



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES STAR-PARAÍSO, UBICADA EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS”

LLAMUCA LLAMUCA DANNY JAVIER

TRABAJO DE TITULACIÓN TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

**RIOBAMBA – ECUADOR
2017**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2017-01-25

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparada por:

LLAMUCA LLAMUCA DANNY JAVIER

Titulado:

**“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES STAR-
PARAÍSO, UBICADA EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Manuel Fernando González Puente
DIRECTOR

Ing. Hernán Camilo Samaniego Santillán
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: LLAMUCA LLAMUCA DANNY JAVIER

TRABAJO DE TITULACIÓN: “ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES STAR-PARAÍSO, UBICADA EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS”

Fecha de Examinación: 2017-12-13

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Manuel Fernando González Puente DIRECTOR			
Ing. Hernán Camilo Samaniego Santillán ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de titulación que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Llamuca Llamuca Danny Javier

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Llamuca Llamuca Danny Javier, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que proviene de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Llamuca Llamuca Danny Javier

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación infinitamente a Dios, por brindarme fuerza, sabiduría y el conocimiento necesario para alcanzar mis metas. Agradezco también a mis padres Rubén Ernesto y María Faviola por haberme brindado el apoyo incondicional para mi formación como hijo y estudiante, a mi familia y amigos por estar siempre presentes en las buenas y en las malas. Este triunfo es fruto de todo el apoyo de ustedes.

Danny J. Llamuca

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, a la escuela de Ingeniería en Mantenimiento facultad de Mecánica, a todos mis docentes por haberme formado profesionalmente con la aportación de conocimientos técnicos y administrativos.

Al Ing. Fernando Gonzáles, e Ing. Hernán Samaniego, Tutor y Asesor académico de mi trabajo respectivamente, por guiarme, recomendarme y apoyarme incondicionalmente.

Danny J. Llamuca

CONTENIDO

	Pg.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Mantenimiento	4
2.2 Misión del mantenimiento.....	4
2.3 Optimización del mantenimiento	5
2.4 Ingeniería de mantenimiento.....	5
2.4.1 <i>Confiabilidad</i>	6
2.4.2 <i>Disponibilidad</i>	6
2.4.3 <i>Mantenibilidad</i>	7
2.4.4 <i>Sistema integral del mantenimiento</i>	7
2.4.5 <i>Producción y mantenimiento</i>	8
2.5 Objetivos y funciones del mantenimiento.....	8
2.5.1 <i>Objetivos del mantenimiento</i>	8
2.5.2 <i>Funciones del mantenimiento</i>	9
2.6 Tipos de mantenimiento.....	11
2.6.1 <i>Mantenimiento correctivo</i>	11
2.6.1.1 <i>Mantenimiento correctivo diferido</i>	11
2.6.1.2 <i>Mantenimiento correctivo inmediato</i>	12
2.6.2 <i>Mantenimiento preventivo (MP)</i>	12
2.6.2.1 <i>Mantenimiento basado en la condición</i>	13
2.6.2.2 <i>Mantenimiento predeterminado</i>	15
2.7 Plan de mantenimiento.....	15
2.8 Fases para elaborar un plan de mantenimiento preventivo.....	16
2.9 Mejora continua de un plan de mantenimiento.....	19
2.9.1 <i>Definir objetivos y metas</i>	19
2.9.2 <i>Establecer requerimientos para el mantenimiento preventivo</i> . Las.....	20
2.9.3 <i>Criticidad</i>	21
2.9.4 <i>Requerimientos para el programa de mantenimiento preventivo</i>	24
2.10 Estructura para el soporte del programa de mantenimiento preventivo.....	24
2.10.1 <i>Análisis de metas y objetivos</i>	25
2.10.2 <i>Análisis de la operación</i>	25
2.10.3 <i>Análisis de los requerimientos</i>	25
2.10.4 <i>Implantación del plan y ejecución</i>	26
2.10.5 <i>Función de control y ejecución</i>	26
2.10.6 <i>Medición y evaluación</i>	26
2.10.7 <i>Refinamiento y ajustes</i>	26
2.11 Sistema de tratamiento de agua residual pecuaria.....	27
3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	30

3.1	Ubicación.	30
3.2	Estructura administrativa del departamento de mantenimiento	31
3.3	Distribución de proceso.....	32
3.4	Costos por mantenimiento.....	41
3.5	Fichas técnicas empleadas actualmente	42
3.6	Check list de la maquinaria	42
3.7	Estado de instalaciones hidráulicas.....	43
3.8	Técnicas de mantenimiento utilizadas actualmente.	43
4.	DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	44
4.1	Codificación de equipos.....	44
4.2	Diseño de fichas técnicas.	45
4.3	Determinación de colores para las tuberías de fluidos.....	47
4.4	Evaluación técnica de equipos.	48
4.5	Desarrollo de actividades rutinarias.	51
4.6	Seguimiento del funcionamiento de equipos.	52
4.7	Fijación de actividades para el plan anual de mantenimiento preventivo.....	53
4.7.1	<i>Actividades de mantenimiento para la red hidrosanitaria externa.</i>	54
4.7.2	<i>Actividades de mantenimiento para el Tanque homogenizador.</i>	54
4.7.3	<i>Actividades de mantenimiento para la red hidrosanitaria interna.</i>	55
4.7.4	<i>Actividades de mantenimiento para Ecofiltros.</i>	55
4.7.5	<i>Actividades de mantenimiento para la máquina de compostaje.</i>	56
4.7.6	<i>Actividades de mantenimiento para el cuarto de bombas del reactor.</i>	56
4.7.7	<i>Actividades de mantenimiento para Skid de gas.</i>	57
4.7.8	<i>Actividades de mantenimiento para el sistema de Físico-Químico.</i>	58
4.7.9	<i>Actividades de mantenimiento para los blowers tribulares.</i>	58
4.7.10	<i>Actividades de mantenimiento para el sistema de riego.</i>	59
4.7.11	<i>Actividades de mantenimiento para el sistema eléctrico.</i>	60
4.8	Diseño de cartelera de gestión del mantenimiento STAR-PARAÍSO	60
4.9	Asignación de tareas en excel.	61
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
5.1	Conclusiones	65
5.2	Recomendaciones.....	66

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1.	Metas y objetivos de un plan de mantenimiento.	19
Tabla 2-2.	Cartelera (Planificar, hacer, verificar y actuar)	20
Tabla 2-3.	Criterios de criticidad	22
Tabla 4-4.	Proceso de codificación de equipos.....	44
Tabla 4-5.	Datos de equipo	45
Tabla 4-6.	Clasificación de Fluidos	47
Tabla 4-7.	Evidencia de pintura de tuberías y equipos.	47
Tabla 4-8.	Resumen general de criticidad de sistemas	48
Tabla 4-9.	Criterios termográficos de severidad.....	50
Tabla 4-10.	Análisis técnico de equipos.	51
Tabla 4-11.	Formato de control de parámetros.....	53
Tabla 4-12.	Actividades preventivas red hidrosanitaria externa.....	54
Tabla 4-13.	Actividades preventivas tanque homogenizador.	54
Tabla 4-14.	Actividades preventivas red hidrosanitaria interna.	55
Tabla 4-15.	Actividades preventivas Filtros 1,2,3 y back up.	55
Tabla 4-16.	Actividades preventivas máquina de compostaje.....	56
Tabla 4-17.	Actividades preventivas bombas autocebantes 1 y 2.	57
Tabla 4-18.	Actividades preventivas skid de gas.....	57
Tabla 4-19.	Actividades preventivas sistemas de físico-químico.....	58
Tabla 4-20.	Actividades preventivas blower 1 y back up.....	59
Tabla 4-21.	Actividades preventivas sistema de riego.....	59
Tabla 4-22.	Actividades preventivas sistema eléctrico.....	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1.	Sistema integral del mantenimiento	7
Figura 2-2.	Funciones del mantenimiento	9
Figura 2-3.	Mantenimiento-resumen general.....	11
Figura 2-4.	Instalación en back-up	12
Figura 2-5.	Mantenimiento preventivo	13
Figura 2-6.	Mantenimiento basado en la condición.....	14
Figura 2-7.	Gráfico de la matriz de riesgo	23
Figura 2-8.	Estructura de soporte del programa de mantenimiento preventivo.....	25
Figura 2-9.	Tratamiento físico del agua.....	28
Figura 2-10.	Biodigestor	28
Figura 2-11.	Proceso químico.....	29
Figura 3-12.	Ubicación satelital del STAR-PARAÍSO	30
Figura 3-13.	Estructura administrativa	31
Figura 3-14.	Distribución de proceso del STAR-PARAÍSO	32
Figura 3-15.	Tanque equalizador y mixer.....	34
Figura 3-16.	Ecofiltros.....	34
Figura 3-17.	Máquina de compostaje.	35
Figura 3-18.	Canal parshall.....	35
Figura 3-19.	Reactor.	36
Figura 3-20.	Sistema Skid de gas.....	36
Figura 3-21.	Piscinas de oxidación.....	37
Figura 3-22.	Tanques dosificadores de 500 lts.	38
Figura 3-23.	Mixer de los tanques de físico-químico.	38
Figura 3-24.	Aireación de piscinas.	39
Figura 3-25.	Blower.....	39
Figura 3-26.	Piscina de riego.	39
Figura 3-27.	Transformador de media tensión.....	40
Figura 3-28.	Gráfico de costos de acuerdo al tipo de mantenimiento aplicado 2016... 41	
Figura 3-29.	Gráfico de costos de mtto en cada sistema del STAR-PARAÍSO.....	41
Figura 3-30.	Gráfico del costo anual de mantenimiento.....	42
Figura 4-31.	Ficha técnica de ejemplo.....	46
Figura 4-32.	Gráfico de la Curva P-F	50
Figura 4-33.	Cartelera de gestión del mantenimiento STAR-PARAÍSO	61
Figura 4-34.	Banco de tareas	62
Figura 4-35.	Designación de frecuencia de actividades	62
Figura 4-36.	Registro semanal de mantenimiento preventivo	63
Figura 4-37.	Gráfico horas hombre para actividades de mantenimiento preventivo... 64	

LISTA DE ABREVIATURAS

ISO	Organización Internacional para la Estandarización.
RCM	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad
EN	Norma Europea
UNE	Una Norma Española
STAR	Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales
PHVA	Planificar, Hacer, Verificar, Actuar
P/F	Parada/funcionando
A	Anual
M	Mensual
S	Semanal

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A.** Inventario de equipos.
- Anexo B.** Fichas técnicas de equipos.
- Anexo C.** Análisis termográfico de equipos con ayuda de software FLIR.
- Anexo D.** Análisis termográfico y determinación de severidad.
- Anexo E.** Check list de equipos.
- Anexo F.** Cartelera PHVA.
- Anexo G.** Ejemplo semanal de actividades de mantenimiento preventivo.
- Anexo H.** Contenido de manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento.

RESUMEN

La elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de tratamiento de aguas residuales STAR-PARAÍSO, ubicadas en Santo Domingo de los Tsáchilas perteneciente a las granjas porcinas de la empresa PRONACA. Centra objetivos con el fin de generar actividades preventivas, de inspección y monitoreo a cada equipo planificadamente con frecuencias y determinación de tiempos para reducir al mínimo el incremento de fallos presentes actualmente en el sistema, ya que es un proceso crítico en cuanto a permisos ambientales. Por medio de investigaciones de normas internacionales se aplica estudios combinados, partiendo del análisis de la situación actual de los equipos por medio de termografía como lo determina la norma ISO 18434-1:2008 y un estudio del cómo estaba inicialmente la gestión del mantenimiento para la propuesta de mejoras. A fin de mantener el control de los activos físicos, se realizó un inventario incluyendo codificación técnica a toda la maquinaria, siguiendo los lineamientos de la norma ISO 14224. Se recolectó información perteneciente a las placas de características de cada máquina, según el sistema del STAR dónde se encuentran instaladas. Las fichas técnicas actuales fueron actualizadas y mejoradas, con ayuda de formatos de acuerdo a la norma ISO14224, creando una base de datos confiable, para futuras implementaciones como el RCM. Se inserta una ideología con visiones a la mejora continua como indica la norma ISO 9001:2015 con ayuda del círculo PHVA, reflejando en una cartelera de seguimiento con auditorías semanales del cumplimiento del plan de mantenimiento. Para la puesta en marcha las actividades preventivas planificadas se crean un programa en excel que ayuda a gestionar automáticamente las actividades divididas por máquinas y justificando las horas hombre para realizar las actividades de mantenimiento.

PALABRAS CLAVE:

<MANTENIMIENTO PREVENTIVO>, <SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (STAR)>, <TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES>, <GRANJA PORCINA>, <DETERMINACIÓN DE TIEMPOS>, <PROGRAMA EN EXCEL (SOFTWARE)>, <HORAS HOMBRE>.

ABSTRACT

The preparation of a preventive maintenance plan for the STAR-PARAISO wastewater treatment system, located in Santo Domingo de los Tsáchilas, belonging to the swine farms of the company PRONACA. Focuses objectives to generate preventive, inspection and monitoring activities for each team with frequency and time determination, in order to minimize the increase in failures currently present in the system, as the critical process in terms of environmental permits. Through international research and standards, combined studies are applied, starting from the analysis of the current situation of the equipment by means of thermography as determined by the ISO 18434-1: 2008 standard and a study of how the maintenance management for the improvement proposal. In the order to maintain control of the physical assest, an inventory was made including technical coding of all the machinery, following the guidelines of the ISO 14224 standard. Information pertaining to the rating plates of each machine was collected, according to the STAR system where they are installed. The current technical specifications were updated and improved, with the help of formats in accordance with the ISO 14224 standard, creating a reliable database for future implementations such as the RCM. An ideology with visions for continuous improvement is inserted as indicated by the ISO 50001: 2015 standard with the help of the PHVA circle, reflecting in a follow-up bard with weekly audits of compliance with the maintenance plan. For the testing of the planned preventive activities, a program is created in Excel that helps to automatically manage the activities divided by machines and justifying the man-hours to carry out the maintenance activities.

Keywords:

<PREVENTIVE MAINTENIENCE>, <RESIDUAL WATER TREATMENT SYSTEM (STAR)>, <WASTEWATER TREATMENT>, <SWINE FARM>, <DETERMINATION OF TIMES>, <EXCEL PROGRAM (SOFTWARE)>, <MAN HOURS>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Antecedentes.

En la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, se encuentran ubicadas las granjas de producción pecuaria de la procesadora Nacional de Alimentos PRONACA, las mismas que contribuyen a la demanda del país con una producción de 150.000 Toneladas de producción de carne de cerdo al año, bajo la emblemática marca Mr. Chancho y sus derivados.

La crianza y producción de cerdos demanda grandes cantidades del líquido vital para su proceso (bebida y agua de limpieza), razón por la cual existe un consumo promedio diario de 5 litros de agua al día por animal, por el proceso biológico propio de la crianza se genera agua residual con una descarga variable de $(700 \text{ a } 900) \text{ m}^3 / \text{día}$.

La misma cantidad, antes de ser devuelta al río en condiciones aceptables para el medio ambiente necesita pasar por un moderno sistema de tratamiento de agua residual denominado “STAR – PARAISO”, llamada así por estar asentada en el recinto Paraíso de la ciudad de Santo Domingo.

Para cumplir de manera responsable con el medio ambiente, la empresa cuenta con sistemas de tratamiento de agua denominados biodigestores, que están instalados en las granjas de producción pecuaria, estos sistemas cumplen un proceso de separación de sólidos, líquidos y tratamientos químicos.

Los siete complejos STAR se encuentran operativos en todas las granjas de producción pecuaria de Santo Domingo: Campo Lindo, Oro, Tropicales, Paraíso, Zaracay, Colorados y Socorro.

1.2 Justificación.

El sistema de tratamiento de aguas residuales “STAR”, opera en las granjas de producción pecuaria de PRONACA, para cumplir las exigentes políticas de medio ambiente en cuanto refiere al agua que se utiliza para la crianza de cerdos.

El STAR-PARAÍSO recibe aguas residuales de cuatro granjas de producción pecuaria con un aproximado de seis mil cerdos, considerándose así el complejo más grande que tiene la empresa y que entró en funcionamiento en octubre de 2015.

La gestión actual del departamento aplica mantenimientos correctivo inmediato y diferido, razones por la cual ha existido paros de producción para intervenir a los equipos y corregir anomalías, generando pérdidas económicas elevadas a la empresa.

La propuesta centra la elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo basada en la norma internacional ISO 14224 que se enfoca en: hacer que los activos cumplan sus funciones, previniendo el desgaste y fallos repentinos, por medio de, intervenciones de mantenimiento planificados.

