

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Proyecto técnico previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial

TEMA

“Diseño e Implementación de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo para una planta purificadora de agua en la Comuna El Caimito”.

THEME

“Design and Implementation of a system of Preventive Maintenance Management for one water purifying plant in the Commune El Caimito”.

Autor:

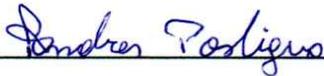
Andrés Eduardo Posligua García.

Director: Ing. Armando Fabrizzio López Vargas.

Guayaquil, Enero del 2020

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIA

Yo, Andrés Eduardo Posligua García, declaro que soy el único autor de este trabajo de titulación titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA EN LA COMUNA EL CAIMITO”** Los conceptos aquí desarrollados, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.

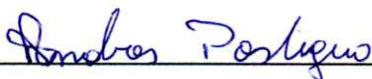


Andrés Eduardo Posligua García

C.I. 0950790352

DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Quien suscribe, en calidad de autor del trabajo de titulación titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA EN LA COMUNA EL CAIMITO”** por medio de la presente, autorizo a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR a que haga uso parcial o total de esta obra con fines académicos o de investigación.



Andrés Eduardo Posligua García

C.I. 0950790352

DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **ING. ARMANDO FABRIZIO LÓPEZ VARGAS** en calidad de director del trabajo de titulación titulado “**Diseño e Implementación de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo Para una Planta Purificadora De Agua en La Comuna El Caimito**”, desarrollado por el estudiante **ANDRÉS EDUARDO POSLIGUA GARCÍA**, previo a la obtención del Título de Ingeniería Industrial, por medio de la presente certifico que el documento cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para la Estructura y Desarrollo de Trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana. En virtud de lo anterior, autorizo su presentación y aceptación como una obra auténtica y de alto valor académico.

Dado en la ciudad de Guayaquil, Mayo del 2019



ARMANDO FABRIZIO LÓPEZ VARGAS

Docente Director del Proyecto Técnico

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios, a mi Padre Eduardo Posligua, a mi madre Sandra García, y a mi familia en general por apoyarme en el transcurso de estos años en mí paso por la universidad, ya que gracias a ellos pude cumplir mi meta.

Agradezco a los docentes, quienes impartieron sus conocimientos y enseñanzas. A mi compañeros con los cuales pude alcanzar esta meta.

Agradezco al Ing. Mecánico Armando López por su trabajo y tiempo dedicado como tutor de este proyecto, ya que gracias a su ayuda pude completarlo y al Ing. Químico Virgilio Ordoñez quien me motivó a escoger este tema de proyecto.

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIA	II
DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	III
DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE GENERAL	VI
ÍNDICE TABLAS	VIII
ÍNDICE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE ANEXOS	X
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	XI
ABSTRACT.....	XVIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1: EL PROBLEMA	4
1.1 Antecedentes	4
1.2 Importancia y alcances	4
1.3 Grupo objetivo (beneficiarios)	5
1.4 Delimitación.....	5
1.5 Objetivo general	6
1.6 Objetivos específicos.....	6
1.7 Propuesta de solución.....	6
CAPITULO 2: MARCO TEORICO.....	7
2.1 Antecedentes y evolución del mantenimiento.....	7
2.2 El mantenimiento	8
2.2.1 Mantenimiento Correctivo.....	9
2.2.2 Mantenimiento Preventivo.....	9
2.2.3 Mantenimiento Predictivo.....	9
2.2.4 Beneficios del mantenimiento preventivo.	10
2.2.5 Consideraciones a tomar.....	10
2.3 El recurso hídrico.	11

2.3.1	Aguas subterráneas.	12
2.4	Sistemas de purificación de agua	13
2.4.1	Técnicas De Purificación De Agua.....	13
2.4.2	Carbón Activado.	15
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO.....		17
3.1	Tipo de investigación	17
3.2	Justificación de la metodología.....	17
3.3.6.	Requerimientos.	20
3.3.7.	Pasos para realizar un análisis AMEF orientada a los procesos.	20
3.4	Descripción de la planta purificadora y sus procesos	28
3.5	Inventario de los componentes que conforman la planta purificadora.....	30
3.6	Revisión y limpieza de la bomba de agua	30
3.7	Revisión y limpieza de los elementos granulares.....	32
3.8	Revisión y limpieza de los depósitos de agua	36
3.9	Revisión y limpieza de las tuberías	37
3.10	Revisión y limpieza de la estructura metálica	38
3.11	Repuestos	38
CAPITULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS		39
4.1	Plan de mantenimiento preventivo.....	39
4.2	Análisis AMEF.....	39
4.3	Costos y gastos de respuestas.....	44
4.5	Conclusiones	46
4.5	Recomendaciones.....	47

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Ponderación de los criterios de Severidad.	23
Tabla 2. Ponderación del índice de Ocurrencia.	25
Tabla 3. Ponderación de los índices de Detectabilidad.....	26
Tabla 4. Piezas que componen al filtro de agua.....	30
Tabla 5. Partes que componen la bomba de extracción de agua.....	32
Tabla 6. Repuestos.....	38
Tabla 7. Plan de actividades.....	39
Tabla 8. Costos y gastos.....	44
Tabla 9. Cronograma.....	45

ÍNDICE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Ubicación de la Comuna El Caimito.	5	
<i>Figura 2.</i> Bomba periférica eléctrica	31	
<i>Figura 3.</i> Saco de piedra chispa.....	33	
<i>Figura 4.</i> Piedra bola	34	
<i>Figura 5.</i> Arena granulada.....	35	
<i>Figura 6.</i> Carbón activado (Granulado)	<i>Figura 7.</i> Carbón activado (polvo)	35
<i>Figura 8.</i> Tanque cilíndrico vertical	36	
<i>Figura 9.</i> Tuberías plásticas.....	37	

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS.....	51
Anexo 1. Análisis AMEF de la bomba periférica eléctrica.....	51
Anexo 2. Análisis AMEF de los tanques	54
Anexo 3. Análisis AMEF de la estructura metálica	55
Anexo 4. Análisis AMEF de las tuberías	56
Anexo 5. Fotos de la planta purificadora.	57

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Absorción: Acción de absorber.

Ajustes: Acoplamiento o de embonaje de dos piezas.

Análisis: Estudio o examen de un tema en específico para así conocer sus características más relevantes y así generar conclusiones.

Avería: Fallas o desperfectos que impiden el correcto funcionamiento de una maquinaria.

Bombas de extracción de agua: Su funcionamiento consiste en la absorción, hasta alcanzar la impulsión de líquido mediante el aumento en la presión. Son utilizadas para bombear caudales de agua hasta depósitos encontrados en grandes alturas.

Calibración: Acción de comparar una medida estándar con una medida obtenida por una herramienta.

Calidad: Percepción que se tiene de un producto respecto a si puede satisfacer las necesidades del consumidor.

