamizado	Planta Baja, en el piso Lado derecho	BT-725-01/02	bombas de fangos a digestión 2	NETZSCH	NM063BY01P05B	23101089	2016	7,5	1	Circula los lodos de fangos a digestor
16	Línea de fangos	Ede Tamizado	Depósito de mezcla Ede tamiz	AF-725-02/04	Agitador depósito de homogeneización	SULZER	XRW2121-PA18/4-EC-D61*10	S/N Obtener	2016	1,8	1	Mezcla de lodos para el tratamiento

Cogeneración

17	Línea de fangos	Cogeneración	Techo sala de cogeneración	QP-795-01	Polipasto sala de cogeneración	ELEKTRA	ER2M050S-S	4U147 1 751	2016	0,75	2	carga y transporte de Equipos electromecánicos de la sala de calefacción
18	Línea de fangos	Cogeneración	Sala de cogeneración, parte posterior	QV-795-01/02	Ventilador sala de cogeneración	ELEKTRA	HCFT/4-1000/L-X*440/485V60* V5	1029914500	2016	3,57	1	Extracción de calor de la sala de cogeneración
19	Línea de fangos	Cogeneración	Sala de cogeneración	YM-795-01	Módulo de Cogeneración	DRESSER-RAND	FGLD 180	253.311	2016	37	1	Generación eléctrica

Caldera

20	Línea de fangos	Caldera	Sala de calefacción, empotrado a la pared izquierda	BP-748-01	Grupo de presión de gasóleo	TEKENER	GP-130 N	1806197-001-039	2016	0,29	1	: Inyecta el gas necesario para la combustión en la caldera
21	Línea de fangos	Caldera	Caldera, sala de calefacción	GC-745-01	Quemador mixto de gas o gasóleo	TEKENER	TK 5/70 K2	824304	2016	1,5	1	Genera la llama para la combustión de gases,
22	Línea de fangos	Caldera	Pared Parte posterior, edificio de Calefacción	QV-745-01/02	Ventilador- Extractor sala calefacción de fangos 1	ELEKTRA	HCFT/4-1000/L X*440/485V60* V5	1032042383	2016	3	1	Extracción de calor de la sala de calefacción de fangos
23	Línea de fangos	Caldera	Pared Parte posterior, edificio de Calefacción	QV-745-01/02	Ventilador- Extractor sala calefacción de fangos 2	ELEKTRA	HCFT/4-1000/L X*440/485V60* V5	1032042380	2016	3	1	Extracción de calor de la sala de calefacción de fangos
24	Línea de fangos	Caldera	Techo, sala de calefacción de fangos	QP-745-01	Polipasto sala de calefacción de fangos	ELEKTRA	ER2M020L-S	784529 852315	2016	1,8+0,4	2	Carga y transporte de los equipos de la sala de calefacción
25	Línea de fangos	Caldera	Parte derecha del intercambiador, ductos de recirculación de fangos calientes	BC-745-01/02	Bomba recirculación de fangos calientes 1	Bombas Ideal	ARSH 80-20S RV	1031137467	2016	3	1	Recircula los fangos calientes al intercambiador
26	Línea de fangos	Caldera	Parte derecha del intercambiador, ductos de recirculación de fangos calientes	BC-745-01/02	Bomba recirculación de fangos calientes 2	Bombas Ideal	ARSH 80-20S RV	1031496640	2016	3	1	Recircula los fangos calientes al intercambiador
27	Línea de fangos	Caldera	Parte izquierda del intercambiador, ductos de circulación de agua del termostato	BC-745-03/04	bomba de recirculación de agua caliente 1	Bombas Ideal	GNI 80-16/0,75	1030281176	2016	0,55	1	Circulación de Agua caliente del termostato al intercambiador

28	Línea de fangos	Caldera	Parte izquierda del intercambiador, ductos de circulación de agua del termostato	BC-745-03/04	bomba de recirculación de agua caliente 2	Bombas Ideal	GNI 80-16/0,75	1030281177	2016	0,55	1	Circulación de Agua caliente del termostato al intercambiador
----	-----------------	---------	--	--------------	---	--------------	----------------	------------	------	------	---	---

Sala de Centrifugas

29	Línea de fangos	Centrifugas	Edificio de deshidratación, parte posterior,	BD-940-01/02	Bomba dosificadora cloruro férrico	SDM	GA10P1T3LS	601162 D16 052 601162 D16 060	2016	0,12	2	Mezcla de cloruro férrico
30	Línea de fangos	Centrifugas	Máquina centrífuga, canal de inyección de fangos	LL-770-01	Tornillo centrifugas de deshidratación	COMES	TF-320	1032200444	2016	4	1	Lleva los lodos por medio de inyector al silo de fangos
31	Línea de fangos	Centrifugas	Techo, Edificio de centrifugas	QP-765-01	Polipasto sala de deshidratación de fangos	EXMATRA	ER2SG075S	55.7375596801.0002.16.20 725867	2016	3,5+0,7	2	Carga y transporte de los equipos electromecánicos de la sala de centrifugas
32	Línea de fangos	Centrifugas	Máquina de preparación de polímeros, parte superior	RP-950-01	Equipo de preparación polielectrolito	SDM	APX-1500-TTSS	1510-026 1104-135 1510-026	2016	(0,37+0,37+0,25)	3	Mezcla de polímeros
33	Línea de fangos	Centrifugas	Dosificadora de polímeros parte superior de la máquina	BT-950-01/02	Bomba dosificadora polielectrolito 1	NETZSCH	NM021BY01P05B	23106850	2016	0,75	1	Inyección de polímeros
34	Línea de fangos	Centrifugas	Dosificadora de polímeros parte superior de la máquina	BT-950-01/02	Bomba dosificadora polielectrolito 2	NETZSCH	NM021BY01P05B	23106849	2016	0,75	1	Inyectar polímeros
35	Línea de fangos	Centrifugas	Centrifugas, ductos de inyección de polímeros	BT-765-01/02	Bomba fangos a centrifugas 1	NETZSCH	NM053BY01P05B	23101091	2016	4	1	Bomba de inyección de polímeros