Desde un enfoque basado en la gestión, se pretende en el proyecto, incrementar la detección de fallas en desarrollo en todos los activos; consecuencias y efecto de fallo y el planteamiento de un Plan de Mantenimiento Preventivo desarrollado al contexto operacional.

Con el fin de aplicar una mejora continua al modelo de gestión a insertar, se aplicará bases de gestión de la calidad con ayuda de la norma ISO 9001:2015 relacionando el círculo de mejora continua PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar).

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general.

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de tratamiento de agua residual STAR–PARAÍSO, ubicada en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Identificar los equipos pertenecientes al sistema de tratamiento de aguas residuales STAR-PARAÍSO.

Levantar información de equipos en base a la norma ISO-14224.

Evaluar el estado técnico de los equipos del STAR-PARAÍSO en base a normativas ISO 13306 e ISO 18434-1:2008.

Desarrollar el Plan de Mantenimiento Preventivo para los equipos pertenecientes al STAR-PARAÍSO y determinar sus frecuencias.

Insertar un modelo de gestión de la calidad del departamento de mantenimiento en base a la norma ISO 9001:2015.

Desarrollar un programa con ayuda de excel, para gestionar actividades semanales del Plan de Mantenimiento Preventivo.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Mantenimiento

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.

El concepto de mantenimiento que se ha perfilado a la actualidad industrial, involucra no solo a los responsables de mantenimiento, sino a toda la organización en sí.

“La combinación de acciones técnicas y administrativas, incluyen supervisión, el fin es mantener un equipo o sistema, para que opere en un estado que le permita realizar las funciones requeridas y así evitar paros imprevistos de producción.” (ISO14224, 1999)

2.2 Misión del mantenimiento

Mantenimiento influye de manera directa con producción, el uno depende del otro, entonces el propósito corporativo es: mantener y garantizar el buen funcionamiento de un proceso.

En resumen se puede precisar que la misión del mantenimiento es: “Preservar las funciones de todos los activos a lo largo de su vida útil, gestionando, programando e implementando las mejores técnicas para mitigar las consecuencias bajo tres parámetros claves, dentro de la organización.” (Palencia, 2012)

- Conservación de los activos físicos.

- Optimización de los activos físicos.
- Administración eficaz de los recursos.

2.3 Optimización del mantenimiento

Las diferentes organizaciones requieren de procesos que contemplen porcentajes elevados de los indicadores de mantenimiento (Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad). Éstos permiten observar el cumplimiento de las metas planteadas, y los resultados arrojados por la gestión integral del mantenimiento.

Es así que, la optimización del mantenimiento implica lograr mayores índices de productividad, mediante la eficiencia y eficacia de las actividades planificadas. Eficiencia que hace referencia a la ejecución de acciones con calidad en el menor tiempo posible; eficacia a la ejecución de actividades que permitan alcanzar con los objetivos propuestos al más bajo costo posible. (Palencia, 2012)

2.4 Ingeniería de mantenimiento

La ingeniería de mantenimiento es una de las dependencias con mayor carga de responsabilidad dentro del buen funcionamiento de máquinas y equipos. Relaciona la gestión realizada por quien se encuentre a cargo, en conjunto con el personal de mantenimiento.

La ingeniería ayuda a desarrollar e implementar programas de conservación de máquinas, equipos, herramientas y otros activos; pertenecientes a los medios en una fábrica, para hacer viables los trabajos realizados a una calidad total. (Palencia, 2012)

Teniendo en cuenta esta definición el departamento de mantenimiento busca asegurar el cumplimiento de actividades claves, para garantizar el correcto funcionamiento de un sistema.

- Inspección.

- Reparación.
- Modificación.
- Montaje.
- Cambio de equipos y sus elementos.

Las actividades anteriormente mencionadas, buscan obtener resultados positivos para la empresa, y se verán reflejadas bajo tres indicadores claves del mantenimiento.

- Confiabilidad
- Disponibilidad
- Mantenibilidad

2.4.1 *Confiabilidad.* La confiabilidad se puede definir como la probabilidad en las que un sistema, equipo o elemento, cumpla con su función determinada sin que presente algún tipo de fallo bajo un determinado tiempo. (EN13306, 2010)

Este indicador en un equipo se lo puede medir bajo la incidencia con las que ocurren las fallas. Si no hay se puede determinar que el equipo es 100% confiable. Existen porcentajes aceptables de funcionamiento (88%, 98%) y que no se llegan a su máximo, por razones de costo-beneficio que éste presente. (Mora Gutierrez, 2009)

2.4.2 *Disponibilidad.* Es la aptitud de un equipo para encontrarse en estado en que pueda realizar su función en cualquier momento que se lo requiera. Listo para entrar en funcionamiento sin ningún inconveniente. (EN13306, 2010)

Equipos en back-up o en stand-by; son aquellos que mayor prioridad de mantenerlos disponibles se requieren, ya que, el equipo principal puede estar en estado de funcionamiento y presentar un fallo en el momento menos esperado; es ahí cuando la

disponibilidad de los equipos suplentes enfrentan y contrarrestan grandes problemas por paros imprevistos prolongados.

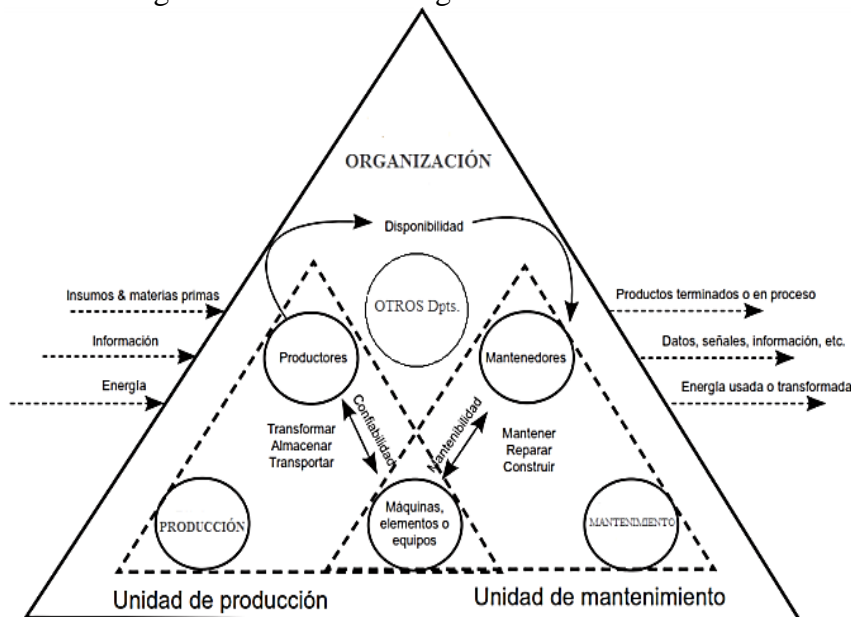
2.4.3 *Mantenibilidad.* Es la capacidad de una instalación bajo condiciones de estado de funcionamiento o no, presten facilidades a los mantenedores para realizar trabajos de intervención en ellas. (EN13306, 2010)

La mantenibilidad se vincula con las 5'S aplicadas en todas las áreas de la organización, que permiten la facilidad para realizar cualesquier tipo de acción en el activo, con el menor de los esfuerzos asociados a la restitución de producción.

2.4.4 *Sistema integral del mantenimiento.* El sistema coordina de forma óptima el mantenimiento correctivo y preventivo con ayuda integral de toda la organización, enfocándose en la reducción de consecuencias por fallos.

El mantenimiento es el elemento integrador en una organización, prestando sus servicios de conservación de equipos, a los diferentes departamentos de una organización y a la vez optimizando al máximo la utilización de los recursos disponibles. (Mora Gutierrez, 2009)

Figura 1-2. Sistema integral del mantenimiento



Fuente: (Mora Gutierrez, 2009)

2.4.5 *Producción y mantenimiento.* El proceso productivo de una organización pretende obtener valores constantes altos de los indicadores del mantenimiento, para optimizar al máximo su productividad y competitividad en el mercado.

Esto se puede lograr con el trabajo en equipo de todos los que forman parte de la organización. Es decir, en el caso fortuito de que se presentare problemas en el proceso, se debe buscar soluciones inmediatas y no culpables de la causa por la que se suscitó el problema.

Interdepartamentalmente trabajando se pueden reconocer elementos: productores (personas), organización (entorno), máquinas (artefactos), los cuales interactúan entre sí con el único objetivo de generar valor al producto final de todo un proceso. (Mora Gutierrez, 2009)

2.5 Objetivos y funciones del mantenimiento

2.5.1 *Objetivos del mantenimiento.* Existen diferentes tipos de organizaciones, en las que el departamento de mantenimiento es el encargado de mantener el funcionamiento óptimo de máquinas y equipos, con el menor de los costos posibles y garantizando la seguridad industrial. (Cuartas Pérez, 2008)

Estas funciones de mantenimiento pueden ser alcanzadas, con el cumplimiento honesto de los siguientes objetivos:

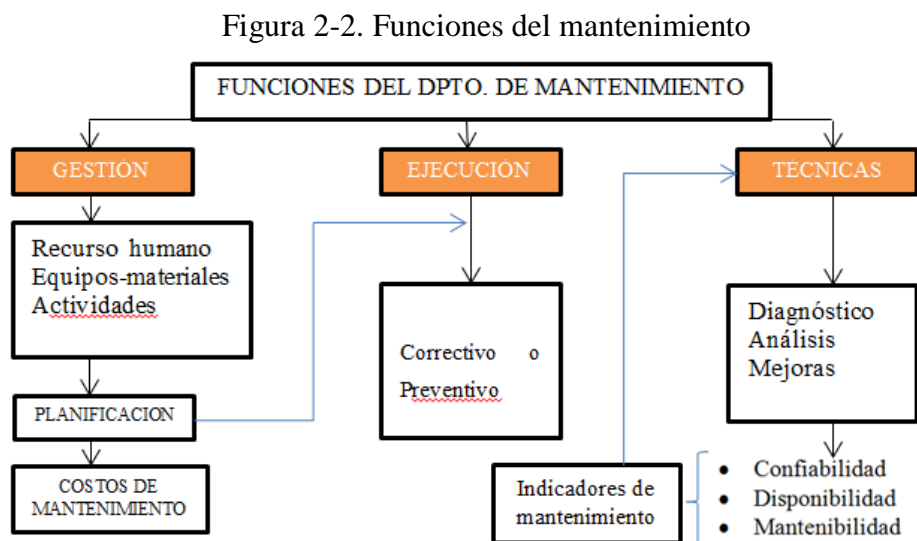
- Optimizar la disponibilidad de equipos, sistemas e instalaciones para evitar pérdidas por producción.
- Incrementar la vida útil de los equipos.
- Garantizar la seguridad de personas, equipos e instalaciones.
- Reducir costos de operación y reparación por mantenimiento.

- Implementar estrategias de gestión, que permitan que los indicadores de mantenimiento alcancen valores óptimos.
- Conservación del medio ambiente.
- Aplicar sistemas de mejora continua en el departamento de mantenimiento.

2.5.2 *Funciones del mantenimiento.* El departamento de mantenimiento se encamina hacia la excelencia, al estar conformada por un grupo de personas que se destacan con actitudes y aptitudes previamente seleccionadas. El contar con un personal calificado contribuye al logro de los objetivos planteados en el menor tiempo posible, es por ello que las funciones están ligadas con el personal de mantenimiento.

“La función principal del mantenimiento es: conseguir un determinado nivel de disponibilidad de producción de condiciones de calidad exigible, al mínimo costo, con el máximo nivel de seguridad para el personal y con bajo impacto al medio ambiente”. (Mora Gutierrez, 2009)

Las funciones se clasifican en tres grandes grupos que aportan a la administración del departamento, cuya finalidad es buscar resultados de máxima eficiencia y eficacia.



Fuente: (Hernández, 2016)

La “GESTIÓN” como parte de las funciones, es la encargada en velar por la integridad de:

- Recurso humano (selección y capacitación de personal de trabajo para mantenimiento.)
- Equipos-materiales (Gestión de bodega en cuanto a materiales, repuestos, equipos, convenio con proveedores.)
- Actividades (Desarrollo e implementación de planes de mantenimiento preventivo y/o correctivo.)

Posteriormente se planifica una “EJECUCIÓN” de las actividades gestionadas, estas pueden ser: correctivas, preventivas y de mejora.

Cabe recalcar que la ejecución a realizarse debe contar con “TÉCNICAS” de mantenimiento que se enfoque en; el diagnóstico, análisis y mejoras que ayuden a elevar cualitativa y cuantitativamente los indicadores de mantenimiento.

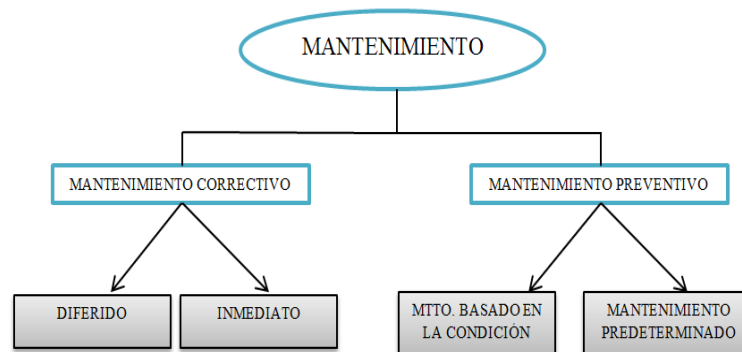
El departamento de mantenimiento tiene un sin número de actividades, dentro de ellas, destacan las siguientes:

- Modificar, instalar y reparar equipos e instalaciones.
- Planificar y desarrollar actividades de mantenimiento correctivo y preventivo.
- Analizar datos, informes y formular recomendaciones y/o modificaciones a los programas establecidos.
- Capacidad de selección y capacitación del personal.
- Controlar el stock de repuestos en bodega.
- Establecer presupuesto y costos de mantenimiento.

- Implementar niveles de ingeniería en cada trabajo realizado.
- Investigar e identificar la causa raíz de los diferentes modos de fallo.
- Respetar las normas de seguridad y medio ambiente. (Hernández, 2016)

2.6 Tipos de mantenimiento

Figura 3-2. Mantenimiento-resumen general



Fuente: (EN13306, 2010)

2.6.1 *Mantenimiento correctivo.* Mantenimiento que se realiza a los activos una vez que se haya detectado la avería, esta actividad se la realiza cuando el activo se encuentra en estado de parada, con la finalidad de volverlos a un estado en donde puedan cumplir con la función requerida. (EN13306, 2010)

2.6.1.1 *Mantenimiento correctivo diferido.* Mantenimiento que una vez detectada la avería, no se ejecuta inmediatamente ya que pueden existir varias razones para justificar dicha acción. (EN13306, 2010)

Por ejemplo: La instalación en back up de una bomba centrífuga, la una va a estar operativa y la otra en estado disponible, esto quiere decir que si la bomba 1 presentare algún fallo, entraría la bomba 2 a sustituirla. Entonces a la bomba 1 se le puede programar una intervención correctiva.

Figura 4-2. Instalación en back-up



Fuente: <http://www.hecautomacao.com.br>

2.6.1.2 *Mantenimiento correctivo inmediato.* Mantenimiento que una vez detectada la avería, se ejecutan las acciones correctivas sin retraso alguno, con el fin de evitar pérdidas por paros prolongados y a fin de ponerlos nuevamente en estado operativo.

Por ejemplo; En los procesos en serie, cada etapa va a depender de la otra, para llegar a cumplir la función requerida del sistema. Si una de ellas dejase de operar, existirá una parada total del proceso. Es así que los mantenimientos correctivos no pueden esperar y deben ser de acción inmediata.

2.6.2 *Mantenimiento preventivo (MP).* Existen varias definiciones del MP, pero todas aquellas conducen a un solo fin, que a la vez coinciden con la intervención del sistema o equipo antes de que se presente la falla

El mantenimiento preventivo se realiza a un sistema de acuerdo a una previa planificación y programación de actividades, con el fin de disminuir la probabilidad de que se presente un fallo. Hay que tomar en cuenta que no se puede realizar este tipo de mantenimiento a cualquier costo. (EN13306, 2010)

El cambio de rodamientos antes de que estos fallen es un tipo de acción preventiva, que se lo realiza, bien puede ser por: sonidos extraños, elevadas temperaturas de trabajo del equipo o por colaboración de un previo diagnóstico del mismo.