Conductos de agua: Los conductos tienen por utilidad transportar fluidos a través de largas distancias. Estos conductos dependiendo de la actividad, pueden variar en su caudal y en su composición. Pueden ser de fundición de hierro, fibrocemento y plástico, o de hormigón armado.

Contaminar: Acción de estropear una estructura biológica o un entorno natural.

Control: Observación periódica de parámetros que se desean estudiar.

Costos: Valor monetario de un objeto.

Cronograma: Conjunto de actividades planeadas para un límite de tiempo.

Datos: Información detallada sobre un hecho o una actividad.

Desperfectos: Falla o deterioro en una maquinaria.

Diseño: Esquema que detalla la estructura de un nuevo objeto o máquina.

Empresa: Entidad organizada en donde interviene el capital monetario y la fuerza laboral.

Estándares: Punto de referencia que ayudan a valorar cosas de la misma especie.

Estudio: Evaluación que tiene por objetivo analizar un fenómeno o un proceso.

Evaluación: Valoración de los niveles de calidad ya sea de algo o alguien.

Fábrica: Espacio en el que se manufacturan diferentes tipos de productos.

Fallas: Defecto o desperfecto

Filtro: Objeto que tiene por finalidad separar materiales sólidos de componentes líquidos.

Filtros de sedimentos: El sedimento es un conjunto de partículas sólidas, que dentro del proceso de filtración se lo utiliza como capa, que puede detener elementos extraños que estén en el agua, estos pueden variar, pueden ir desde contaminación por hierro, hasta barro.

Filtros Granulares: Al igual que los sedimentos, la filtración por medios granulares interviene en el proceso de filtración, ayudando a la absorción de impurezas retenidas en el agua. Existe una gran variedad de elementos granulares que pueden ayudar a la filtración, tales como: piedra chispa caliza, piedra bola, o carbón activado.

Fluidos: Sustancias líquidas.

Flujo: Movimiento de un fluido.

Gastos: Monto de dinero que una vez utilizado no se recupera.

Gestión: Conjunto de actividades organizadas con la finalidad de alcanzar un objetivo.

Hierro: Elemento químico.

Imperfecciones: Error o desperfecto.

Impurezas: Partículas extrañas que se mezclan en un cuerpo.

Incidentes: situación que puede desembocar en un accidente.

Industrial: Con relación a la actividad industrial.

Inspecciones: Acción de inspeccionar.

Inventario: lista detallada en cantidades de productos o materia prima.

Lote: Grupo de productos agrupados dispuestos para la distribución.

Lubricación: Acción de lubricar.

Mantenimiento: Actividad que tiene por finalidad el mantener en buen estado las maquinarias.

Manual: libro o folleto en que detallan aspectos sobre un tema específico.

Maquinaria: Unión de distintos componentes que permiten la puesta en marcha de un mecanismo.

Normas: Reglas que se adoptan para la correcta realización de una actividad.

Obreros: Trabajador, empleado u operario.

Paradas: Interrupción de un proceso.

Parámetros: Dato importante él requiere un estudio.

Partículas: Porción de materia de una dimensión muy reducida.

Peligro: Situación de amenaza existente.

Plan: Forma de llevar a cabo una acción.

Presión: Fuerza ejercida sobre una superficie.

Proceso: Conjunto de operaciones secuenciadas y ordenadas que tienen por finalidad producir un producto o servicio.

Producción: Fabricar o elaborar productos.

Producto: Objeto o producto obtenido de un proceso de fabricación.

Proyecto: Integración de actividades de planificación y control para alcanzar una ganancia u objetivo.

Purificación: Eliminación de impurezas dentro de un cuerpo líquido.

Reactivo: Material o componente que puede producir reacciones.

Reparación: Arreglo o corrección.

Repuestos: Pieza de respaldo en caso de que suceda una avería en la maquinaria.

Residuos: Desechos de materiales o componentes.

Sedimento: Residuo de materiales sólidos.

Seguridad: Situación en la que no existen posibilidades de peligro.

Sistema: Conjunto de principios que tienen relación entre sí.

Técnicas: Conjunto de conocimientos puestos en práctica dentro de una ciencia específica.

Temperatura: Nivel térmico de un cuerpo en relación al entorno que lo rodea.

Uniones o juntas: Estos tienen por función unir los tramos de las tuberías. Estas juntas deben ser resistentes a grandes esfuerzos, así como también deben ser impermeables.

Válvula check: Conocidas como válvulas de no retorno, tienen como finalidad el direccionamiento del flujo del agua hacia una sola dirección. También evitan que el flujo retorne una vez la bomba de extracción haya sido apagada, evitando así la avería a los componentes internos de la bomba.

RESUMEN

El presente proyecto, se basó en el diseño de un plan de mantenimiento preventivo, de una planta purificadora de agua, perteneciente a los habitantes de la comuna El Caimito, la cual se encuentra ubicada en la parroquia El Progreso. Los habitantes del Caimito, se abastecían del agua que substraían de un pozo, el cual se vio contaminado por hierro, proveniente de tuberías oxidadas que se encontraban en desuso. Debido a esto, se llevó a cabo la instalación de la planta purificadora de agua. Pero la planta requiere de limpieza en sus componentes, y cambio en los filtros de manera periódica, de lo contrario, el agua sustraída no recibirá el tratamiento apropiado, o también se podrían ver afectados, de manera irreparable, otros componentes, como por ejemplo la bomba de succión de agua, lo que podría a incurrir en gastos. De ahí, la necesidad de haber creado un plan de mantenimiento, que especifique la manera correcta de cómo realizar las limpiezas, y los cambios de filtros, así como también la frecuencia, y el orden de cómo debe ser realizada cada actividad. También, para poder anticiparse a cualquier eventualidad, se utilizó como herramienta de estudio la metodología AMEF. Para el estudio de posibles causas de desperfectos, y consecuencias de las mismas. Para así poder dar una solución a cada desperfecto que pudiera suscitarse. El presente estudio, también agregó recomendaciones para el mejor funcionamiento de la planta de purificación, así como también, un listado de repuestos que se necesitarán al momento del mantenimiento, y un análisis AMEF de cada componente de importancia dentro de la planta. El principal resultado del presente trabajo, es el diseño e implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo, para una planta de purificación de agua de pozo. Cumpliendo así, con el objetivo general, planteado en el primer capítulo.

Palabras claves: Mantenimiento, Planta de purificación, Gastos, Plan de mantenimiento preventivo.