36	Línea de fangos	Centrifugas	Centrifugas, ductos de inyección de polímeros	BT-765-01/02	Bomba fangos a centrifugas 2	NETZSCH	NM053BY01P05B	23101092	2016	4	1	Bomba de inyección de polímeros
37	Línea de fangos	Centrifugas	parte superior de la máquina centrifuga	SC-770-01/02	Centrifuga de deshidratación 1	FLOTTWEG	C4E-4/454 HTS con SIMP-DRIVE SP 3.10	1609/1857540-001-001 1609/1857540-001-002	2016	37+7,5	2	Centrifugar fangos (separación de lodos y agua)
38	Línea de fangos	Centrifugas	parte superior de la máquina centrifuga	SC-770-01/02	Centrifuga de deshidratación 2	FLOTTWEG	C4E-4/454 HTS con SIMP-DRIVE SP 3.10	1609/1857540-002-001 1609/1857540-002-002	2016	37+7,5	2	Centrifugar fangos (separación de lodos y agua)
39	Línea de fangos	Centrifugas	Máquina centrifuga parte inferior ducto de fangos hacia el silo	LL-785-03	Tornillo inyector de silo de fangos	COMES	TIF-320	1031885309	2016	3	1	Circula los fangos al tornillo elevador de fangos

Exteriores

40	Línea de fangos	Exteriores	Parte posterior de edificio de centrifugas canal de elevación a silo de fangos	LL-785-01	Tornillo elevador de silo de fangos	COMES	TEF-320	10033529336	2016	11	1	Circula lodos a la parte superior del silo de fangos
41	Línea de fangos	Silo	silo de fangos, válvula de destape	VG-770-01/02	Tajadera de descarga	MACUSA	Reductor angular SITI MI80 A 60/1 PAM 19/200	800012214371/002	2016	1,1	1	Permite caer los lodos del silo de fangos
42	Línea de fangos	Exteriores	Parte superior silo de fangos, Ducto final de elevación de lodos a silo.	LL-785-02	Tornillo de descarga silo de fangos	COMES	TF-320	1033495436	2016	2,2	1	Descarga de lodos en silo de fangos
43	Línea de fangos	Exteriores	Digestor anaerobio, parte superior.	AV-740-01	Agitador digestor de fangos	G&G INGENIEROS	VPD-9.2-7.7-4500/3000-1240/10-12-S6-CH-AT	0278-01-16	2016	9,2	1	Movimiento de lodos y Producción de gas
44	Línea de fangos	Exteriores	Exteriores ducto de ventilación, frente al digestor anaerobio	QO-561-01	Ventilador tratamiento de olores línea de fangos	ECOTEC	EHP 500-D	3095069-1	2016	18,5	1	Lavado de aire

45	Línea de fangos	Exteriores	Espesador de fangos	ME-710-01	espesador de fangos	ESTRUAGUA	EP-009.AC	1212-102	2016	0,25	1	Preparación de lodos, para su proceso de producción de gas
46	Línea de fangos	Exteriores	Eras de secado	VTF-785-01/02	Volteador de fangos	HUBER	SOLSTICE SRT 11x80	S/N Obtener	2016	(2x2,2+3+0,5)	3	Esparcimiento de los lodos para el secado solar
47	Línea de fangos	Exteriores	Eras de secado	VST-785-01/02	Sistema de ventilación	HUBER	W3G990-DZ02-35	S/N Obtener	2016	16x2,58	1	Extracción de calor de eras de secado
48	Línea de fangos	Depósito	Depósito de mezcla Ede tamiz	AF-725-02/04	Agitador depósito de homogeneización	SULZER	XRW2121-PA18/4-EC-D61*10	S/N Obtener	2016	1,8	1	Mezcla de lodos para el tratamiento
49	Línea de fangos	Depósito	Depósito Tampón	AF-750-01	Agitador depósito tampón	SULZER	XRW3023-PA35/6-EC-D61*10BC	S/N Obtener	2016	3,5	1	Mezcla de lodos para el tratamiento
50	Línea de fangos	Depósito	Depósito de mezcla	AF-725-01/03	Agitador depósito de mezcla	SULZER	XRW2121-PA18/4-EC-D61*10	S/N Obtener	2016	1,8	1	Mezcla de lodos para el tratamiento