Figura 5-2. Mantenimiento preventivo



Fuente: <http://www.areavag.com>

Ventajas del mantenimiento preventivo

- Reducción de paradas imprevistas de los equipos.
- Menor necesidad de recurrir a reparaciones y menor número de mantenimientos repetitivos, por lo tanto, las horas hombre de trabajo se ajustarán y evitarán inflación de horas extras.
- Cambio del sistema de mantenimiento de “paros” a mantenimiento programado por reparación.
- Disminución de costos de mantenimiento por reparaciones correctivas imprevistas. (Palencia, 2012)

2.6.2.1 *Mantenimiento basado en la condición.* Mantenimiento preventivo que examina, estudia, observa y permite diagnosticar el comportamiento de un equipo en estado de funcionamiento, con el fin de identificar modos de fallo potencial y evitar futuros fallos funcionales. (EN13306, 2010)

El monitoreo del estado de funcionamiento de un equipo se puede realizar mediante las siguientes técnicas predictivas:

- Análisis Termo gráfico
- Análisis de vibraciones

- Análisis de lubricantes
- Análisis de ultrasonido

Figura 6-2. Mantenimiento basado en la condición



Fuente: <http://www.preditecnico.com>

Ventajas del mantenimiento basado en la condición

- Detección de fallas potenciales.
- Determinar la situación actual de un equipo y/o elemento.
- Eliminación de tareas que impliquen que se desarme los equipos.
- Evita el contacto directo con equipos de alto riesgo de accidentabilidad.
- Reducción de paros imprevistos.
- Incremento de los indicadores de mantenimiento.

Para garantizar la toma de decisiones en cuanto a intervenciones preventivas, se debe contar con personal especializado en mantenimiento basado en la condición, y se debe procurar ser exactos para evitar inflación de los costos por mantenimiento predictivo.

Desventajas.

- Altos costos de los equipos de diagnóstico preventivo.

- Si se lo realiza por contratación externa, de igual manera representan costos elevados.

2.6.2.2 *Mantenimiento predeterminado.* Mantenimiento preventivo que se realiza de acuerdo a frecuencias de intervención establecidas, mediante una programación y planificación de actividades de mantenimiento, con un número determinado de unidades en estado de funcionamiento o no, pero sin investigación previa de la condición. (EN13306, 2010)

El conjunto de tareas programadas y agrupadas con diferentes frecuencias de intervención para cada equipo en un sistema, con el fin de, reducir la probabilidad de fallos que desarrollen una parada imprevista del proceso, que a la vez desencadenarán problemas de producción, se contemplan en un plan de mantenimiento.

“Un plazo prudencial para la implantación del plan de mantenimiento preventivo, después de su diseño, es de dos a tres años. La impaciencia hace que no se logren objetivos esperados.” (Palencia, 2012)

2.7 Plan de mantenimiento.

Un plan de mantenimiento permite gestionar personas y recursos mediante actividades programadas, a corto o largo plazo para toda la maquinaria e instalaciones de una industria, buscando elevar índices de fiabilidad en beneficio de una producción continua sin presencia de paros inesperados de los equipos. (Castillo, 2014)

El plan de mantenimiento se enfoca en reducir varios temas que se pasa por alto sin ejecutar gestión de ingeniería en la industria:

- Contar con el personal necesario para la ejecución del plan.
- Optimizar las horas hombre del personal.
- Mantener un stock de repuestas y consumibles en bodega.

- Reducir mantenimientos correctivos.
- Incrementar fiabilidad de un proceso.

La estimación de tiempos se denomina frecuencia de intervención, para cada equipo resulta una frecuencia diferente con tiempos de actividades diferentes. Las frecuencias pueden ser diarias, semanales, quincenales, mensuales, anuales, entre otras.

La planeación de actividades depende mucho del tipo de proceso y jornada de trabajo diaria, no serán las mismas actividades planificadas para una empresa que trabaje ocho horas, que una que trabaje veinte y cuatro horas al día.

Para generar actividades semanales, se debe manejar un software de mantenimiento u otro programa que recopile información de actividades y frecuencias introducidas en el desarrollo de un plan. (Castillo, 2014)

2.8 Fases para elaborar un plan de mantenimiento preventivo.

La necesidad de elaborar un plan de mantenimiento preventivo la crea la ineficiencia de producción de algún producto y/o proceso que involucra máquinas. La falta de intervención con las mismas suelen presentar fallos inesperados generando pérdidas económicas representativas.

El plan de mantenimiento tiene como fin prevenir fallos repentinos dentro de un sistema de producción y existen varios tipos de planes de mantenimiento:

- Plan de mantenimiento preventivo basado en instrucciones de fabricantes.
- Plan de mantenimiento preventivo basado en el protocolo del equipo.
- Plan de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad de equipos. (García Garrido, 2012)

2.8.1 *Plan de mantenimiento preventivo basado en instrucciones de fabricantes.* Este tipo de planes de mantenimiento se aplica a sistemas y/o instalaciones nuevos, que no sobrepasen tres años de operación, ya que no se cuenta con historiales de fallos que permitan determinar actividades con frecuencias estipuladas al funcionamiento actual.

Los pasos para desarrollar un plan de mantenimiento de este tipo son:

- Realizar un listado de todos los equipos del sistema.
- Codificar a cada uno de los equipos según su instalación.
- Generar hoja de vida de los equipos (ficha técnica).
- Generar actividades de mantenimiento autónomo (check list).
- Recopilación de manuales de los equipos.
- Determinar frecuencias de actividades recomendadas por los fabricantes.
- Obtención del plan de mantenimiento preventivo.
- Selección de software de mantenimiento para gestionar actividades.

La gran desventaja de realizar un plan de mantenimiento basado en instrucciones de fabricantes es: los fabricantes determinan frecuencias y actividades pero en condiciones de funcionamiento estándar y no basándose en las condiciones a las cuales serán sometidos los equipos. (García Garrido, 2012)

2.8.2 *Plan de mantenimiento preventivo basado en el protocolo del equipo.* Los protocolos son frecuencia y actividades individuales para cada equipo, este tipo de plan de mantenimiento debe ser realizado sin base a la propuesta de fabricantes, sino más bien en condiciones de funcionamiento al cual se encuentre instalado el activo.

Para generar un plan de mantenimiento basándose en protocolos de un equipo se debe seguir los siguientes pasos:

- Determinar duraciones de intervención de actividades.
- Generar permisos de trabajo de acuerdo a producción.
- Generar instructivos de trabajo para cada equipo.
- Obtener tareas con ayuda matemática de probabilidad.
- Selección de software de mantenimiento para gestionar actividades (García Garrido, 2012)

2.8.3 *Plan de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad de equipos.* El análisis de confiabilidad o RCM es un plan de mantenimiento que enfoca detenidamente el estudio minucioso de cada elemento que compone un equipo. Se realiza criticidad de elementos y es uno de los ítems más eficaces para combatir contra fallos de un sistema.

Para generar un plan de mantenimiento basándose en confiabilidad de equipos, se debe seguir los siguientes pasos:

- Definir indicadores claves dentro del estudio RCM.
- Decretar y concretar las siete preguntas de RCM.
- Realizar análisis de criticidad.
- Determinar modos de fallo de equipos críticos AMEF.
- Realizar análisis del método Ishikawa.
- Establecer frecuencias y tareas de acuerdo al análisis AMEF.

- Implementar resultados obtenidos.
- Adecuar resultados en el software de mantenimiento. (García Garrido, 2012)

2.9 Mejora continua de un plan de mantenimiento.

Las operaciones necesarias que anticipadamente logran la programación de actividades preventivas, determinan el inicio y fin de las operaciones con los recursos necesarios, para el correcto funcionamiento de un proceso.

Es de gran importancia que el cumplimiento de todos los procedimientos, técnicas y actividades preventivas nos guíen a lo deseado y no solo a la simple necesidad de contar con ellas en el plan.

Un plan de mantenimiento es efectivo, al reflejar valores positivos dentro de las metas y objetivos a alcanzar, con el menor tiempo y costo de intervención posible. Los siguientes pasos enfocan una futura efectividad del plan.

2.9.1 *Definir objetivos y metas.* El primer paso para desarrollar un plan efectivo es determinar que se quiere alcanzar con la planificación del mantenimiento. Usualmente el mejor inicio es trabajar sobre logros alcanzables, y después de obtener logros positivos expandirse. (González, 2008)

Algunos ejemplos sobre metas y objetivos que se quieren alcanzar bajo el desarrollo e implementación de un plan de mantenimiento pueden ser:

Tabla 1-2. Metas y objetivos de un plan de mantenimiento.

Ejemplos	Meta
Cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo	90%
Mejorar la disponibilidad del proceso	92%
Reducción de fallas	89%
Mejorar la confiabilidad del sistema, con ayuda de equipos predictivos	70%

Fuente: autor

Para llevar a cabo las metas, se puede trabajar con técnicas de gestión de la calidad total de trabajo de mantenimiento plasmado en una cartelera, el ciclo PHVA: planificar, hacer, verificar, actuar.

El ciclo PHVA ayuda a una organización a enfocarse en la calidad total aportando a que los procesos cuenten con recursos por medio de una gestión adecuada, permitiendo a la vez la inclusión de ideas nuevas que determinen oportunidades de mejoras. (ISO9001, 2015).

La gestión aplicada por medio del ciclo PHVA debe ser mensualmente auditada internamente por el departamento, para reflejar el cumplimiento de los estándares planteados dentro de la mejora continua. (ISO9001, 2015)

Tomaremos un ejemplo: el cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo semanal requiere una meta de 90 %.

Tabla 2-2. Cartelera (Planificar, hacer, verificar y actuar)

P	Planificar	Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo semanal.
H	Hacer	Designar colores por tareas al personal de mantenimiento en cuatro turnos al día.
V	Verificar	La meta es un 90% de cumplimiento, determinar el porcentaje individual de los cuatro turnos y el porcentaje general.
A	Actuar	Llamados de atención al personal de mantenimiento en caso de no llegar a la meta planteada.

Fuente: autor

2.9.2 *Establecer requerimientos para el mantenimiento preventivo.* Las metas y objetivos a alcanzar nos determina que tan extenso llega a ser el plan de mantenimiento preventivo, entonces es ahí cuando se decide con los siguientes aspectos, que equipos incluir y desde dónde empezar. (González, 2008)

- Máquinas y equipos a incluir dentro del plan de mantenimiento: Determinando la criticidad de cada equipo, ya que si se lo hace a todos en general, los costos de mantenimiento serán muy elevados.
- Áreas de operación a incluir: Para facilitar el inicio se puede empezar por elegir una sección del proceso y posteriormente tener programado el plan general de la planta por secciones.
- Analizar que técnicas de mantenimiento preventivo ayudarán en la reducción de fallas.
- Declaración del propósito del mantenimiento preventivo: “El peor mantenimiento es el que no se lo hace”. Es por ello que la posición del MP debe generar conciencia en sentido de prevención de fallos dentro de un departamento como equipo.
- Medición del mantenimiento preventivo: énfasis en este punto ya que no se dé seguimiento al plan de MP en sus frecuencias exactas, el programa preventivo fallará. ¿Cómo saber si el progreso está correcto? “Se reduce la incidencia del mismo modo de fallo en un equipo considerablemente”.
- Agrupar y ordenar los datos recopilados: esta es una actividad muy tediosa y pesada al no contar con algún software que nos ayude en la digitalización de actividades. Se recomienda incluir un software de mantenimiento para el desarrollo e implementación de un plan. (González, 2008)

2.9.3 *Criticidad.* La tabla 3, contempla criterios que ayudan y soportan decisiones dentro de la gestión del mantenimiento. Engloban factores cualitativos y cuantitativos de un sistema, que como resultado de un análisis de jerarquización, define cuáles son los sistemas más críticos, semi-críticos, críticos y no críticos. (Hernandez, 2011)

Los criterios que ayudan para el análisis de criticidad de los sistemas del STAR-PARAÍSO, se enfocan en cinco ítems de impacto de relación, cada uno con un valor que permite cuantificar el análisis de acuerdo a cada posibilidad.

- Frecuencia de fallas (FF).
- Impacto operacional (IO).
- Flexibilidad operacional (FO).
- Costos de mantenimiento (CM).
- Impacto en seguridad, ambiente e higiene (SAH).

Los criterios que a continuación se presentan son determinados de acuerdo a la situación actual del proceso, no todos los procesos son iguales; y el punto que marca mayor diferencia es el de los costos por mantenimiento, los cuales deben ser estudiados para saber la situación actual del mismo.

Tabla 3-2. Criterios de criticidad

CRITERIOS DE CRITICIDAD			
Frecuencia de fallas: FF		Costos de Mantenimiento: CM	
Mayor a 2 fallas / año	4	Mayor o igual a 3.000 USD	2
1 -2 fallas / año	3	Inferior a 3.000 USD	1
0,5 a 1 Fallas / año	2	Impacto en seguridad, ambiente Higiene (SAH)	
< 0,5 Fallas / año	1		
Impacto Operacional: IO		Afecta a la seguridad humana externa como interna	8
Parada inmediata del C Operación	10	Afecta al ambiente e instalaciones provocando daños irreversibles	6
Parada del sistema o subsistema y repercusión en otros sistemas	7		
Impacto a nivel de producción y calidad	4	Afecta a las instalaciones provocando daños severos	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	Provoca daños menores (Accidentes, incidentes)	3
Flexibilidad Operacional: FO		Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas	2
No existe opción de producción y no hay forma de recuperarlo	4		
No hay opción de repuesto en almacén	2	No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o en el ambiente	1
Función de repuesto disponible	1		

Fuente: “Manual del mantenimiento Centrado en la Confiabilidad” CONFORPYM

Las áreas de impacto a evaluar con los criterios de criticidad se definen mediante las siguientes ecuaciones que determinan la consecuencia vs frecuencia para cada sistema

$$\text{Consecuencia} = (IO * FO) + CM + SAH \quad \text{Ecuación (1).}$$

Donde:

IO: Impacto Operacional

FO: Flexibilidad Operacional

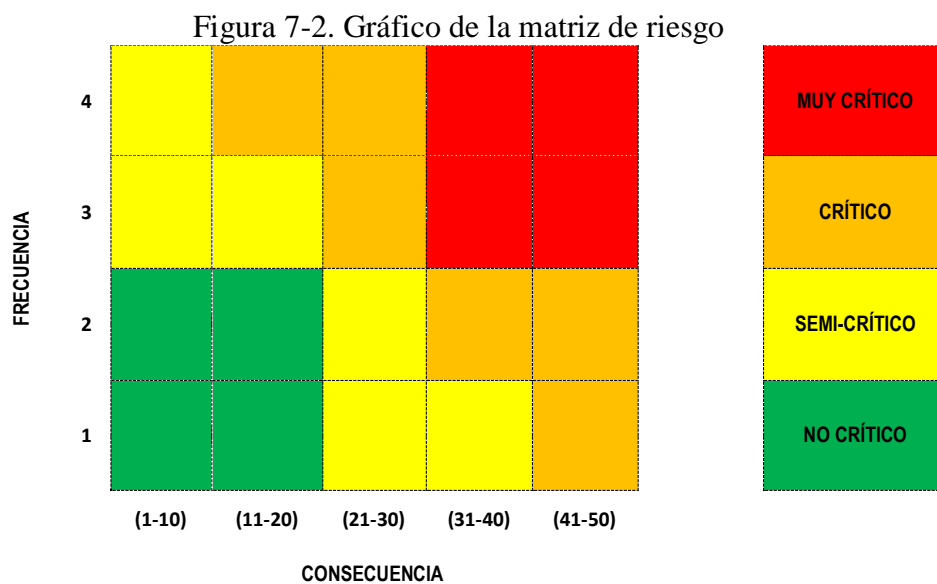
CM: Costos de Mantenimiento

SAH: Impacto en Seguridad, Ambiente, Higiene

Encontrado el nivel de consecuencia se procede a calcular la criticidad total mediante la siguiente ecuación:

$$\text{CRITICIDAD TOTAL} = \text{Frecuencia de Fallas} * \text{Consecuencia} \quad \text{Ecuación (2).}$$

La ecuación 1 determina cuantitativamente el nivel de consecuencia de cada sistema referente a la tabla de criterios de criticidad, una vez encontrado este valor, con ayuda de la ecuación 2 se determina el valor total de la criticidad que a su vez se puede plasmar en la matriz de riesgo de la figura 7.