ABSTRACT

This project was based on the design of a preventive maintenance plan for the water purification plant belonging to the inhabitants of "El Caimito" community located in the parish called "El Progreso". The inhabitants of this community are supplied with water that subtracted from a pit, which is contaminated by iron from oxidized pipes that are in disuse. Due to this, the installation of the water purification plant was carried out, but the plant requires cleaning in its components and changing that of the filters periodically, otherwise the subtracted water not controlled the affected treatment or it will also be seen irreversibly affected other components such as the water suction pump, which could incur expenses. As a result, there was the need to create a maintenance plan that specifies the correct way of how to perform cleaning and filter changes, likewise, the frequency and order of how each activity should be performed. Also, to be able to anticipate any eventuality, the AMEF methodology will be used as a study tool to research possible causes of damage and their consequences, in order to provide a solution to each damage that could arise. The present investigation also adds recommendations for the best operation of the purification plant, as well as a list of spare parts that will be needed at the time of maintenance and an AMEF analysis of each component of importance within the plant. The main result of this work is the design and implementation of a preventive maintenance management system, for a well water purification plant. Thus fulfilling, with the general objective, raised in the first chapter.

Keywords: Maintenance, purification plant, expenses, preventive maintenance plan.

INTRODUCCIÓN

Por definición, el mantenimiento es el conjunto de actividades, que tienen por objetivo alargar la vida útil de una maquinaria o cualquier sistema de operaciones. Dichas actividades van desde la inspección, limpieza y ajuste, hasta la reparación, reemplazo y reconstrucción. En las industrias, o en cualquier otra actividad que requiera un componente mecánico, están obligadas a llevar una gestión de mantenimiento, para así asegurar el correcto funcionamiento, que a la larga, supondrá una reducción de gastos operacionales.

Este proyecto técnico, tiene como propósito, realizar el estudio de un plan de mantenimiento preventivo a una planta purificadora de agua, que se encuentra ubicada en la comuna El Caimito, la cual se localiza en una zona rural, y en donde, existe una gran dependencia a utilizar el agua de pozo, para sus necesidades básicas. La planta lleva funcionando desde el pasado mes de octubre del 2018, y se encuentra instalada a las afueras de una escuela abandonada de nombre “Centro De Desarrollo Infantil Alegres Mañanitas #172”.

La planta de purificación está compuesta por tres tanques, en los cuales se vertieron distintos tipos de materiales granulares, que son los que llevan a cabo el proceso de purificación. En este documento, se presenta el planteamiento de cómo el plan de mantenimiento preventivo debe estar conformado; con cronogramas, análisis, metodología y procedimientos a utilizarse.

Una vez realizado la gestión de mantenimiento, toda la información aquí reunida, quedará de soporte para que los habitantes de la comuna El Caimito, puedan realizar el mantenimiento respectivo.

El proyecto técnico, se divide en cuatro capítulos. Describiendo el capítulo uno, el planteamiento del problema; explicando la problemática dentro de la comuna, y la razón por la cual se realiza el plan de mantenimiento preventivo. Se plantea el grupo objetivo que se beneficiara del proyecto técnico, así como también, se plantean el objetivo general, y los objetivos específicos. Finalizando con la propuesta de solución, y una descripción de la metodología.

En el segundo capítulo, corresponde al marco teórico. En él, se detallaran todos los conceptos, y referencias bibliográficas en las que se basan el proyecto técnico. Se encontraran conceptos como: el mantenimiento, sus tipos y características; la purificación del agua, y varios métodos en lo que se puede realizar; las partes que conforman a la planta purificadora de agua; la metodología AMEF, incluyendo como los pasos a seguir para llevarlo a cabo, así como también, los tipos de AMEF que existen, los beneficios que estos pueden generar, sus limitaciones y requerimientos.

En el capítulo tres, se empieza a detallar la metodología. Empezando con los tipos de investigaciones existentes, y la justificación en la elección de la metodología. Luego se procederá a explicar detalladamente, la lista de componentes que conforman la planta purificadora, y como realiza su proceso de purificación. Se explicara de manera detallada, los pasos a seguir para la revisión y limpieza de la bomba de extracción de agua, los elementos granulares, las tuberías, los tanques, y la estructura metálica. Finalizando con la lista de repuestos necesarios.

El cuarto y último capítulo, corresponde al análisis de resultados. En este capítulo, se llevara a cabo el análisis de la metodología AMEF de la manera descrita en el capítulo dos, de cada elemento de la planta purificadora, y se adjuntara una lista de los costos y gastos, correspondiente a los repuestos.

A continuación de los cuatro capítulos, se describirán las conclusiones, en base a cada uno de los objetivos específicos, así como también las recomendaciones para futuras mejoras. Se incluirán las bibliografías de los autores referenciados en el presente trabajo, y una serie de anexos que servirán de sustento, en la realización del proyecto técnico.

CAPITULO 1: EL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

En la comuna El Caimito, ubicada en la parroquia de El Progreso, se encuentra instalada una planta purificadora de agua, que les sirve para dotarse de agua potable ya que no cuentan con un sistema de abastecimiento adecuado.

Anteriormente la comuna se dotaba por medio de tanqueros, ya que eran su única fuente de abastecimiento, ahora con esta nueva planta de purificación, ellos pueden acceder de manera gratuita a este recurso. El problema, es que no cuentan con un plan de mantenimiento adecuado que prevenga futuras averías en el sistema de purificación, de ahí la necesidad de crear dicho plan de mantenimiento, y así garantizar el correcto funcionamiento de esta planta, y alargar su vida útil.

1.2 Importancia y alcances

¿De qué manera podría un plan de mantenimiento preventivo ayudar en la comuna El Caimito? La importancia de contar con un plan de mantenimiento preventivo, es vital para evitar futuros gastos en reparaciones. En este caso, el mantenimiento preventivo de la planta purificadora de agua, sirve para cubrir las necesidades básicas de los habitantes, ya que en caso de quedar inutilizable, los habitantes se verán forzados a gastar su capital en la compra de agua a los tanqueros. El agua de pozo está contaminada con partículas de hierro, lo cual afectó sus quehaceres y rutinas diarias. Por ejemplo, los moradores informaron que al momento de ducharse, notaron pequeñas manchas en sus espaldas producto de las partículas de hierro. Afortunadamente se logró a instalar esta planta purificadora, cuya instalación comenzó en agosto y concluyó en octubre del año dos mil dieciocho, y continúa operando hasta el presente día.

1.3 Grupo objetivo (beneficiarios)

Los involucrados en esta propuesta son los habitantes de la comuna de El Caimito que, hasta el censo realizado en el año 2010 constan 751 habitantes, siendo ellos los que utilizan la planta de agua diariamente. También el autor de este plan de mantenimiento se ve como un beneficiario, ya que este trabajo figura como proyecto de titulación, último requisito para obtener el título de ingeniero industrial.

1.4 Delimitación

La comuna El Caimito se encuentra en el Kilómetro 40 Vía La Costa, Pasando Por La Parroquia Juan Gómez Rendón (Parroquia “El Progreso”).