Fuente: autor

2.9.4 *Requerimientos para el programa de mantenimiento preventivo.* Para establecer el programa de mantenimiento preventivo se debe considerar los siguientes ítems

- Levantar información de todos los equipos a incluir en el plan de mantenimiento.
- Generar check-list a todos los equipos, con el propósito que el operario brinde información de cualquier tipo de anomalías.
- Determinar si las horas-hombre de trabajo satisfacen las actividades planeadas dentro del plan de mantenimiento.
- Establecer tiempos de duración de cada actividad.
- Determinar frecuencias de intervenciones preventivas en cada equipo. Para empezar se puede tomar recomendaciones del fabricante, sin olvidar que tan solo son recomendaciones
- El stock de repuestos registrados en el plan deben ser inventariados, para tener control de bodega.
- Asignar actividades y recursos para el cumplimiento total del plan de mantenimiento.
- Establecer conexiones interdepartamentales con el objetivo de evitar paros. (González, 2008)

2.10 Estructura para el soporte del programa de mantenimiento preventivo.

Para garantizar la continuidad y futura mejora del plan de mantenimiento, se debe plantear una estructura que lo vuelva funcional para enfrentar problemas y proponer soluciones, que a la vez sean para mejor.

Figura 8-2. Estructura de soporte del programa de mantenimiento preventivo



Fuente: <http://www.mantenimientoplanificado.com>

2.10.1 *Análisis de metas y objetivos.* Anteriormente se mencionó algunos ejemplos a alcanzar, pero se debe dar un seguimiento para saber el nivel de impacto sobre alguno de los presentes en la organización.

- Productividad
- Calidad
- Costos
- Inventarios
- Seguridad. (González, 2008)

2.10.2 *Análisis de la operación.* Mantener un control global mediante la comprobación, verificación y vigilancia del mecanismo de personas que ejecutan las acciones de mantenimiento dentro de una organización, para lograr el fin determinado con interacción desde gerencia.

2.10.3 *Análisis de los requerimientos.* Anteriormente se habló ya de requerimientos necesarios para diseñar un plan de mantenimiento, toda esta información recolectada debe estar debidamente normalizada según los lineamientos de la norma ISO 14224 en la organización a fin de no tener inconformidades en auditorías internas y externas.

El diseño y ejecución de un plan, van ligados en procedimientos de: producción, mantenimiento y seguridad antes de entrar en vigencia legal para una organización.

2.10.4 *Implantación del plan y ejecución.* Para obtener excelentes resultados se debe realizar un plan previo a la ejecución, donde estén involucrados e informados todos los departamentos de la organización de que se está actuando sobre los activos de producción.

2.10.5 *Función de control y ejecución.* El responsable de mantenimiento debe tener el control total del plan de implantación y todos los recursos necesarios para su funcionamiento. (González, 2008)

2.10.6 *Medición y evaluación.* El desempeño del departamento de mantenimiento se verá reflejado en tiempos productivos vs tiempos improductivos.

El responsable de mantenimiento (jefe de área), debe estar pendiente de la evolución de algunos puntos importantes:

- Tiempo perdido/capacidad de restitución.
- Tiempo de operación.
- Habilidades de personal de mantenimiento.
- Control de: costos, inventarios y seguridad. (González, 2008)

2.10.7 *Refinamiento y ajustes.* Un plan de mantenimiento para ser exitoso requiere de su constante actualización de datos y modificaciones que lo lleven de acuerdo al índice de incidencia de las fallas a lo largo de un tiempo determinado.

Con el transcurso de tiempos operativos de los equipos, en función con el plan de mantenimiento se verán mejoras en un tiempo de dos a tres años luego de su implantación. (Palencia, 2012)

2.11 Sistema de tratamiento de agua residual pecuaria

Un sistema de tratamiento de agua residual, está conformado por un conjunto de procesos: físicos, químicos y biológicos. Cuyo principio fundamental es reducir o eliminar los niveles de contaminación del agua utilizada para procesos de producción pecuaria.

Con ayuda de nuevas innovaciones tecnológicas, se hace extensiva la responsabilidad por el cuidado del medio ambiente, hoy en día, la gestión ambiental va más allá del cumplimiento de la ley, para fortalecer una cultura de trabajo responsable.

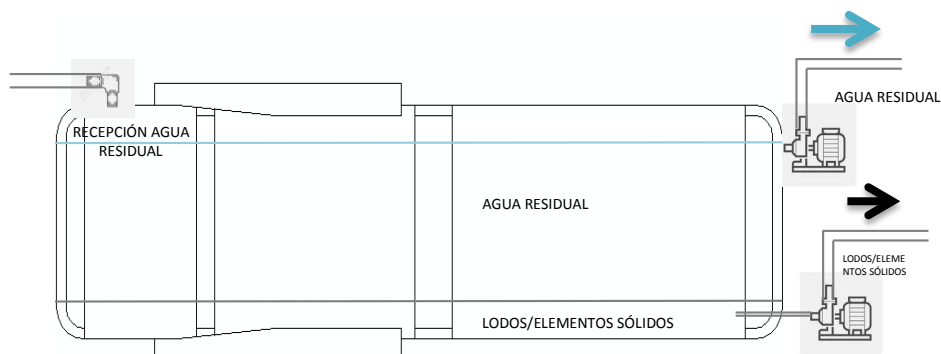
Reducir al mínimo el impacto por proceso de producción pecuaria, es uno de los problemas que deben resolver las grandes empresas dedicadas a ésta rama, para contar con permisos de funcionamiento. (Cervantes, 2010)

2.11.1 *Proceso físico.* Esta etapa del proceso del agua, consiste en separar sólidos que por producto del mismo proceso pecuario, se generan sólidos en suspensión, que a la vez pueden causar el taponamiento de tuberías y el fallo en el funcionamiento de algunos equipos.

El tratamiento físico del proceso se la realiza por piscinas de geomembranas, que por la densidad de los lodos son aquellos que se quedan en la parte inferior y el agua fluye al proceso biológico.

El agua es receptada en piscinas, donde entra a un proceso de maduración en un estimado de veinte a treinta días de reposo, tiempo en el cual los sólidos en suspensión se alojan en el fondo de la piscina y puede ser levemente separado del agua residual, como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 9-2. Tratamiento físico del agua



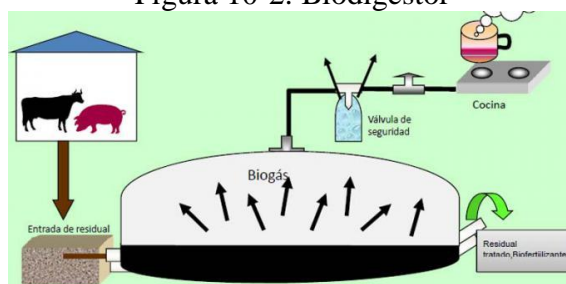
Fuente: (Cervantes, 2010)

2.11.1.1 *Proceso biológico.* El proceso biológico consta básicamente de un biodigestor, el cual es una piscina de geomembrana hermética que recibe agua residual con el fin de madurarla.

El Biodigestor genera gases como: metano y dióxido de carbono, que deben ser extraídos para aprovecharlos y/o quemarlos, a su vez el agua residual pierde propiedades bactericidas lo cual facilita la carga al proceso químico en la extracción de lodos.

El agua se mantiene en reposo un tiempo estimado de treinta a cuarenta días antes de ser bombeado al proceso químico. En la siguiente figura se aprecia el proceso biológico que realiza el biodigestor.

Figura 10-2. Biodigestor



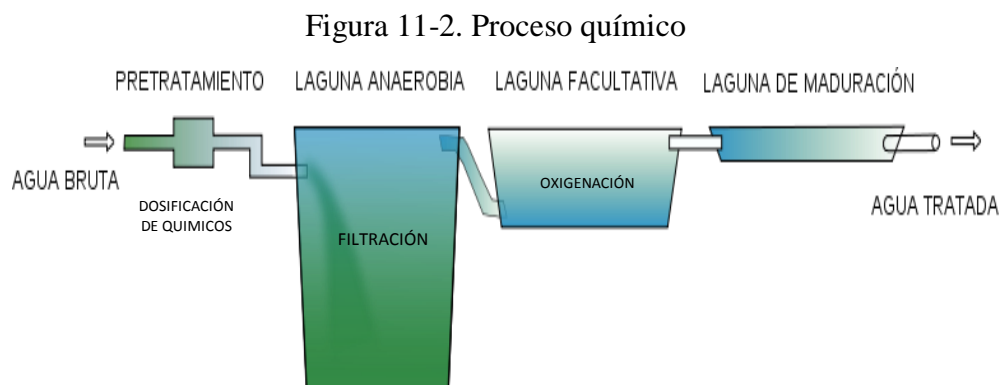
Fuente: <http://www.granma.cu>

2.11.1.2 *Proceso químico.* El proceso químico está encargado en mejorar la calidad del agua residual antes de ser devuelta a: ríos, alcantarillas, sistemas de regadío entre otros. Consta en añadir al agua elementos que eliminan bacterias por medio de lodos activos.

En el caso del proceso para sistemas pecuarios, se lo hace mediante: filtración, lagunaje y oxigenación.

En la filtración se agregan fosfatos, sulfatos y polímeros para separar lodos , el lagunaje ayuda a madurar el agua antes de ser oxigenados, este último con el fin de eliminar bacterias resistentes a los químicos.

El lagunaje madura el agua en un tiempo estimado de quince a veinte días lo que facilita el trabajo de los químicos agregados al agua residual.



Fuente: <https://es.wikipedia.org>

CAPITULO III

3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

3.1 Ubicación.

El sistema de tratamiento de aguas residuales “STAR-PARAÍSO” se encuentra ubicado en el centro de operaciones pecuarias TOACHI, en el kilómetro 15 vía Sto Domingo-Aloag, en el recinto Paraíso.

Con una capacidad para procesar un caudal de $900 \frac{m^3}{día}$ de agua residual, procedente de una población aproximada de seis mil cerdos de las granjas: Toachi1, Toachi 2, Laboratorio y Recría. Es considerado el STAR más grande que PRONACA inserta a sus líneas de operación.

La ubicación de STAR-PARAÍSO lo hace vulnerable en temas a fallos en el proceso, ya que no puede existir derrame de agua residual, a sus alrededores tienen la población Paraíso, el Río Toachi, y la planta potabilizadora de agua para la ciudad de Santo Domingo.

Figura 12-3.Ubicación satelital del STAR-PARAÍSO

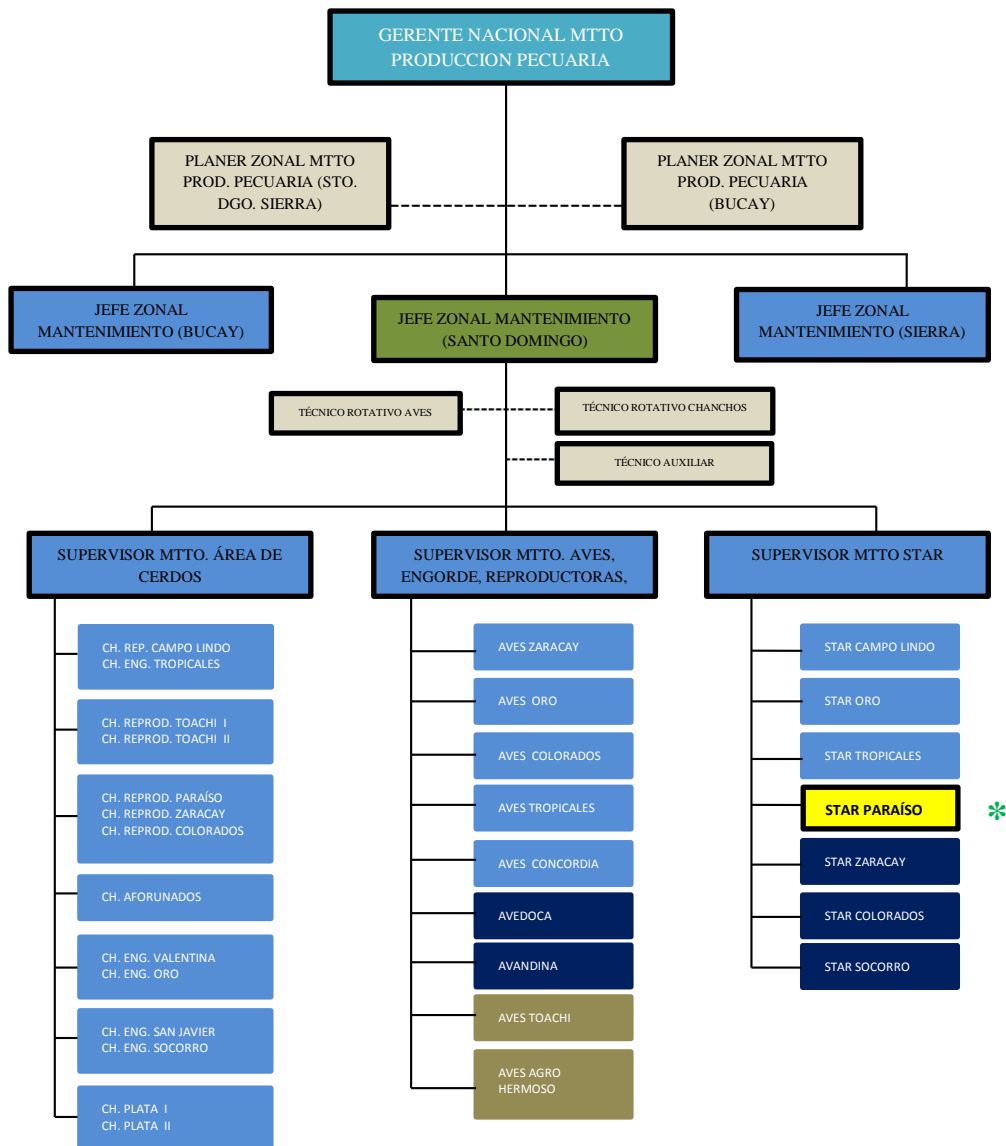


Fuente: Google maps.

3.2 Estructura administrativa del departamento de mantenimiento

Una organización refleja buenos resultados, cuando correctamente designa responsables para cada área de un proceso productivo, con el fin de descentralizar las dependencias de cada departamento, en el organigrama correspondiente a Santo Domingo, se encuentran inmersos un total de veinte personas a cargo de la gestión administrativa y técnica del sector, a fin de mantener competitivo al departamento Santo Domingo con: Bucay y la Sierra.

Figura 13-3. Estructura administrativa

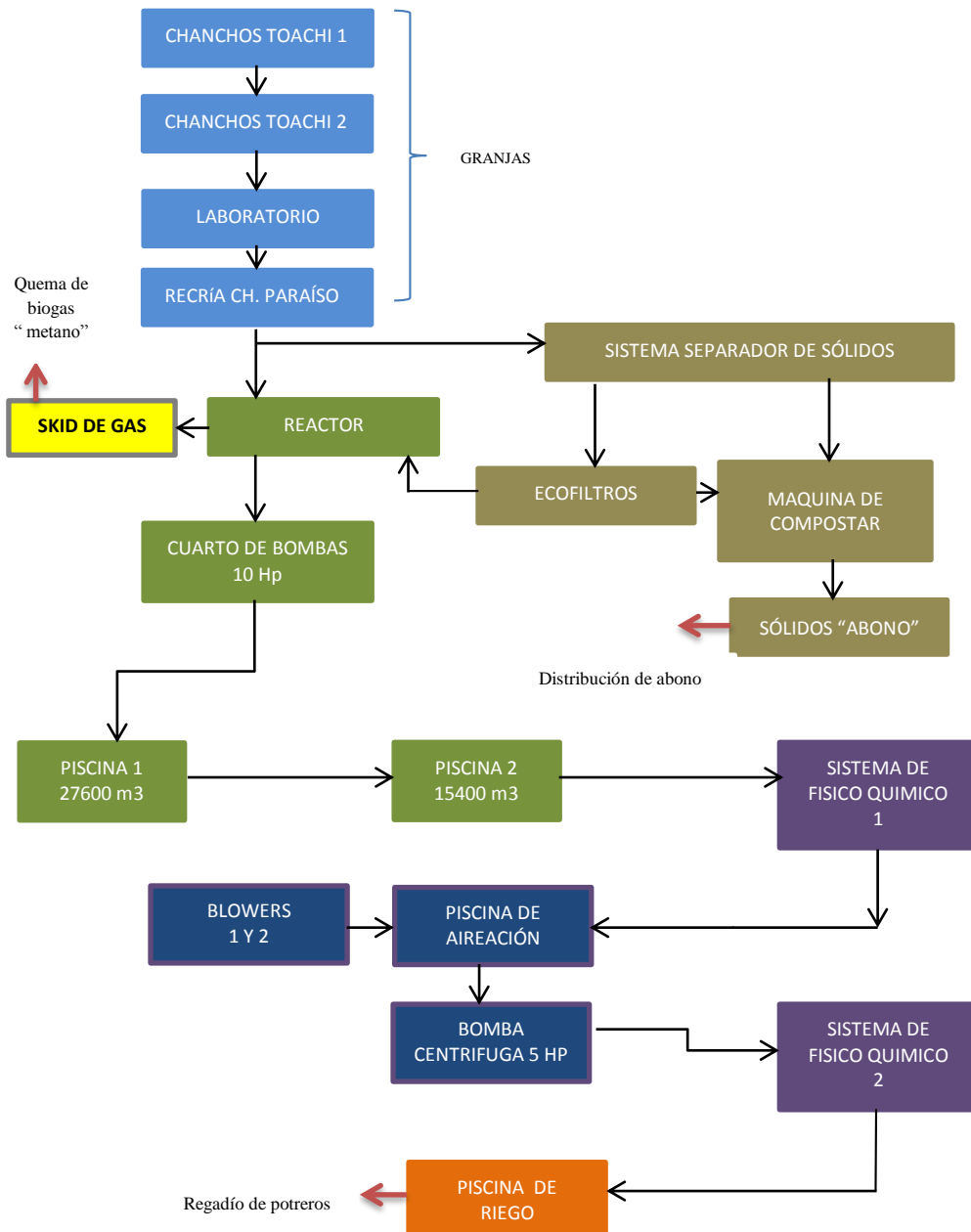


Fuente. STAR-PARAÍSO

3.3 Distribución de proceso

La distribución de proceso está conformada por los diferentes sectores necesarios, para modificar el estado de materia, por medio de un sistema de bloques que sintetiza el proceso de tratamiento de aguas residuales de las granjas de cerdos.

Figura 14-3. Distribución de proceso del STAR-PARAÍSO



Fuente: Autor

Los diferentes componentes dentro del proceso de tratamiento de aguas residuales son:

- Sistema de descarga.
- Reactor y Skid de gas.
- Sistema separador de sólidos.
- Sistema de físico-químico 1 y 2.
- Sistema de aireación.
- Sistema de riego.
- Sistema eléctrico.

En comparación a los sistemas de tratamientos de aguas residuales comunes, PRONACA ha realizado implementaciones que mejoran y aprovechan de mejor manera los recursos de este proceso.

El sistema separador de sólidos es el sistema extra que cuenta el STAR-PARAISO que permite no solamente separar elementos sólidos del líquido, sino que, a la vez la transforma en abono que posteriormente se lo comercializa.

Incluye cuatro eco filtros que se encargan en separar los sólidos y el líquido bombearlo hacia el reactor para su maduración. También cuenta con una máquina de compostaje que es la encargada en mezclar los sólidos enviado por los eco filtros con cascarilla de arroz y así conseguir abono orgánico.

Este sistema es una implementación de mejora única en el país, la empresa ha conseguido este proyecto con firmas de convenio con empresas semejantes de Brasil e ingenieros y mano de obra ecuatorianas.

El proyecto es nuevo, es por ello que el mantenimiento se realiza conjuntamente personal técnico de PRONACA y personal técnico de Brasil (proveedores de equipos Marcassio).

3.3.1 *Componentes del STAR-PARAÍSO.* A continuación se detalla los diferentes componentes y/o sistemas que conforman el proceso de tratamiento de aguas residuales.

3.3.1.1 *Sistema de descarga.* El sistema está compuesto por: una red de tubería de 10 pulgadas de diámetro y 2 km de longitud, 24 cajas de revisión, un tanque equalizador y un mixer. A esta red se descargan las aguas residuales provenientes de las granjas de cerdos; Toachi 1, Toachi 2, Laboratorio y Paraíso.

Figura 15-3. Tanque equalizador y mixer.



Fuente. STAR-PARAÍSO

3.3.1.2 *Sistema separador de sólidos.* El sistema separador de sólidos está compuesto por cuatro eco-filtros y una compostera, todo este sistema cubierto por un invernadero, para prevenir afectaciones en los equipos por el medio ambiente agresivo del sector.

Los eco-filtros son los encargados de separar el material sólido del líquido, de las aguas residuales provenientes de las granjas de cerdos, de los cuatro equipos trabajan tres y uno en back-up con el fin aplicar mantenimiento por garantía.

El material sólido entra en un proceso de drenaje del líquido hasta secarse en las bateas y es ocupado como abono en cultivos, mientras que el líquido, es enviado al reactor para la maduración del agua y posterior producción de gas (metano).

Figura 16-3. Ecofiltros.



Fuente: STAR-PARAÍSO

La máquina de compostaje como se aprecia en la figura 17, engloba equipos como: tornillos sin fin de acero inoxidable y motores de alta potencia para el movimiento continuo, el mismo que se desplaza horizontalmente en rieles de manera temporizada.

Este equipo recibe el sólido separado de los ecofiltros, para ser mezclado con cascarilla de arroz hasta obtener abono disuelto y de fácil manipulación.

Al igual que los ecofiltros, esta máquina recibe mantenimiento por garantía de parte de proveedores de Marcassio, la garantía expira en agosto de 2017 por lo que debe ser tomada en cuenta para actividades dentro del desarrollo del plan de mantenimiento.

Figura 17-3. Máquina de compostaje.



Fuente: STAR-PARAÍSO

3.3.1.3 *Reactor*. Está conformado por un equipo físico de medición denominado Canal Parshall, que es el encargado en medir la cantidad de agua que ingresa al reactor posterior al sistema separador de sólidos, para la maduración del líquido.

Figura 18-3. Canal parshall.



Fuente: STAR-PARAÍSO

El reactor es una piscina de 7m de profundidad con una capacidad de almacenamiento de 50000 m^3 de agua, la misma que esta herméticamente cubierta por una geomembrana, dentro del cual, se deposita el material proveniente del sistema separador de sólidos a madurar.

Este proceso de maduración de agua produce un gas (metano), el mismo que se extrae por medio de un sistema skid de gas, que es el encargado en: medir, purificar y quemar el gas, antes de ser desalojado al ambiente.

Figura 19-3. Reactor.



Fuente: STAR-PARAÍSO

El Skid de gas está compuesto por: 2 cortafuegos, un blower, una chimenea, filtros y un sistema de control, los cuáles son los encargados en absorber el gas producido por la maduración de las aguas residuales del reactor, para el proceso de filtrado y posterior quema del gas al medio ambiente.

Figura 20-3. Sistema Skid de gas.



Fuente: STAR-PARAÍSO

3.3.1.4 *Piscinas de oxidación 1 y 2.* Son pozos de poca profundidad en el cual se elimina de forma natural patógena relacionada con estiércol de los cerdos. Es un

proceso fácil y efectivo para tratar aguas residuales, este proceso puede ser acelerado por sistemas de aireación. (Mogollón, 2009)

La maduración de las aguas residuales en las piscinas 1 y 2 son de 20 días cada una. El sistema está conformado por dos blowers que inyectan aire en las piscinas para eliminar la formación de nitritos, que afectan a los componentes del sistema de bombeo, posteriormente las aguas maduras son enviadas al proceso de físico químico.

Figura 21-3. Piscinas de oxidación.



Fuente: STAR-PARAÍSO

3.3.1.5 *Sistema de físico-químico.* Es un sistema de tratamiento donde: el agua entra en un proceso de equalización con los químicos “sulfato de aluminio”, para reducir los sólidos dispersos y en suspensión, a fin de conseguir agua con nutrientes de menor contenido biológico, que puede utilizarse como riego o bien enviarse a tratamientos posteriores.

El sistema está compuesto por:

- Tanque 500 lts, de polimeros
- Tanque 500lts, de sulfato de aluminio.
- Mixer equalizador
- Bombas dosificadoras
- Tuberías 1” acero inoxidable
- Tuberías de 4”

- Válvulas solenoides 4"

Figura 22-3. Tanques dosificadores de 500 lts.



Fuente: STAR-PARAÍSO

Figura 23-3. Mixer de los tanques de físico-químico.



Fuente: STAR-PARAÍSO

3.3.1.6 *Sistema de aireación.* Es un proceso que inyecta la cantidad de oxígeno necesaria en las piscinas para la transmisión del aire a la fase líquida con mayor velocidad, logrando el mezclado y la disolución de los gases en el líquido. (Castro Solís, 2012)

Está compuesto por.

- Dos compresores tribulares de 20 Hp,
- Cinco líneas de Tuberías de aire 2" a través de tuberías el aire es expulsado desde el interior de la piscina aproximadamente a tres metros de columna de agua.
- Tablero de control (Variadores de frecuencia para el arranque)
- Medidor de oxígeno (oxímetro).
- Bombas de recirculación.

Figura 24-3. Aireación de piscinas.



Fuente: STAR-PARAÍSO

Figura 25-3. Blower.



Fuente: STAR-PARAÍSO

3.3.1.7 *Sistema de riego.* Una vez realizado el respectivo tratamiento de las aguas residuales, al final se tiene como resultado, aguas con fertilizantes que son recolectadas en la piscina de riego que tiene una capacidad de 3000 m^3 de agua. Seguidamente son enviadas a través de una tubería de 2 pulgadas de 600 m de longitud por medio de gravedad a potreros.

Figura 26-3. Piscina de riego.



Fuente: STAR-PARAÍSO

3.3.1.8 *Sistema eléctrico.* El sistema eléctrico se encuentra conformado por un transformador de media tensión ECUATRAN 1000 KVA, encargado en suministrar los diferentes voltajes a los sistemas: 220v, 380v, 480v. Cuenta con mantenimiento preventivo programado anual por parte de técnicos de ECUATRAN.

Figura 27-3. Transformador de media tensión.



Fuente: STAR-PARAÍSO

3.3.2 *Importancia de los STAR en el país.* El STAR es un sistema para tratamiento de aguas residuales de los desechos orgánicos, en la explotación pecuaria. Cumple con lo estipulado en cuidados por el medio ambiente, pues procesa la materia orgánica para así convertirla en: abono líquido de gran valor nutricional para las plantas y generación de biogás (metano). (Guerrero, 2016)

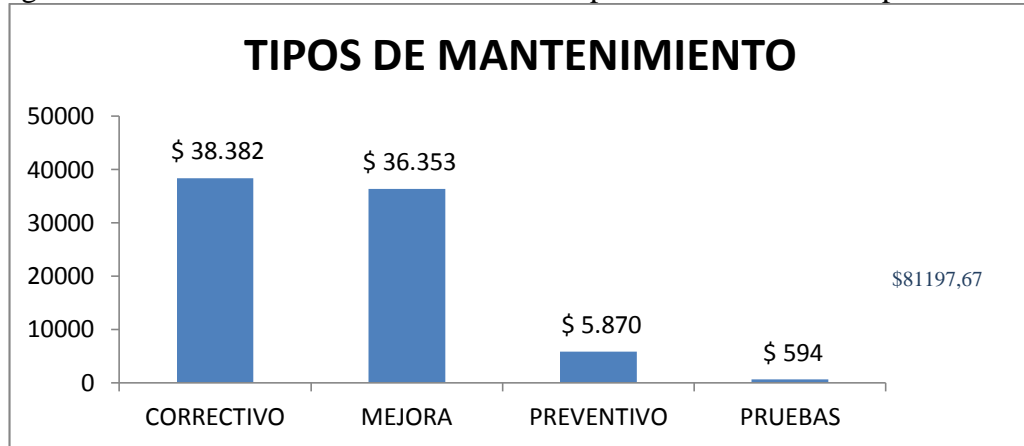
La implementación de este proyecto aporta a la reducción de contaminación del medio ambiente y está considerado dentro de los bonos de carbono, que a su vez resulta provechoso por parte de la empresa, ya que anualmente recibe incentivos económicos para seguir reduciendo el impacto al medio ambiente, en todas las líneas productivas de la empresa.

“Los bonos de carbono son mecanismos internacionales de cuidados del medio ambiente, para reducir las emisiones contaminantes al mismo; es uno de los tres mecanismos propuestos en el Protocolo de Kioto para la reducción de emisiones causantes del calentamiento global, mediante incentivos económicos a quienes se relacionen y cumplan con este mecanismo.” (Rincón, 2015)

3.4 Costos por mantenimiento

Los costos por mantenimiento en el año 2016 del sistema de aguas residuales STAR-PARAÍSO, están representado por valores elevados en cuanto se refiere a mantenimientos correctivos y de mejoras; mientras que en trabajos preventivos, existe un índice bajo de costos por este tipo de mantenimiento aplicado, como se observa en la figura 28.

Figura 28-3. Gráfico de costos de acuerdo al tipo de mantenimiento aplicado 2016



Fuente: STAR-PARAÍSO

Los costos se subdividen para cada sistema perteneciente al STAR, según el tipo de mantenimiento aplicado. La figura 29 indica ordenadamente la división del total para cada sistema.

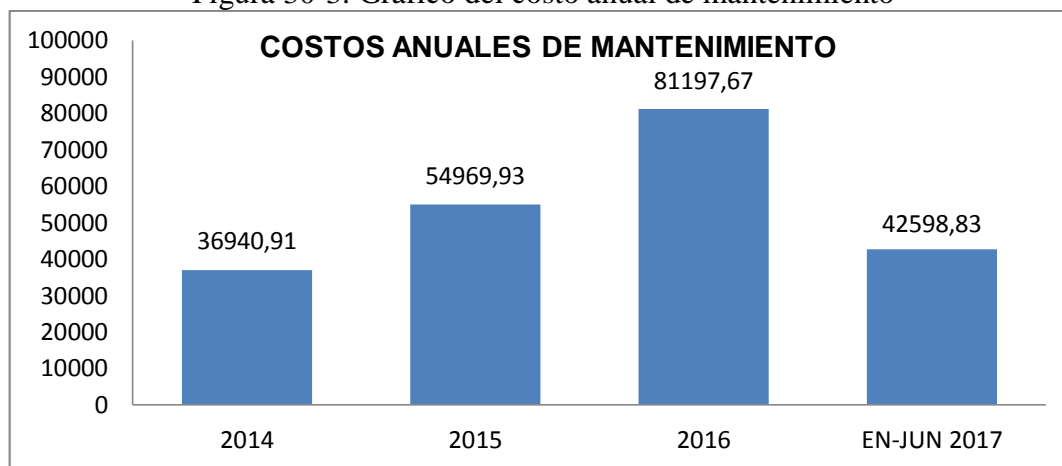
Figura 29-3. Gráfico de costos de mto en cada sistema del STAR-PARAÍSO



Fuente: STAR-PARAÍSO

Durante el tiempo de funcionamiento del STAR, los rubros asignados para trabajos de mantenimiento en cada año se han elevado paulatinamente, como lo muestra figura 30. Esto con el fin de conseguir una mayor efectividad del proceso; la gestión a realizar trata en reducir los costos por mantenimiento correctivo y asignarlos a costos por mantenimiento preventivo.

Figura 30-3. Gráfico del costo anual de mantenimiento



Fuente: STAR-PARAÍSO

3.5 Fichas técnicas empleadas actualmente

Una ficha técnica es un documento que contiene y ordena, todas las características de un equipo o componente con el suficiente detalle e información, para ser utilizado por los operadores de los equipos.

En la actualidad los equipos pertenecientes al sistema de tratamiento de aguas residuales STAR-PARAÍSO, no cuentan con formatos de fichas técnicas. Se requiere levantar información de datos para cada una de la maquinaria perteneciente al centro de operaciones.

3.6 Check list de la maquinaria

Un check list, es un documento de inspección diaria para los equipos inmersos en el STAR. Son revisados por el operador de cada máquina, proporcionando información al personal de mantenimiento en el caso de existir inconvenientes menores como: fugas

de fluido, elementos en mal estado, calibraciones ineficientes, variabilidad de parámetros eléctricos, entre otros.

No existe check list de la maquinaria actualmente, es necesario su creación para mejorar el mantenimiento autónomo en el sistema de tratamiento de aguas residuales.

3.7 Estado de instalaciones hidráulicas.

En la visita al STAR-PARAÍSO, se pudo evidenciar que las tuberías de conducción de los diferentes fluidos del proceso, no se encuentran plenamente identificadas por medio de código de colores.

Se propone a la jefatura de mantenimiento, realice dichos trabajos de mejora estética y siguiendo lineamientos de normativas.

3.8 Técnicas de mantenimiento utilizadas actualmente.

Actualmente se realiza mantenimiento correctivo. Las condiciones ambientales severas en las que trabaja STAR-PARAÍSO, hacen que los equipos instalados y sus elementos sean vulnerables a sufrir deterioro. Es por ello que es necesario realizar actividades preventivas.

Al ocurrir fallos en cualquiera de los equipos, el tiempo de respuesta de un técnico de mantenimiento es bajo, ya que no existe personal delegado en el centro de operaciones Toachi. Los técnicos actuales son rotativos para los siete STAR en Santo Domingo.