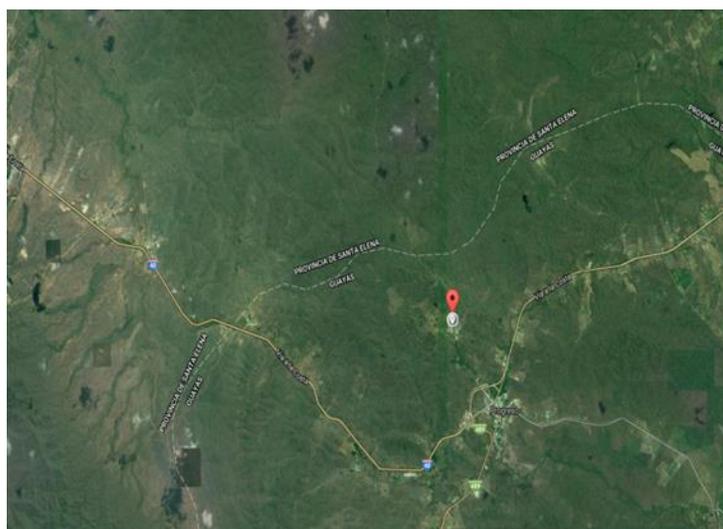


Figura 1. Ubicación de la Comuna El Caimito.
Fuente: Google Map.

1.5 Objetivo general

Diseño e implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para una planta de purificación de agua de pozo, ubicada en la comuna El Caimito dentro de la parroquia El Progreso, con la finalidad de prevenir futuras averías y eliminando costos de reparación.

1.6 Objetivos específicos

- Determinar la frecuencia con la que se tiene que realizar la revisión y el cambio de los diversos componentes de la planta purificadora.
- Desarrollar un Cronograma para la limpieza de los tanques en donde se depositan los elementos granulares y las tuberías por donde se traslada el agua.
- Realizar un manual de procedimientos sobre el mantenimiento y limpieza de la bomba de extracción de agua.
- Desarrollar la metodología AMEF para detectar futuras fallas.
- Determinar un mínimo de repuestos que se requieren para realizar las revisiones de mantenimiento.

1.7 Propuesta de solución

Evaluar las condiciones de funcionamiento de la planta cuando se encuentre en estado de operación, para poder analizar los elementos que intervienen en el proceso de purificación y así poder determinar qué fallas podrían suscitarse, y de esta manera desarrollar un cronograma de limpieza y mantenimiento de los elementos de la planta en el que se basa la realización del proyecto de titulación.

CAPITULO 2: MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes y evolución del mantenimiento

Con el inicio de la revolución industrial en Inglaterra, en el año de 1780, nace la necesidad de conservar el funcionamiento las maquinarias. Los propios jornaleros realizaban, además de sus labores productivas, labores de mantenimientos correctivos, ya que en aquella época no se tenía especial cuidado en el uso de sus máquinas. Esta forma de mantenimiento prosiguió hasta 1945 cuando terminó la segunda guerra mundial. A este periodo de tiempo se lo conoce como la primera generación del mantenimiento. Se destaca que en esta época, las industrias no eran tan mecanizadas en comparación a las de hoy en día, y no requerían mayor mantenimiento que el de limpieza y lubricación. En caso de una avería, la corrección no era tan compleja, ya que sus máquinas eran simples (Sanchez, 2015).

La segunda generación comenzó poco después de haber terminado la segunda guerra mundial, hasta finales de la década de los 70. La guerra había generado un aumento en la demanda de productos industrializados, pero a su vez había disminuido la cantidad de obreros en las industrias, lo que forzó a las fábricas a aumentar el nivel de mecanización en sus procesos, esto condujo al aumento en cantidades de maquinarias, que a su vez produjo diseños más grandes y complejos. Dicho aumento en la demanda de productos industrializados generó que las máquinas trabajaran más tiempo y resultase en posibles fallos, lo que significaba que una parada en la producción, resultaba en una disminución de los ingresos. Adelantándose a esa situación, se ideó un mantenimiento que previera tales fallos, de ahí se generó el concepto de mantenimiento preventivo. Pero aun así las fallas eran inevitables, y esto provocó un aumento en los costos operacionales. Para tratar de reducir gastos, se comenzó a realizar mantenimientos sistemáticos, con un planeamiento previo y control exhaustivo (Muñoz, 2011).

Con el paso de los años las industrias comenzaron un proceso de mecanización aún mayor, y esto trajo consigo la preocupación de los gerentes de las fábricas, ya que ahora la avería de una máquina podía provocar el paro de toda una planta. Comenzaron a realizar estudios de causa y efecto para así poder determinar qué posibles fallos podría suscitarse en un futuro, o en otras palabras, detectar síntomas de una posible avería y así poder actuar antes de que ocurra. Este tipo de mantenimiento predictivo, como se lo llama, toma forma durante la década de los 80 y se la conoce como la tercera generación del mantenimiento (Jasso, 2011).

La cuarta generación inició en la década de los 90 y continúa hasta nuestros días. El mantenimiento dejó de ser un proceso que aumenta los costos en las industrias, y se convirtió en una práctica esencial en el proceso productivo actual. Se considera que una buena gestión de mantenimiento puede llegar a ser vital para la producción continua, y también ayuda a cumplir con las normas de calidad, tanto locales como internacionales (Jasso, 2011).

2.2 El mantenimiento

El mantenimiento es la acción a la que toda empresa recurre cuando quieren tener un control de operaciones, sobre todos los aspectos técnicos de la fábrica, ya sean productivos o de seguridad. El objetivo principal del mantenimiento, es el de garantizar el perfecto funcionamiento de las maquinarias utilizando el menor coste posible sin disminuir la producción. Entre las principales actividades que se realizan durante el proceso mantenimiento, existe la reparación, vigilancia del correcto funcionamiento de las unidades productivas, así como también las de seguridad, llevar un inventario de repuestos, y evaluaciones de costos (Jasso, 2011).

A esta definición es debido añadir, que el mantenimiento juega un papel importante en el cumplimiento de las normas de calidad internacionales, ya que aún la menor avería o incorrecta

calibración puede echar a perder todo un lote de producción por no cumplir con los estándares requeridos (Olarte, Botero, & Cañon, 2010).

2.2.1 Mantenimiento Correctivo.

Esta consiste, en arreglar, reparar, o cambiar, los componentes que presenten desperfectos en las maquinarias (Jasso, 2011). Pero esta tiene por desventaja, que solo puede aplicarse una vez que, dicho componente ha quedado inservible. Así también, genera gastos innecesarios, y paradas en la producción, afectando a los ingresos de la empresa. También, no resuelve la causa que produjo dicho desperfecto, pudiendo provocarlo una vez más en el futuro. La ventaja que sobresale, es que con el cambio de nuevos componentes en cada reparación, prolonga la vida útil de la maquinaria (Jasso, 2011).