Para el diseño del plan de mantenimiento preventivo como punto de partida se utilizara el historial de mantenimiento del año 2016 de los cuales se obtiene una aproximación de las frecuencias.

Es necesario la participación de los proveedores de servicios de ésta área, para definir y ajustar un cronograma de mantenimiento que nos permita conservar la disponibilidad permanente de los equipos.

CAPITULO IV

4. DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

4.1 Codificación de equipos.

La identificación y posterior codificación de equipos pertenecientes al sistema de tratamiento de aguas residuales STAR-PARAÍSO, se lo hace con el fin de ubicar a los activos con facilidad, de manera que no se tenga confusión en el caso de existir uno o más equipos con iguales características.

La codificación se lo realiza técnicamente, siguiendo los lineamientos de la norma ISO 14224 de manera secuencial y lógica a los diferentes sistemas pertenecientes al STAR, como se lo muestra en la tabla 4.

La norma internacional menciona: “Un sistema de control de mantenimiento de las instalaciones y equipos constituye principalmente de la fuente de datos con las que se maneje, esta información debe estar estrechamente vinculada con los procesos de producción, para mantener reportes de mantenimiento confiable y llevadero”. (ISO14224, 1999)

Tabla 4-4. Proceso de codificación de equipos

SISTEMA DE CODIFICACIÓN TÉCNICA		
CENTRO DE OPERACIÓN	P	STAR PARAÍSO
SISTEMA	SS	Separador de sólidos
UNIDAD DE EQUIPO	C	Máquina para compostar
SUB UNIDAD DE EQUIPO	M	Motor eléctrico
# DE EQUIPO	-	01
CÓDIGO	P-SS-C-M-01	

Fuente: Autor

Una vez aplicada la codificación se ha creado una hoja de inventario donde se puede visualizar detalladamente el proceso de codificación para cada maquinaria, como se puede observar en el anexo A.

4.2 Diseño de fichas técnicas.

Para adjuntar los datos de cada equipo se toma en cuenta características de operación y medio ambiente, con la finalidad de obtener datos de un equipo y definir si estos son válidos para otra aplicación dentro una misma organización.

La norma internacional menciona: “Cada equipo debe identificarse en una base de datos, mediante cierta cantidad de atributos que describan información única, para evitar confusión de activos dentro de un mismo proceso” (ISO14224, 1999)

La recolección de datos se ha obtenido siguiendo lineamientos de la norma ISO 14224. La tabla 5, es una plantilla de ejemplo de la norma a seguir, donde para alcanzar los objetivos de las fichas técnicas, se deben conseguir los datos a continuación mencionados.

Tabla 5-4. Datos de equipo

CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS	DATOS
IDENTIFICACIÓN	Ubicación del equipo	Lugar y número de identificación
	Clasificación	Unidad de equipo Tipo de equipo Aplicación
	Datos de instalación	Nombre de sistema Número de sistema
DISEÑO	Datos de fabricante	Nombre del fabricante Procedencia
	Características de diseño	Placa de característica de cada equipo
APLICACIÓN	Operación (uso normal)	Modo de operación Fecha de instalación de equipo Periodo de monitoreo
	Factores ambientales	Condiciones ambientales externas, internas
	Adicional	Lay-out

Fuente: (ISO14224, 1999)

La figura 31, es un ejemplo de las fichas técnicas creadas, donde se puede apreciar los puntos que hace hincapié la tabla 5, haciendo referencia a todos los datos de la placa de característica del equipo y una posterior subdivisión de todos los elementos.

En el anexo B, se puede apreciar las fichas técnicas creadas para cada equipo del STAR-PARAÍSO.

Figura 31-4. Ficha técnica de ejemplo.

		FICHA TÉCNICA SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (STAR)		Código:	SGM-03
				Versión:	0.0
Aprobado por:		Ing. Marco Zavala	Revisado por:	Responsable:	Téc. Laureano Rojas
UNIDAD DE EQUIPO			FOTOGRAFÍA		
Clase de equipo					
Nombre:	BOMBA CENTRIFUGA PISCINA DE AIREACIÓN				
Código:	P-SD-BC-BC-03				
Tipo					
Descripción:	ELECTROMECAÁNICO				
Aplicación					
Descripción:	BOMBEO Y RECIRCULACIÓN DE AGUA RESIDUAL				
Identificación					
Centro de Operación:	STAR PARAÍSO				
Ubicación:	SISTEMA DE AIREACIÓN				
Año de fabricación:	Nov. 2014				
Año de Operación:	Oct. 2015				
Vida útil:	20 años				
Estado:	Operativo				
Procedencia:					
Condiciones ambientales:	SEVERAS				
SUBDIVISIÓN DE LA UNIDAD DE EQUIPO					
1. TABLERO DE CONTROL					
2. MOTOR					
3. BOMBA CENTRIFUGA					
1. TABLERO DE CONTROL					
MARCA GUARDAMOTOR:	MARCA CONTACTOR:	CONDUCTOR FUERZA	FOTOGRAFÍA		
SCHNEIDER	SCHNEIDER	Cable concéntrico 4 x 10 flex			
VOLTAJE:	VOLTAJE:	CONDUCTOR CONTROL			
220v / 380v / 480v	220v / 380v / 480v	Cable N° 14			
AMPERAJE	AMPERAJE	SELECTOR A:			
Regulable 13 -18 A	18 A Máx	Paro de emergencia			
Partes mantenibles					
Contadores, disyuntores, breakers, cableado eléctrico, terminales, caja de control					
2. MOTOR ELÉCTRICO					
MARCA:	CORRIENTE:	PESO:	FOTOGRAFÍA		
WEG	13.0 / 7,53 / 6,50	30 Kg			
POTENCIA:	TYPE:	SERIE:			
5 Hp	S1	1017784948			
RPM:	TEMPERATURA DE TRABAJO	FECHA FABRICACIÓN:			
3485	40 °C	19-nov-12			
FRECUENCIA:	ALTURA DE BOMBEO:	FASES:			
60 Hz	1000m	Trifásico			
IP:	RENDIMIENTO:				
55	85.6				
VOLTAJE:	COSφ:				
220 / 380 / 440	0.87				
Partes mantenibles					
Carcasa motor, ventilador, rotor, estator, cableado y conexión de bornes					

Fuente: Autor.

4.3 Determinación de colores para las tuberías de fluidos.

Durante las visitas realizadas al complejo STAR-PARAÍSO, se pudo evidenciar que las tuberías que conducen los diferentes fluidos no se encontraban plenamente identificadas, por lo que se recomendó a a jefatura de mantenimiento realizar trabajos correctivos en busca de la mejora estética.

La tabla 7, determina para cada fluido un color en específico según la normativa de colores INEN 440 que se aplican en todo el complejo.

Tabla 6-4. Clasificación de Fluidos

FLUIDO	CATEGORIA	COLOR
Agua	1	verde
Vapor de agua	2	gris plata
Aire y oxigeno	3	azul
Gases combustibles	4	amarillo ocre
Gases no combustibles	5	amarillo ocre
Ácidos	6	anaranjado
Álcalis	7	violeta
Líquidos combustibles	8	café
Líquidos no combustibles*	9	negro
Vacío	0	gris

Agua o vapor contra incendios	N/A	rojo de seguridad
Glp (gas licuado de petróleo)	N/A	blanco

Fuente: Norma INEN 440 colores de identificación de tuberías.

Tabla 7-4. Evidencia de pintura de tuberías y equipos.

CAJAS DE REVISIÓN	TUBERÍAS Y SOPORTES	TUBERÍAS Y EQUIPOS
		

Fuente: Autor

En la tabla 8, se puede apreciar los trabajos realizados aplicando lineamientos de la norma INEN 440, que da un mejor aspecto a las instalaciones hidráulicas del complejo STAR-PARAÍSO, y así, evitar a que las tuberías sigan en constante deterioro por la corrosión presente en el lugar.

4.4 Evaluación técnica de equipos.

4.4.1 *Análisis de criticidad de equipos.* El análisis de criticidad aplicado a los diferentes sistemas y sub sistemas del STAR, permite priorizar los programas y planes de mantenimiento de tal modo que se jerarquiza, con el fin de realizar actividades preventivas a los de tipo crítico, semicrítico y muy crítico.

Tabla 8-4. Resumen general de criticidad de sistemas

SISTEMA	SUB SISTEMA	FF	IO	FO	CM	SAH	CON SECUENCIA	CRITICIDAD TOTAL	JERARQUIZACIÓN
DESCARGA	RED HIDROSANITARIA EXTERNA	3	4	2	2	4	14	42	SEMI-CRITICO
	TANQUE HOMOGENIZADOR	1	2	2	1	2	7	7	NO CRITICO
	RED HIDROSANITARIA INTERNA	3	4	2	2	4	14	42	SEMI-CRITICO
	CANAL PARSHALL	2	1	1	1	2	4	8	NO CRITICO
SEPARADOR DE SOLIDOS	ECOFILTROS 1 - 2 - 3 - 4 - BACK-UP	3	4	2	2	4	14	42	SEMI-CRITICO
	MAQUINA DE COMPOSTAJE	3	4	2	2	4	14	42	SEMI-CRITICO
	INVERNADERO	2	1	1	1	2	4	8	NO CRITICO
REACTOR	CUARTO DE BOMBAS	2	4	4	2	8	26	52	SEMI-CRITICO
	SKIT DE GAS	3	4	2	2	4	14	42	SEMI-CRITICO
	GEOMENBRANA	2	4	4	2	8	26	52	SEMI-CRITICO
FÍSICO-QUÍMICO	FISICO QUIMICO 1	3	4	2	2	4	14	42	SEMI-CRITICO
	FISICO QUIMICO 2	3	4	2	2	4	14	42	SEMI-CRITICO
SISITEMA DE AIREACIÓN	BLOWER TRIBULARES	2	10	4	1	1	42	84	CRITICO
	PISCINA DE AIREACIÓN	2	1	1	1	4	6	12	NO CRITICO
SISTEMA DE RIEGO	RED DE RIEGO	2	4	4	2	8	26	52	SEMI-CRITICO
	PISCINA.	1	1	1	1	4	6	6	NO CRITICO
SISTEMA ELÉCTRICO	REDES MT/BT, ILUMINACION	2	10	4	1	1	42	84	CRITICO
	CAMARA DE TRANSFORMACION	3	10	4	2	8	50	150	MUY CRITICO
	CUARTO DE CONTROL	2	4	1	2	4	10	20	NO CRITICO
	TABLEROS DE CONTROL	2	7	4	2	8	38	76	CRITICO

Fuente: Autor

El resumen de la tabla 9, es el punto de partida para la inspección termográfica y determinación de estado técnico actual de los equipos según el nivel de criticidad.

Cada sistema del STAR, presenta un nivel de criticidad como mínimo semicrítico, lo cual hace notar que el proceso de tratamiento de aguas residuales sea de alto riesgo, bajo criterios ambientales y/o económicos.

La presencia de fallas en el STAR como: la ruptura u obstrucción de las tuberías hidrosanitarias, o pérdida de energía por fallos eléctricos, entre otras, genera consecuencias como: derrame de aguas residuales a la vía Sto Domingo-Aloag al río donde existe la planta de captación de agua potable para la ciudad del mismo nombre y afectaciones al pueblo aledaño

Dónde de ocurrir esto los agentes de control del medio ambiente tendrían que cerrar las operaciones de toda la planta, multando económicamente y dejando sin producción a uno de los más grandes recintos de PRONACA.

Es por ello que el plan de mantenimiento considera a todos los sistemas pertenecientes al STAR con el fin de reducir fallos inesperados y por ende las consecuencias mencionadas.

4.4.2 *Inspección termográfica de equipos críticos y muy críticos.* La norma ISO 13306, estipula al mantenimiento basado en la condición como mantenimiento preventivo, que permite determinar fallos potenciales en desarrollo, de acuerdo a la situación actual en la cual se encuentre operando la maquinaria y/o elementos.

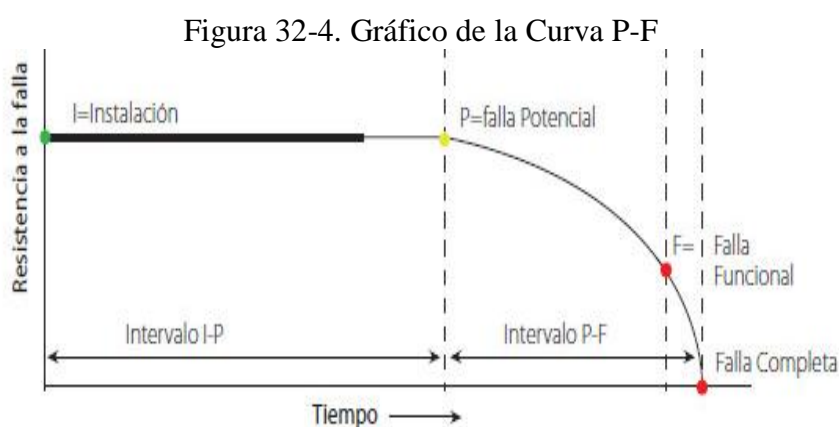
Una de las técnicas basadas en la condición, es la termografía, que con un equipo capaz de receptar radiaciones infrarrojas, detecta anomalías en los elementos de la maquinaria en estado de funcionamiento. (ISO18434-1, 2008)

La cámara termográfica puede evidenciar fallas en desarrollo (potenciales), que se presentan por el incremento de temperatura en los elementos de una máquina, se puede predecir incendios en tableros eléctricos, fallos en desarrollo en líneas de media tensión,

fallos en instalaciones mecánicas, entre otros. (Guía de termografía para mantenimiento predictivo, 2011)

La figura 31, representa la vida de un elemento desde la instalación, hasta que se presentan las fallas funcionales. La detección de fallos en desarrollo permite ubicar el punto P, anticipando fallos funcionales e inesperados en el punto F.

El intervalo de detección depende del nivel de similitud que tenga el inspector termográfico y/o los conocimientos básicos necesarios para evidenciar fallos en desarrollo por aumento de temperatura.



Fuente: <http://www.microbyte.cl>

La inspección termográfica de equipos se la realiza con una cámara termográfica FLIR E60, para la inspección es necesario crear una tabla donde indica los rangos de variación de temperatura, medidas a optar y colores para generar informes de estado en las siguientes tablas.

Los criterios de severidad que se aprecian en la tabla 10, son relativos a recomendaciones de la norma ISO 18434-1:2008, que recomienda determinar condiciones para cada inspección con su respectiva valoración.


Tabla 9-4. Criterios termográficos de severidad

NORMAL	SEMI-LEVE	LEVE	SEVERO	SEMI-CRITICO	CRITICO
P0	P1	P2	P3	P4	P5
Continuar monitoreo programado.	Investigue posible incremento.	Medidas correctivas se deben tomar en el próximo período de mantenimiento.	Medidas correctivas requiere una programación.	Medidas correctivas necesarias con urgencia.	Medidas correctivas necesarias inmediatamente

Fuente. Autor

En la siguiente tabla se puede apreciar un resumen del análisis termográfico de equipos aplicado según el modelo de criticidad, el anexo C detalla de mejor manera el porque la cualificación de severidad encontrada.

Tabla 10-4. Análisis técnico de equipos.

	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES STAR		
	MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN ANÁLISIS TERMOGRÁFICO		
EQUIPO	CODIGO	SEVERIDAD	OBSERVACIONES
Tablero de capacitores	Sist. Eléctrico	P3	Calentamiento de conductor de alimentación principal, medida correctiva requiere programación
Breaker principal	Sist. Eléctrico	P0	Calentamiento normal de trabajo
Bomba Centrífuga	P-FQ-P-BC-01	PO	Calentamiento normal de trabajo
Compresor tribular	P-A-CT-M-01	PO	Calentamiento normal de trabajo
Compresor tribular	P-A-CT-M-02	PO	Calentamiento normal de trabajo
Celda de Carga		PO	Calentamiento normal de trabajo
Transformador 1000KVA	P-SE-TMT-01	PO	Calentamiento normal de trabajo
Tableros de control	Sist. Eléctrico	P3	Calentamiento de conductores, medida correctiva requiere programación

Fuente: Autor

El análisis termográfico presentado en estas tablas, se realiza con ayuda del software FLIR y se detallan en el anexo D.

4.5 Desarrollo de actividades rutinarias.

Para el diseño actividades por mantenimiento autónomo (check list), es necesario la creación de actividades superficiales que inspeccionen el estado, antes de la operación de los diferentes equipos. Las actividades tienen características que son llevaderas con el operador, ya que ellos conocen mejor las condiciones del equipo a su cargo porque interactúan diariamente.

El formato de check list se puede apreciar en el anexo C, contempla: el nombre del sistema, una fotografía, el número de actividades diarias a inspeccionar , el mes con sus respectivos días, un cuadro de observaciones que puede detallar el operador y un cuadro de revisión de parte de personal técnico de mantenimiento.

Para hacerlo realizar un buen manejo del formato se debe seguir la siguiente instrucción:

“En los recuadros de cada semana marcar con un visto (√) si cumple con las condiciones, de lo contrario marca con una (X), y explicar las razones en "OBSERVACIONES". Si considera que la máquina no presta garantías hacia la integridad de las personas como del mismo equipo comunique de inmediato a mantenimiento”

La instrucción debe ser considerada de acuerdo a la percepción que tiene el operador de acuerdo a anomalías encontradas antes o durante su funcionamiento. Los diferentes check list de los sistemas se encuentran detalladamente en el anexo C.

Este tipo de control documentado de los sistemas ayuda a reportar anomalías dentro del correcto funcionamiento de los equipos, ya que con información diaria hacia los técnicos, se puede evitar fallos inesperados con acciones preventivas que detecta un operador.

4.6 Seguimiento del funcionamiento de equipos.


Uno de los principales problemas que se pueden presentar en un equipo en estado de funcionamiento, es el desgaste mecánico de sus elementos móviles. Existen varios métodos para contrarrestar estos problemas y evitar paros imprevistos que afecten a un proceso.

Apegados a un mantenimiento basado en la condición, el control de voltaje y corriente a un equipo puede visualizar el comportamiento de funcionalidad y observar irregularidades en el formato.

Si existe desgaste de un rodamiento, el equipo presenta: variabilidad en el consumo de corriente y voltaje (tiende a ser mayor de lo normal), por razones de existir rozamiento por fallas del elemento, la temperatura incrementa notoriamente. Es así que con ayuda de un control de parámetros se puede prevenir este tipo de

En la tabla 12, se puede apreciar el formato para el control semanal de parámetros de los equipos del STAR (voltaje, corriente, temperatura y presión). Según actividades propuestas con una frecuencia semanal, el técnico de mantenimiento realizará la toma de datos con ayuda de un multímetro y un pirómetro, que fueron adquiridos de acuerdo a la demanda del plan de mantenimiento como propuesta.

Tabla 11-4. Formato de control de parámetros

		CONTROL DE PARÁMETROS DE MÁQUINAS										Código:	
												Versión:	0,0
		SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES STAR										Fecha Emisión:	
MAQUINA:									RESPONSABLE:				
ITEM	SEMANA/FECHA	HORA	VOLTAJE (V)			CORRIENTE (A)			TEMP. °C			PRESIÓN	NOVEDADES
			UV	VW	WU	U	V	W	Motor	Bomba	Sello	Bomba	
1													
2													
3													
4													
5													
6													

Fuente: Autor

4.7 Fijación de actividades para el plan anual de mantenimiento preventivo

Con el fin de mantener al máximo la funcionalidad de los equipos se determinan frecuencias de actividades de mantenimiento para cada activo por sus diferentes condiciones de operación; como punto de partida para determinar las diferentes actividades, se guía en un historial de fallos en línea de la empresa, se observa la magnitud de repetitividad de trabajos correctivos y de mejora realizados a los equipos, y es así que el formato es de mucha importancia para la toma de decisiones.

Los manuales de mantenimiento de cada equipo, de igual manera recomiendan actividades con frecuencias, que nada más deben ser tomadas como recomendación para adaptar el plan de mantenimiento a las condiciones de operación del STAR.

4.7.1 *Actividades de mantenimiento para la red hidrosanitaria externa.* La tabla 13 indica las actividades preventivas para la red hidrosanitaria externa, a continuación se da a conocer la frecuencia y el estado de operación del equipo.

Tabla 12-4. Actividades preventivas red hidrosanitaria externa.

RED HIDROSANITARIA EXTERNA			
Ítem	ACTIVIDADES	Frecuencia	Estado
1	DESBROCE de maleza en la tubería de descarga 250 mm	M	P/F
2	Limpieza de tuberías y pozos de revisión	3M	P
3	Pintar-revisar estado de cables templadores (PUENTES CELOCIAS TOACHI 2)	A	P/F
4	Pintar-revisar estado de cables templadores (PUENTES CELOCIAS LABORATORIO)	A	P/F
5	Limpieza de tubería 250 mm , 200 mm (LABORATORIO DESCARGA PARAÍSO)	A	P
6	Limpieza de monte FUMIGAR DE SER NECESARIO ,(LABORATORIO)	M	P/F
7	Limpieza de tubería y cajas de revisión (LABORATORIO)	3M	P

Fuente: Autor

4.7.2 *Actividades de mantenimiento para el Tanque homogenizador.* La tabla 14 indica las actividades preventivas para el tanque homogenizador, a continuación se da a conocer la frecuencia y el estado de operación del equipo.

Tabla 13-4. Actividades preventivas tanque homogenizador.

TANQUE HOMOGENIZADOR			
Ítem	ACTIVIDADES	Frecuencia	Estado
1	Mantenimiento de motor, cambio de rodamiento y pintura	2M	P/F
2	Mantenimiento y/o pintura de carcasa de motor	6M	P
3	Revisión de nivel de aceite	3M	P/F
4	Barnizado y cambio de rodamientos, pintura de carcasa de motor	A	P
5	Limpieza genera del equipo (motor, tanque , estructura)	M	P

Fuente: Autor

4.7.3 *Actividades de mantenimiento para la red hidrosanitaria interna.* La tabla 15 indica las actividades preventivas para la red hidrosanitaria interna, a continuación se da a conocer la frecuencia y el estado de operación del equipo.

Tabla 14-4. Actividades preventivas red hidrosanitaria interna.

RED HIDROSANITARIA INTERNA			
Ítem	ACTIVIDADES	Frecuencia	Estado
1	Limpieza de tubería y red. Presión a eco filtros	4M	P
2	Limpieza de tubería desde compotera a biodigestor " tubos y pozos"	4M	P
3	Calibración de sonda ultrasónica en el sistema de medición (CANAL PARSHALL)	6M	P/F

Fuente: Autor

4.7.4 *Actividades de mantenimiento para Ecofiltros.* La tabla 16 indica las actividades preventivas para los ecofiltros 1, 2, 3 y back up, a continuación se da a conocer la frecuencia y el estado de operación del equipo.

Tabla 15-4. Actividades preventivas Filtros 1, 2, 3 y back up.

ECOFILTROS 1,2,3,BACK UP			
Ítem	ACTIVIDADES	Frecuencia	Estado
1	Mantenimiento preventivo, barnizado de bobinas, cambio de rodamientos , ajuste de bandas (MOTOR)	A	P
2	Revisión y limpieza de tamiz, cambio de prensa estopa, chumacera de ser necesario	M	P
3	Cambio de bandas, lubricación de chumaceras, reajuste.	M	P
4	Revisar si existe fugas de aceite, humedad o grasa en los equipos, corregir de ser necesario	M	P/F
5	Comprobar el estado de la carcasa de los equipos , conexiones, tuercas de sujeción y accesorios hidráulicos en buen estado	M	P/F
6	Mantenimiento basado en condición (termografía y vibraciones)	6M	P
7	Revisar totalmente que la estructura no presente daños, deformaciones, roturas, etc.	6M	P
8	Limpieza de la caja de breakers y reajuste de los bornes (TABLERO DE CONTROL)	3M	P
9	Limpieza de ventiladores (motores)	3M	P
10	Revisar la integridad de los cables de potencia	3M	P/F
11	Lubricar rodamientos del motor	2S	P
12	Tomar parámetros, eléctricos, temperatura y presión.	S	F

Fuente: Autor

4.7.5 *Actividades de mantenimiento para la máquina de compostaje.* La tabla 17 indica las actividades preventivas para máquina de compostaje, a continuación se da a conocer la frecuencia y el estado de operación del equipo.

Tabla 16-4. Actividades preventivas máquina de compostaje.

MÁQUINA DE COMPOSTAJE			
Ítem	ACTIVIDADES	Frecuencia	Estado
1	Mantenimiento preventivo, barnizado de bobinas, cambio de rodamientos, ajuste de bandas (MOTOREDUCTOR P-SS-CM-02)	A	P
2	Inspección del estado de rodamientos, cadena, piñones (SIN FIN)	M	P/F
	Mantenimiento preventivo, barnizado de bobinas, cambio de rodamientos, ajuste de bandas (MOTOREDUCTOR P-SS-CM-02)	A	P
3	Mantenimiento preventivo, cambio de rodamientos, ajuste de bandas (MOTOREDUCTOR P-SS-CM-02)	A	P
4	Parche de plástico, revisión de cables , postes y/o cambio del plástico del (INVERNADERO)	6M	P/F
5	Revisar corrosión, grietas en las paredes estructurales del conjunto de Compostaje	6M	P/F
6	Cambio de aceite cada 7500 h de trabajo " aceite VG460" (MOTOREDUCTOR P-SS-CM-02)	A	P
7	Cambio de aceite en la caja de reducción marcassio cada 3000h "ACEITE SAE 140" 800 ml cada cambio	6M	P
8	Cambio de rodamientos del mango del eje piloto de los sin fin "Rodamientos 6206"	8M	P
9	Lubricación de mangas del eje piloto del sin fin	M	P/F
10	Limpieza de la caja y reajuste de los bornes (TABLERO DE CONTROL)	3M	P
11	Mantenimiento basado en condición (termografía y vibraciones)	6M	P
12	Toma de parámetros eléctricos	S	F

Fuente: Autor

4.7.6 *Actividades de mantenimiento para el cuarto de bombas del reactor.* La tabla 18 indica las actividades preventivas para el cuarto de bombas del reactor, a continuación se da a conocer la frecuencia y el estado de operación del equipo.

Tabla 17-4. Actividades preventivas bombas autocebantes 1 y 2.

CUARTO DE BOMBAS "REACTOR"			
Ítem	ACTIVIDADES	Frecuencia	Estado
1	Mantenimiento preventivo, revisión y/o cambio de sellos , barnizado de bobinas, cambio de rodamientos, válvulas de ser necesario (BOMBAS)	A	P
2	Mantenimiento basado en condición (termografía, vibraciones)	6M	F
3	Limpieza y/o cambio de válvulas check	2M	P
4	Comprobar el estado de la carcasa de los equipos , conexiones, tuercas de sujeción y accesorios hidráulicos se encuentren en buen estado	M	P/F
5	Ajustar todas la borneras de conexión de la máquina	M	P
6	Limpieza de la caja y reajuste de los bornes (TABLERO DE CONTROL 1)	3M	P
7	Lubricar rodamientos del motor	2S	P
8	Limpieza de la caja y reajuste de los bornes (TABLERO DE CONTROL 2)	3M	P
9	Tomar parámetros, eléctricos, temperatura y presión.	S	F

Fuente: Autor

4.7.7 *Actividades de mantenimiento para Skid de gas.* La tabla 19 indica las actividades preventivas para el skid de gas del reactor, a continuación se da a conocer la frecuencia y el estado de operación del equipo.

Tabla 18-4. Actividades preventivas skid de gas.

SKIT DE GAS "REACTOR"			
Ítem	ACTIVIDADES	Frecuencia	Estado
1	Revisión y/o cambio de termocuplas, cable, medidor del quemador de gas	3M	P
2	Mantenimiento preventivo, revisión de sellos, barnizado de bobinas, rodamientos, válvulas cambiarlos de ser necesario (BLOWER P-RT-B-BW-1)	A	P
3	Revisión y/o cambio de termocuplas, cable, medidor del quemador de gas	3M	P
4	Limpieza de tuberías y accesorios , verificar que accione correctamente (ELECTROVÁLVULA)	4M	P
5	Purgar el agua que se encuentra en el (FILTRO)	M	P/F

Fuente: Autor

4.7.8 *Actividades de mantenimiento para el sistema de Físico-Químico.* La tabla 20 indica las actividades preventivas para el sistema de físico químico, a continuación se da a conocer la frecuencia y el estado de operación del equipo.

Tabla 19-4. Actividades preventivas sistemas de físico-químico.

FISICO-QUIMICO			
Ítem	ACTIVIDADES	Frecuencia	Estado
1	Revisar el nivel de aceite en cajas reductoras (BOMBA DOSIFICADOR)	3S	P/F
2	Mantenimiento preventivo, revisión de sellos, barnizado de bobinas, rodamientos, válvulas cambiarlos de ser necesario (DOSIFICADORES)	A	P/F
3	Pintura de carcasa de motores, mezclador, dosificador, estructura	5M	P/F
4	Mantenimiento preventivo, inspección de sellos, rodamientos, válvulas, realizar el cambio de ser necesario , realizar una limpieza general (BOMBA CENTRÍFUGA 5HP)	6M	P/F
5	Limpieza general de la válvula, comprobar que accione correctamente (ELECTROVÁLVULA 1)	2M	P/F
6	Revisar que no exista fugas en las tuberías y accesorios del sistema hidráulico del F-Q 1	3S	P/F
7	Lubricar rodamientos (BOMBA CENTRIFUGA)	2S	P
8	Mantenimiento preventivo, revisión de sellos, barnizado de bobinas, rodamientos, válvulas cambiarlos de ser necesario (BOMBA CENTRIFUGA 5HP)	6M	P
9	Limpieza de sistema de succión y cambio de válvula check si amerita	M	P
10	Limpieza de la caja y reajuste de los bornes (TABLERO DE CONTROL)	3M	P/F
11	Tomar parámetros, eléctricos, temperatura y presión.	S	F

Fuente: Autor

4.7.9 *Actividades de mantenimiento para los blowers tribulares.* La tabla 21 indica las actividades preventivas para los blower tribulares, a continuación se da a conocer la frecuencia y el estado de operación del equipo.

Tabla 20-4. Actividades preventivas blower 1 y back up.

BLOWERS TRIBULARES			
Ítem	ACTIVIDADES	Frecuencia	Estado
1	Mantenimiento preventivo, inspección de sellos, rodamientos, válvulas, realizar el cambio de ser necesario , realizar una limpieza general (MOTOR)	A	P
2	Mantenimiento preventivo, inspección de sellos, válvulas, realizar el cambio de ser necesario , realizar una limpieza general (COMPRESOR)	A	P
3	Mantenimiento basado en condición (termografía , vibraciones, pruebas off line, análisis de aceite)	6M	P/F
4	Revisar fugas de aire en las tuberías , corregirlas de ser necesario (PISCINA DE AIREACIÓN)	2S	P/F
5	Inspección de geo membrana, perforaciones y costuras en buen estado, reportar anomalías (GEO MEMBRANA)	3S	P/F
6	Mantener el nivel de aceite correcto 2/3 de nivel y realizar cambio de aceite cada 2000h	A	P
7	Medición y ajuste de bandas de transmisión y cambio de ser necesario	3M	P/F
8	Limpieza y cambio de filtros de aire	6M	P
9	Revisar que el consumo de corriente, presión de los equipos y motores según parámetros	S	P/F
10	Limpieza de la caja y reajuste de los bornes (TABLERO DE CONTROL)	3M	
11	Tomar parámetros, eléctricos, temperatura y presión.	S	F

Fuente: Autor

4.7.10 *Actividades de mantenimiento para el sistema de riego.* La tabla 22 indica las actividades preventivas para el sistema de riego, a continuación se da a conocer la frecuencia y el estado de operación del equipo.

Tabla 21-4. Actividades preventivas sistema de riego.

SISTEMA DE RIEGO			
Ítem	ACTIVIDADES	Frecuencia	Estado
1	Revisión de accesorios , que no presenten fisuras y fugas de fluido (TUBERÍA DE 160 mm)	3S	P/F
2	Mantenimiento preventivo, inspección de sellos, rodamientos, válvulas, realizar el cambio de ser necesario , realizar una limpieza general (MOTOR)	6M	P/F
3	Mantenimiento preventivo de accesorios, realizar cambio de ser necesario(ASPERSORES)	2M	P/F
4	Limpieza de lodos, inspección de costuras en la geo membrana (PISCINA DE RIEGO)	3M	P/F
5	Eliminar corrosión y pintar la estructura de la caseta de la bomba de cebado.	6M	P/F

Fuente: Autor

4.7.11 *Actividades de mantenimiento para el sistema eléctrico.* La tabla 23 indica las actividades preventivas para el sistema eléctrico, a continuación se da a conocer la frecuencia y el estado de operación del equipo.

Tabla 22-4. Actividades preventivas sistema eléctrico.