2.2.2 Mantenimiento Preventivo.

Este tipo de mantenimiento se lo realiza de manera programada y sistemática. Requiere un seguimiento apropiado, ya que su principal objetivo es tratar con fallas o averías cuando estas se encuentran en su etapa inicial, y no representan un peligro inmediato para el funcionamiento de la maquinaria. Entre las actividades que comprende el mantenimiento preventivo podemos encontrar las siguientes: inspecciones, limpieza, lubricación, pruebas de funcionamiento y ajustes (Franco, 2015). Podemos resaltar que cada una de dichas actividades, podemos prolongar la vida útil de las maquinarias, así como en la reducción al mínimo, de las paradas en la producción, resultando así en reparaciones innecesarias (Jasso, 2011).

2.2.3 Mantenimiento Predictivo.

Este mantenimiento tiene por objetivo el monitoreo de factores, que en un futuro podrían convertirse en fallos o averías. Por lo general este tipo de mantenimiento, se lo utiliza como una

herramienta de soporte, al momento de implementar el mantenimiento preventivo, ya que intenta plantear todas las causas y efectos, de posibles fallos para así poder preparar contingencias de estos. Resalta el hecho de poder implementarlo, sin necesidad de recurrir a paradas de producción, pero se necesitan instrumentos costosos, y personal altamente capacitado para su realización (Jasso, 2011).

2.2.4 Beneficios del mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo trae consigo una gran cantidad de ventajas en diferentes áreas dentro de una fábrica, industria o empresa. Por destacar las más importantes, se encuentra:

Área de seguridad laboral: puede prevenir que algún desperfecto llegue a afectar la integridad física del obrero. Exige la implementación de nuevos equipos de seguridad. También demanda la capacitación de obreros y operarios, en cuestiones relacionadas a la operación de la maquinaria (Angel & Olaya, 2014).

Área administrativa: el plan de mantenimiento preventivo puede generar un control al momento de determinar los costos de mantenimiento en los que incurriría la fábrica. Gracias a la prevención de fallas se pueden evitar gastos innecesarios, y a su vez alargar la vida útil de la maquinaria (Angel & Olaya, 2014).

Área de mantenimiento: puede generar un manual del correcto uso de las máquinas en operación. También ayuda al personal a que pueda estar mejor preparado ante cualquier eventualidad que pudiese suscitarse (Angel & Olaya, 2014).

2.2.5 Consideraciones a tomar.

Antes de realizar cualquier tipo de plan de mantenimiento, es necesario tener en cuenta aspectos externos que podrían verse influenciados por los desperfectos de las maquinarias.

- Las fallas operacionales pueden provocar imperfecciones en la calidad de los productos, las cuales podría verse reflejada en el producto final, lo que se traduce como materia prima desperdiciada, pérdida de tiempo productivo y por lo tanto disminución de ganancias (Angel & Olaya, 2014).
- En seguridad y ergonomía laboral, existe la posibilidad de que se produzcan incidentes que lleguen a atentar con el bienestar del personal (Angel & Olaya, 2014).
- El medio ambiente también podría verse afectado, y se deja a consideración de las normativas legales que regulen el tratamiento de residuos o desechos peligrosos, en caso de existir, que puedan afectar al ambiente (Angel & Olaya, 2014).
- También se pueden ver afectado los gastos en los que se incurren al momento de realizar un plan de mantenimiento, ya la sostenibilidad del proyecto depende, en su mayoría, del presupuesto que se le asigne (Angel & Olaya, 2014).

2.3 El recurso hídrico.

El agua ha sido siempre uno de los recursos principales para sobrevivencia del hombre, el 70% del planeta está cubierta por él, del cual su 100% está dividido en 97.5% para los océanos y solo 2.5% para las aguas dulces. Entendiéndose como agua dulce los glaciares del ártico, el hielo de los cascos polares y la nieve, así como el agua de la superficie y el agua subterráneo (Fernández Cirelli, 2012).

Este 2.5% de agua dulce es el agua potable que consumimos y del cual depende nuestra vida. Pero esa no es su única función ya que las plantaciones agrícolas e industrias alimenticias dependen totalmente de este recurso para poder generar su producción dado que el 15% del comercio mundial proviene de estas actividades (Fernández Cirelli, 2012).

El problema recae cuando las industrias realizan sus procesos y vierten el agua contaminada hacia los afluentes naturales y esta es una de las causas del deterioro de la calidad del agua (Fernández Cirelli, 2012). Otras causas son las malas prácticas agrícolas, las vertientes en zonas urbanas y tuberías en proceso de corrosión que afectan a las aguas subterráneas, plaguicidas (Tobón & López, 2011), así como combustibles de automóviles (Rojas & Deyá, 2007) o aceite residuales de proveniente de motores (Hernández, Aguirre, & Yáñez, 2007) etc.

Los efectos del deterioro en la calidad del agua son diversos pueden ir desde la infertilidad en los terrenos agrícolas hasta la afectación en la salud del hombre por la presencia de contaminación microbiológica.

2.3.1 Aguas subterráneas.

El agua subterránea tiene su origen en el agua meteórica que se obtiene del agua de lluvia, la nieve o el Hielo, y que se filtran a través de la tierra hasta las profundidades cavernosas, a estas se las conoce como acuíferos. Para poder beneficiarse de este recurso, se han creado técnicas que permitan substraer estas aguas, como la perforación de pozos y la implementación bombas de presión (Sahuquillo, 2009) Las aguas subterráneas están más protegidas, ya que la contaminación toma más tiempo en llegar hasta su ubicación. Los agentes contaminantes pueden filtrarse dentro de los acuíferos de diferentes formas, una de ellas es la infiltración de sustancias contaminadas, que son depositadas desde la parte superior del terreno. También en superficies fisuradas existe transferencia de agentes contaminantes, por medio de las fracturas en las capas terrestres (Sahuquillo, 2009).

2.4 Sistemas de purificación de agua

Los sistemas de purificación de agua son estructuras encaminadas a realizar procesos de tratamiento en aguas que se encuentran contaminadas, y hacerlas aptas para el consumo humano.

2.4.1 Técnicas De Purificación De Agua.

- Una de las técnicas actuales, es la purificación de agua por medio de tecnologías, basadas en procesos de oxidación mediante el uso de ozono. Este estudio realizado en Indonesia, tenía como objetivo eliminar del agua turbia, ácidos de humus y compuestos orgánicos. Consistía en tomar tres muestras de agua, en tres diferentes lugares situados en la provincia de Riau. El tratamiento comienza con la combinación de O₃-UV-H₂O₂ (siendo esta, la activación de la molécula UV combinada con agua para formar radicales OH) y un filtro a base de carbón activado a través de un sistema AOP (Aspect-Oriented Programming) (Hutagalung, y otros, 2014). Dando como resultados la disminución significativa de agentes contaminantes en la muestra de agua obtenidas, mejorando la calidad de agua, lo que significa agua más transparente y con un mejor olor.
- En Japón, en la universidad tecnológica de Toyohashi, se realizó el estudio de una nueva técnica de purificación de agua, la cual consistía en eliminar e inactivar bacterias como la *Escherichia coli*. Mediante la aplicación de la Dielectroforesis (polarización de partículas en un campo eléctrico no uniforme) utilizando alto voltaje. Para lograr la Dielectroforesis se utilizó un reactor de lecho compacto o fijo (Takeda, y otros, 2014). Para este experimento se aplicó un voltaje de 8,0 kV₀-P. Dando como resultado la eliminación, de entre un 90% a 95% de la *Escherichia coli*, demostrando su efectividad en la eliminación de bacterias.

- La utilización de membranas ultrafinas compuestas de óxido de grafeno, son un medio de filtración de alto rendimiento y bajo costo, ya que puede formar nanocanales en 2D, donde solamente el agua puede atravesar mientras atrapa sus impurezas (Jang, Lee, Woo, & Han, 2015).
- En la universidad de Qatar, propusieron la creación de un nuevo generador de impulsos de alto voltaje de múltiples módulos, con el propósito de permeabilizar el agua aplicando un campo eléctrico de alto pulso que eliminaría los gérmenes de manera efectiva (Elserougi, Ahmed, & Massoud, 2016).
- En India se desarrolló un sistema de control y purificación de agua, que tiene implementado un PID (Controlador Proporcional-Integral-Derivativo) Este sistema permite conocer y eliminar los gérmenes en los sistemas de tanques en las ciudades metropolitanas, así como también, controlar los niveles de pH y turbiedad. El método que este sistema utiliza comienza con un proceso de clarificación, donde se añade alumbre (piedra a base de sal) luego se realiza un tratamiento con rayos ultra violeta (rayos UV) y cloro para la desinfección, para después añadir ácido acético y ceniza de sosa para el control del Ph (Mehendale, Sharma, Shah, & Vishwakarma, 2016).
- En la nación de Sri Lanka, producto de la contaminación del agua con arsénico, cadmio y plomo que afecta la salud de los campesinos, y que se ha convertido en una crisis de salud pública, se vieron en la necesidad de implementar un sistema de purificación, dicho sistema fue implementado primero en Sudáfrica, con la diferencia de que el sistema propuesto para esta nación, acelerara el proceso de purificación. El proceso consiste en, utilizar un envase para depositar agua con una tapa cónica transparente en la parte superior del envase, una superficie de condensación, y un recolector para el agua ya purificada. Para abaratar costos,

se optó por utilizar un tanque con válvulas integradas, como el contenedor de agua y también por su facilidad de uso (Cozian, Kumarage, Bilgi, & Danielyan, 2017).

- En Haití, un grupo de estudiantes y dos profesores, diseñaron e implementaron un sistema de purificación de agua de pozo, que funciona con energía solar. El método que utiliza este sistema para purificar el agua, es el de ósmosis inversa, lo que permite que el agua contaminada pueda fluir a través de una membrana semipermeable, eliminando partículas de agentes contaminantes. Se utilizó un sistema de paneles solares que genera 3.1kW para poner en funcionamiento el sistema, y un panel que genera 335 W para el funcionamiento de la bomba extractora de agua del pozo, y un filtro de sedimentos (Kain, y otros, 2017).

2.4.2 Carbón Activado.

El carbón es un mineral, formado a partir de la concentración de plantas en descomposición durante millones de años. Hablando específicamente del carbón activado, es un producto creado artificialmente a través de un proceso llamado carbonización, los átomos que contiene este mineral son capaces de absorber sabores, olores y colores que podrían considerarse desagradable. Esa capacidad de absorción es la consecuencia de contar con una elevada superficie interna. Dependiendo del tamaño del grano puede clasificarse como: granulado o polvo (Universidad de Sevilla, 2013).

El carbón activado puede ser de origen vegetal o mineral. Puede ser creado a partir de diferentes plantas o minerales, por ejemplo: el maíz de mazorca, de cáscara de plátano y Jacinto de agua, semillas de eucalipto, de torta de higuera, de conchas de coco, residuos de madera industrial, pulpa de café, entre otros.

El carbón activado se lo utiliza principalmente en los procesos de purificación, como filtro para eliminar microorganismos en sistemas de agua, que pudieran generar, por ejemplo, malos

olores (Meng, Liu, DongminTao, Li, & Zheng, 2016) O afectar a la salud, con componentes químicos peligrosos (Ogata & Miura, 2014).

En la actualidad, se han realizado diversos experimentos para poder medir las capacidades de adsorción del carbón activado, por ejemplo, en la adsorción de CO₂ existente en el agua, el carbón activado demostró ser capaz de asimilarlo, eliminando completamente su rastro (Cen, Fang, Wang, & Luo, 2013).

El poder de adsorción del carbón activado, puede incluso adsorber el oro y plata en estado de soluciones cianuradas, esto resulta de gran ayuda en el campo de la hidrometalurgia (Navarro & Vargas, 2010).

También se experimentó con la capacidad de adsorber iones metálicos, presentes durante el proceso de lixiviación, lo que ayuda a la recuperación de una mayor cantidad de cobre en materiales oxidados (Manals, Vendrell, & Penedo, 2015).

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación

La investigación es un proceso, en el que se utiliza un método científico, con el cual se pueda obtener información confiable y fidedigna, y así poder entender el funcionamiento de un tema en específico (Tamayo & Tamayo, 2004). En el presente estudio, se aplica la investigación descriptiva, como herramienta para el análisis y registro de los procesos, que conforman el plan de mantenimiento preventivo. La investigación descriptiva consta de varias etapas:

- Descripción del problema
- Formulación de hipótesis
- Justificación de la hipótesis
- Marco teórico
- Grupo objetivo
- Categorizar datos

Este tipo de investigación también puede subdividirse otros varios estudios, pero el que se adapta mejor es el estudio causal (Tamayo & Tamayo, 2004) El cual estudia la relación entre las causas y consecuencias dentro de ciertos fenómenos.

3.2 Justificación de la metodología

La metodología AMEF, ya descrita en el capítulo anterior, es una metodología en la cual se utiliza criterios de valoración de frecuencia, severidad y ocurrencia a posibles causas, que puedan provocar efectos dañinos en un sistema, en otras palabras, se analiza las causas y los efectos dentro de un sistema, ajustándose así a la investigación descriptiva de tipo estudio causal que se lleva a cabo en el presente trabajo, y utilizándolo como herramienta de estudio.