TRANSFORMADOR DE 250 KVA			
Ítem	ACTIVIDADES	Frecuencia	Estado
1	Revisión de nivel y fugas de aceite dieléctrico, limpieza	M	P/F
2	Mantenimiento basado en condición (termografía, análisis de aceite)	A	P
3	Revisión termo gráfica de seccionadores, luminarias y puntos de conexión	6M	P/F
4	Verificar que no existan sonidos inusuales, medición de temperatura y parámetros (V, A; °T)	M	P/F
5	Limpieza general de cámara de seccionadores, ajuste de bornes en el transformador	A	P/F
6	limpieza general del cuarto de máquinas, pintar las paredes	A	P
7	Reajustar borneras de todos los dispositivos de protección	6M	P
8	Reajuste de barras de cobre (Fases, neutro, tierra)	6M	P/F
9	Limpieza del tablero de distribución (polvo, sulfataciones en terminales)	6M	P/F
10	Verificar estado de aislantes en cables de potencia, en caso de haber novedades respaldar con evidencia fotográfica	2M	P/F
11	Megado de transformador, análisis de aceite	A	P

Fuente: Autor

4.8 Diseño de cartelera de gestión del mantenimiento STAR-PARAÍSO

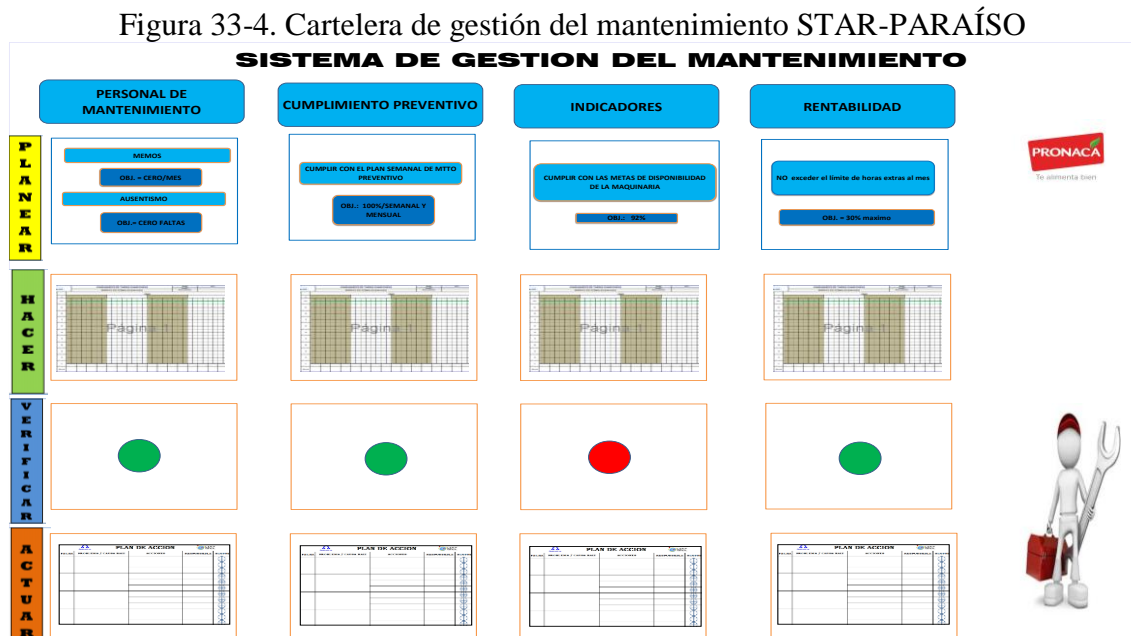
La gestión del mantenimiento mediante una cartelera proyecta el trabajo desarrollado con el fin de regirse a lineamientos de una mejora continua (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar).

Los puntos a reflejarse en la cartelera son:

- Personal de mantenimiento
- Cumplimiento preventivo
- Indicadores

- Rentabilidad

El contenido de las hojas que van a ser utilizadas en la cartelera como seguimiento se detallan en el anexo D.



Fuente: Autor

4.9 Asignación de tareas en Excel.

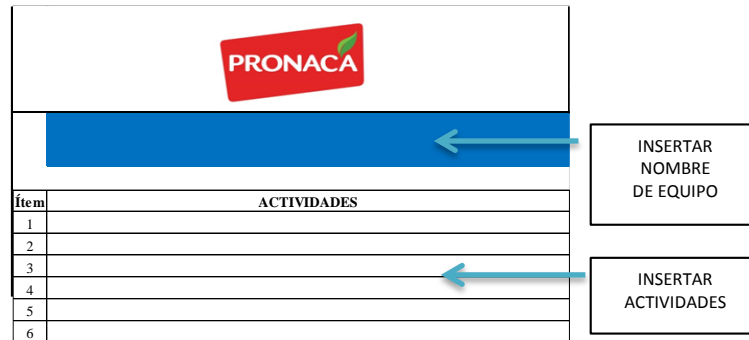
Debido a que el centro de operaciones del STAR a nivel nacional, implementará el software de mantenimiento EASY MAINT en enero del 2018, no fue necesario la adquisición de un software para la implementación de las actividades del plan de mantenimiento.

Es así que, se crea una hoja de Excel que ayuda a llenar las actividades semanales por equipo, adelantándose a la implementación del plan en el software en sí.

Para el correcto uso del Excel como simulacro de un software se debe considerar los siguientes pasos:

Creadas las pestañas independientemente por subsistemas se asignan: las tareas decretadas en el diseño del plan a cada uno, como se aprecia en la figura 34.

Figura 34-4. Banco de tareas



Fuente: autor

Para cada actividad se debe asignar la frecuencia de mantenimiento, y esta debe ser llenada en el formato anual con un color, según corresponda (naranja: estado no operativo, verde: estado funcional), como indica la figura 35.

Figura 35-4. Designación de frecuencia de actividades

Enero			Febrero					Marzo			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		2					2				
										8	
		2					2				

Callouts on the right side of the table: 'MESES DEL AÑO' points to the month headers; 'SEMANAS DEL AÑO' points to the week numbers in the header row; 'INGRESO DE FRECUENCIA' points to the number '2' in the bottom row.

Fuente: autor

Una vez ingresado todos los datos en una hoja de excel principal, se organiza semanalmente las tareas asignadas durante todo el año, con el siguiente orden de llamado como se aprecia en la figura 36.

1. Presionar el botón borrar.
2. En la celda (semana número) ingresar el número de semana del año (del 1-52).
3. Presionar el botón generar, para organizar todas las actividades de la semana a la que corresponda.

Figura 36-4. Registro semanal de mantenimiento preventivo

PRONACA		REGISTRO DE ACTIVIDADES PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO				Código:		GENERAR						
		SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES STAR				Versión:		BORRAR						
RESPONSABLE EJECUCIÓN:		SEMANA NÚMERO:				27								
ITEM	ACTIVIDADES	MAQUINA	ESTADO	TIEMPO	SEMANA							FRMA CUMPLIMIENTO	OBSERVACIONES	
					LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIÉ	SÁB				
1	Toma de parametros eléctricos	TANQUE HOMOGENIZADOR	F	1										
2	Lubricar rodamientos del motor	ECOFILTROS 1,2,3,4, BACK UP	P	0,3										
3	Toma de parametros eléctricos		F	1										
4	Inspección del estado de rodamientos, cadena, piñones (SIN FIN)	MÁQUINA DE COMPOSTAJE	P/F	2										
5	Lubricación de mangas del eje piloto del sin fin		P/F	2										
6	Toma de parametros eléctricos		F	1										
7	Ajustar todas la borneras de conexión de la máquina	CUARTO DE BOMBAS "REACTOR"	P	0,5										
8	Lubricar rodamientos del motor		P	0,3										
9	Toma de parametros eléctricos		F	1										

Fuente: autor

En el anexo E, se puede apreciar el ejemplo del plan de mantenimiento para una semana que se elige como ejemplo la semana 27.

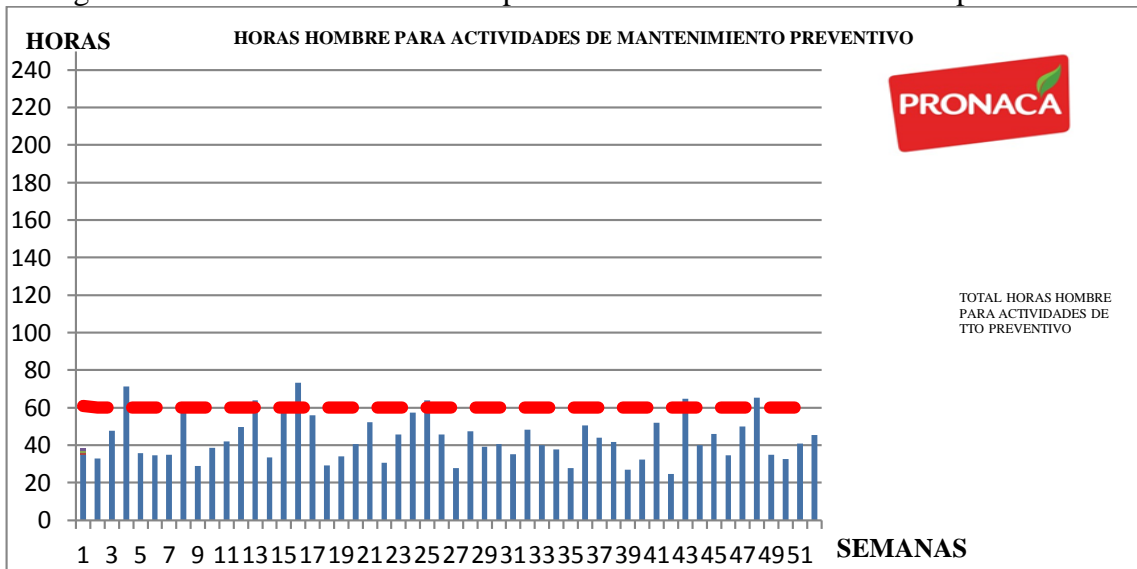
4.9.1 *Justificación de horas hombre de mantenimiento del STAR-PARAÍSO.* El STAR-PARAÍSO cumple un horario de funcionamiento de ocho horas diarias de trabajo los siete días de la semana con un promedio de sesenta horas disponibles para realizar trabajos de mantenimiento en el centro de operaciones.

El total de horas por actividades semanales se obtiene de la sumatoria de todas las propuestas en el programa de mantenimiento, y dando un resultado como se puede observar en la figura37.

Con apoyo de la jefatura del departamento de mantenimiento Sto. Domingo, se crea un puesto fijo “técnico de mantenimiento” para que vele por la integridad diaria de los equipos del STAR-PARAÍSO.

Anteriormente el centro de operaciones no tenía personal constante de apoyo en tareas de mantenimiento, sino personal rotativo y que asistía al lugar solo si algo fallaba, y generando paros de hasta por 5 horas de proceso de agua residual.

Figura 37-4. Gráfico horas hombre para actividades de mantenimiento preventivo.



Fuente: Autor

La figura 37 explica que las horas disponibles por semana se mantienen en un rango de 60 horas, ya que el sistema trabaja siete días a la semana ocho horas diarias.

El justificativo se aprecia ya que cada actividad contempla a más de su frecuencia un tiempo de duración estimado.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se investigó las condiciones iniciales de toda la maquinaria y proceso del STAR-PARAÍSO, para así saber el estado técnico actual y proponer ideas para mejorar el sistema de gestión del mantenimiento vigente.

Se inserta una ideología con visiones a la mejora continua como indica la norma ISO 50001:2015 con ayuda del círculo PHVA, reflejando en una cartelera de seguimiento con auditorías semanales.

El estado actual de quipos se determina con conceptos que estipula la norma ISO 13306 en su terminología y definiciones de mantenimiento basado en la condición y se opta por termografía, complementando el estudio con la norma ISO 18434-1:2008 que determina el estado y diagnóstico de máquinas mediante monitorización térmica.

A fin de mantener el control de los activos físicos, se realizó un inventario incluyendo codificación técnica a toda la maquinaria, siguiendo los lineamientos de la norma ISO 14224.

Se recolectó información perteneciente a las placas de características de cada máquina, según el sistema del STAR donde se encuentran instaladas. Las fichas técnicas actuales fueron actualizadas y mejoradas, con ayuda de formatos de acuerdo a la norma ISO14224, creando una base de datos confiable, para futuras implementaciones como el RCM.

Se realizó un análisis de criticidad, para saber los impactos críticos que representa el funcionamiento del STAR. Y así justificar el diseño de un plan de mantenimiento preventivo, que reduzca significativamente la presencia de fallos imprevistos y prolongados.

Se creó formatos como: los check list para todos los sistemas incluyendo actividades rutinarias que revisan los operadores de cada máquina. De la misma manera se creó un formato que registra y controla los parámetros (Corriente, Voltaje, Presión y Temperatura) de funcionamiento de la maquinaria, esto con el fin de recibir información de anomalías por parte de operadores y técnicos.

Se determinó actividades de mantenimiento preventivo, con sus respectivas frecuencias de intervención para cada sistema del STAR. Con ayuda de una base de datos interna del departamento de producción pecuaria “PRONACA”, se implementan varias actividades al desarrollo del plan.

Para garantizar la efectividad del proyecto se crea un programa en excel con ayuda de las macros, a fin de registrar y generar actividades semanales como puesta a prueba del plan de mantenimiento preventivo, hasta la llegada en 2018 del software EASY-MAINT. De igual manera se crea una cartelera que refleja la gestión realizada, basada en la mejora continua.

Con la puesta a prueba del plan de mantenimiento preventivo en el STAR-PARAÍSO, la jefatura de mantenimiento (Sto. Domingo) vio necesaria, la creación de un puesto de trabajo (Técnico de mantenimiento), para la ejecución de las actividades propuestas en el proyecto.

5.2 Recomendaciones

Considerar todas las actividades propuestas en el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo para alcanzar los resultados esperados.

Mejorar inconformidades encontradas dentro del análisis de situación actual de la maquinaria.

Reflejar periódicamente los resultados semanales alcanzados en la cartelera de gestión del mantenimiento preventivo.

Realizar mejoras en el análisis de los indicadores del mantenimiento actualmente vigentes en los STAR.

Levantar información según análisis de mantenimiento centrado en la confiabilidad “RCM” en equipos críticos y costosos.

Realizar un estudio que ayude a mejorar la optimización, en cuanto a temas de costos de mantenimiento refiere.

BIBLIOGRAFÍA

PRONACA. *Factores Críticos Centros de Operación Pecuaria.* [En línea]. 2015. Consulta: [06 de Marzo de 2017.]. Disponible en: <http://somos:9080/pronaca/homePortalView.htm>

CASTRO SOLÍS, Michael. *Sistema de aireación en tratamiento de agua industrial.* [En línea]. 2012. [Consulta: 06 de Marzo de 2017.]. Disponible en: <http://www.serquimsa.com/sistemas-de-aireacion-en-tratamiento-de-agua-residual-industrial/>.

CUARTAS PÉREZ, Luis. UNALMED. *Mantenimiento mecánico.* [En línea]. 2008. [Consulta: 30 de enero de 2017.]. Disponible en: http://www.unalmed.edu.co/tmp/curso_concurso/area3/QUE_ES_EL_MANTENIMIENTO_MECANICO.pdf.

UNE-EN 13306. *Terminología del mantenimiento.* Madrid: AENOR.

ISO 14224. *Industrias del petróleo y gas natural - Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos.* Madrid: AENOR.

GARCÍA GARRIDO, Santiago. *Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial.* Barcelona: 2012, pp. 73-159.

SAMPIERI, R. *Metodología de la investigación científica.* México D.F. Mc Graw Hill. p. 87,88.

GONZÁLEZ, GADALUPE. *Mantenimiento preventivo.* [En línea]. 2008. [Consulta: 08 de 02 de 2017.]. Disponible en: <http://www.mantenimientoplanificado.com/j%20guadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%20parte%201.pdf>.

MOUBRAY, James. *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad* (Español ed., Vol. Dos). (A. Ltd, Ed., & S. y. Ellmann, Trad.) Gran Bretaña: Biddles, 2004, pp 89-150

HERNANDEZ, Segundo. *GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.* Riobamba: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, 2011, pp. 5-30.

JONES, Richard. Risk-based management: *A reliability-centered approach* gulf publishing company, First Edition, Houston, Texas, 1995.pp 154-189

ISO 9001. *Sistemas de gestión de la calidad.* Madrid: AENOR.

MORA, Luis. *Mantenimiento industrial..* Mexico D.F. : Alfaomega grupo editor S.A., 2009. 978-958-682-769-0.pp. 55-92.

PALENCIA, OLIVERIO. *Gestión moderna del mantenimiento industrial.* Bogotá : Ediciones de la U, 2012.pp. 32-123.

SANTIAGO, GARCÍA. *Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial.* Barcelona : s.n., 2012, pp. 90-99.