3.3 Metodología AMEF

El análisis de modo falla y efecto, es una técnica utilizada para determinar todas las formas posibles en que pueden suscitarse fallas dentro de un sistema, y a su vez, permitir anticiparse con planes de contingencia para corregir de manera inmediata el error. Este método requiere que todos los procesos a realizar, deban ser debidamente documentados, ya que así, en caso de que se requiera un nuevo análisis, poder contar con una base de información ya establecida con anterioridad (Ñahuin & Gady, 2017).

3.3.1. Antecedentes.

El análisis AMEF fue implementado por primera vez en el año de 1949 por la National Agency of Space and Aeronautical (NASA) como la normativa militar MIL-P-1629 bajo el título de "Procedimiento para la Ejecución de un Modo de Falla, Efectos y Análisis de criticabilidad".

En el año de 1988 la Ford Motor Company, la General Motors Corporation y la Chrysler Corporation, en un esfuerzo por cumplir con los requerimientos en las normas de gestión de calidad, impuestas por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) se vieron en la necesidad de implementar el análisis AMEF en sus procesos, para poder cumplir con los estándares impuestos. En el año de 1993 se presenta el manual AMEF, donde detalla la dirección para la preparación y ejecución del AMEF. Dicho manual fue apoyado por Ford Motor Company, General Motors Corporation y Chrysler Corporation (Montalvan-Loyola, Arenas-Bernal, Talavera-Ruz, & Magaña-Iglesia, 2015).

En la actualidad, el análisis AMEF es utilizado en todas las compañías automotrices, y se ha extendido hasta otros sectores, ya que su utilidad se puede aplicar a cualquier tipo de proceso o empresa, en cualquier nivel técnico, e incluso la vida cotidiana. Antes de convertirse en un

análisis utilizado en procesos industriales, AMEF era aplicado como una medida de seguridad en las agencias espaciales, ya que con él, podían prevenir numerosos incidentes y accidentes (Martínez, 2004).

3.3.2. Tipos de AMEF.

- AMEF aplicado a procesos: es un método utilizado para detectar fallas en las líneas de producción, y posteriormente anticipar y corregir dichas fallas, las cuales que podrían ser perjudiciales, para el trabajador y la producción (Ñahuin & Gady, 2017).
- AMEF aplicado al diseño: se refiere a que antes de comenzar a manufacturar un nuevo producto, es necesario realizar una prueba de componentes, mediante la utilización de prototipos para corregir cualquier falla que pueda existir en el diseño (Ñahuin & Gady, 2017).
- AMEF aplicado al software: se utiliza para detectar posibles fallas dentro de los sistemas computacionales de la organización, y poder anticipar cualquier eventualidad (Ñahuin & Gady, 2017).

3.3.3. Ventajas.

- Reducir fallas en las líneas de proceso.
- Ofrecer mayor confianza en el proceso.
- Reducir cargas de trabajo.
- Reducir costos de devoluciones.
- Agrega valor al resultado final.

3.3.4. Limitaciones.

- Requiere capacitación de los empleados encargados de llevar a cabo el método.
- Puede provocar un efecto de retraso en la producción, al inicio de la aplicación del AMEF.
- Puede provocar un impacto en los costos de inversión.

3.3.5. Beneficios.

El método AMEF permite un mayor control sobre los procesos, logrando así generar beneficios a corto y a largo plazo, entre los cuales encuentran: la reducción de gastos de mantenimiento y devoluciones, y menor cantidad de productos con características que puedan afectar la calidad del producto final. Pone a disposición una base de datos, con información que pueda ayudar en un futuro a la organización, en la toma de decisiones (Ñahuin & Gady, 2017).

3.3.6. Requerimientos.

- Personal previamente capacitado que pueda llevar a cabo la implementación del método AMEF.
- Diagramas esquemáticos con la debida especificación de cada uno de los procesos en los cuales se implementará el AMEF.
- Listado de componentes y piezas esenciales, junto con los datos del diseño.
- Formatos y consideraciones especiales de los productos.

3.3.7. Pasos para realizar un análisis AMEF orientada a los procesos.

a. Número del Formato AMEF.

Asignar un número al documento AMEF, el cual será utilizado y analizado las veces que sea necesario (Martínez, 2004).

b. Nombre del proceso.

Asignación de un nombre al proceso que se está analizando.

Ejemplo: línea Chevrolet cavalier, donde se especifica que en esa línea de ensamble, se armará el modelo cavalier (Martínez, 2004).

c. Departamento o Grupos responsables.

Se nombrará al grupo de personas encargadas del proceso, que asumirán todas las tareas necesarias para llevar a cabo los objetivos planteados (Martínez, 2004).

d. Nombre del Responsable.

Designar al líder quien asignará las tareas a cada miembro del grupo responsable, quien se hará cargo de llenar todos los formatos necesarios (Martínez, 2004).

e. Fecha del AMEF.

Determinar la fecha de inicio del AMEF, la cual debe ser acorde a la fecha de arranque del proceso (Martínez, 2004).

f. Fecha de actualización.

Cabe destacar que el AMEF no tiene una fecha de culminación o cierre, por el contrario, se debe ir actualizando, a medida que se detecten potenciales fallas, y se registrará las fechas conforme se actualice el AMEF (Martínez, 2004).

g. Lista de los miembros del equipo AMEF.

Adjuntar los nombres de los miembros del grupo encargado de la realización de las tareas que se le asignen para el cumplimiento del AMEF (Martínez, 2004).

h. Número de cada operación.

Se le asigna un número a cada uno de los procesos que se llevarán a cabo, se recomienda enumera también los subprocesos (Martínez, 2004).

i. Funciones del proceso listado.

Una vez realizado el listado de los procesos, se procederá a colocar una pequeña descripción y los requerimientos en términos medibles, para facilitar al encargado el llevar a cabo el proceso asignado (Martínez, 2004).

j. Modo de falla potencial.

En esta fase se procede a analizar la descripción de cada uno de los procesos, y realizar una lluvia de ideas para poder determinar qué tipos de fallas podrían suscitarse. En esta fase se plantean las ideas de lo que podría salir mal en los procesos, aunque en realidad no sucediese tal falla, siempre hay que tenerla en consideración por motivos de seguridad (Martínez, 2004).

k. Efectos de modo potencial.

Una vez plantados las posibles fallas que podrían suscitarse, se procede a determinar cuáles serían las consecuencias. Dichas consecuencias se especificarán en términos de seguridad, para entender el impacto que estas podrían tener en la integridad, ya sea del operario o del proceso (Martínez, 2004).

l. La Severidad.

En este paso, se procede a valorar la gravedad de las consecuencias producida por las posibles fallas en los procesos. La valoración se otorga mediante una escala del 1 hasta el 10, donde 1 significa inexistencia de gravedad, y 10 es la situación más grave que pudiera ocurrir.

Una vez asignadas el nivel de gravedad, este se mantendrá en todas las actualizaciones, y no se cambiarán a menos que haya algún cambio en el diseño (Martínez, 2004).

m. Clasificación.

A los niveles de gravedad se les asignará una nueva clasificación, conformado así tres distintos grupos:

- C= Defecto Crítico.
- M= Defecto Mayor.
- m= Defecto Menor.

Donde los niveles de gravedad 10 y 9 serán clasificados como críticos, los cuales se les deberá dar especial prioridad debido a la gravedad de impacto que pudieran producir. Los niveles de gravedad 8 y 7 serán clasificados como mayor, dado que son los que afectan al producto final o al proceso. Los niveles de gravedad 6, 5, 4, 3, 2 serán clasificados como menor, son aquellos fallos que menores con bajo impacto en la seguridad, en el proceso o en el producto (Martínez, 2004). Y se clasifican bajo los siguientes criterios:

Tabla 1. Ponderación de los criterios de Severidad.

EFEECTO	CRITERIOS DE SEVERIDAD	PONDERACIÓN
Peligroso; sin alarma	Puede poner en peligro al operador del ensamblaje. El incidente afecta la operación o la no-conformidad segura del producto con la regulación del gobierno. El incidente ocurrirá sin alarma.	10
Peligroso; con alarma	Puede poner en peligro al operador del ensamblaje. El incidente afecta la operación o la no-conformidad segura de producto con la regulación del gobierno. El incidente ocurrirá con alarma.	9
Muy Arriba	Interrupción importante a la cadena de producción. 100% del producto puede ser desechado. El producto es inoperable con pérdida de función primaria.	8
Alto	Interrupción de menor importancia a la cadena de producción. El producto puede ser clasificado y una porción desechada. El producto es operable, pero en un nivel reducido del funcionamiento.	7
Moderado	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. El producto es operable, pero un cierto ítem(s) de la comodidad / de la conveniencia es inoperable.	6

Bajo	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. 100% del producto puede ser devuelto a trabajar. El producto es operable, pero algunos items de la comodidad / de la conveniencia funcionan en un nivel reducido del funcionamiento.	5
Muy Bajo	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. El producto puede ser clasificado y una porción puede ser devuelta a trabajar.	4
De menor importancia	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. Una porción del producto puede ser devuelto a trabajar en línea solamente hacia fuera-de-estación.	3
Muy De menor importancia	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. Una porción del producto puede ser devuelto a trabajar en línea solamente en-estación.	2
Ninguno	El modo de fallo no tiene ningún efecto	1

Fuente: (Martínez, 2004)

n. Las causas o mecanismos Potenciales de falla.

Una vez determinadas las posibles fallas y consecuencias con su respectiva valoración y clasificación, se procede a identificar por medio de una lluvia de ideas, todas las posibles causas que pudieran producir la falla. Para complementar la lluvia de ideas, se recomienda utilizar un diagrama de Ishikawa o también llamado un diagrama de pescado, y en él registrar todas las ideas de posibles causas de fallos (Martínez, 2004).

o. La Ocurrencia.

Es aquella que nos indica con qué frecuencia las causas de las fallas han ocurrido, el cual se determina por el historial de reportes de seguridad, operacionales o de producción en el que se detalle la existencia de las fallas (Martínez, 2004). También se cuenta con una escala que pondera la probabilidad de incidentes:

Tabla 2. Ponderación del índice de Ocurrencia.

PROBABILIDAD DEL INCIDENTE	INCIDENTES (Frecuencia)	CPk	PONERACIÓN
Muy Arriba: El incidente es casi inevitable	1 en 2	<0,33	10
	1 en 3	0,33	9
Alto: Asociado generalmente a los procesos similares que han fallado. Anteriormente	1 en 8	0,51	8
	1 en 20	0,67	7
Moderado: Asociado generalmente a los procesos similares previos que han experimentado incidentes ocasionales, pero no en proporciones importantes	1 en 80	0,83	6
	1 en 400	1,00	5
	1 de 2000	1,17	4
Bajo: Los incidentes aislados se asociaron a procesos similares	1 en 15.000	1,33	3
Muy Bajo: Solamente incidentes aislados se asocian a procesos casi idénticos	1 en 150.000	1,50	2
Telecontrol: El incidente es improbable.	1 en 1.500.000	1,67	1

Fuente: (Martínez, 2004)

p. Controles Actuales del Proceso.

Los controles actuales del proceso, es el inventario de recursos con los que se cuenta para resolver las fallas, independientemente de si se pueda controlar o no. Estos controles están enlazados a la Detectabilidad que es otra de las funciones a cargo del AMEF.

Los controles existentes deberán ser evaluados, y determinar si son capaces de controlar las falla, caso contrario se deberán actualizar (Martínez, 2004).

Las funciones de los controles de proceso son las siguientes:

- Prevenir la causa o modo de falla.

- Detectar la causa y conducir a una acción correctiva.
- Detectar el modo de falla.

q. Detectabilidad.

La Detectabilidad es una ponderación sobre los controles actuales del proceso, para hallar causas potenciales. Evalúa la validez de los diseños o mecanismos, controles que forman partes del procesos. Las ponderaciones están basadas en una tabla de Detectabilidad, mientras mayor sea el número, menor será la efectividad del diseño o mecanismo (Martínez, 2004).

Tabla 3. Ponderación de los índices de Detectabilidad.

DETECCIÓN	CRITERIOS DE DETECCIÓN PARA EL PROCESO	PONDERACIÓN
Casi Imposible	Ninguno de los controles disponibles detectar incidente Modo o causa	10
Muy Alejado	Los controles actuales tienen una probabilidad muy alejada de detectar modo o causa de fallo	9
Alejado	Los controles actuales tienen una probabilidad alejada de detectar modo o causa de fallo	8
Muy Bajo	Los controles actuales tienen una probabilidad muy baja de detectar modo o causa de fallo	7
Bajo	Los controles actuales tienen una probabilidad baja de detectar Modo o causa de fallo	6
Moderado	Los controles actuales tienen una probabilidad moderada de detectar modo o causa de fallo	5
Moderadamente Alto	Los controles actuales tienen una probabilidad moderadamente alta de detectar modo o causa de fallo	4
Alto	Los controles actuales tienen una alta probabilidad de detectar modo o causa de fallo	3
Muy Alto	Los controles actuales tienen una probabilidad muy alta de detectar modo o causa de fallo	2
Casi Seguro	Controles actuales detectan casi seguros al modo o a la causa de fallo. Los controles confiables de la detección se saben con procesos similares.	1

Fuente: (Martínez, 2004)

r. Número de Prioridad de Riesgo.

Es el producto de la multiplicación entre la Severidad, la Ocurrencia Y la Detectabilidad. La fórmula es la siguiente:

$$\text{NPR} = (\text{S}) \times (\text{O}) \times (\text{D})$$

Cabe recordar que ni la Severidad, Ocurrencia Y Detectabilidad se deberán ponderar con cero, ya que el resultado de la fórmula nos daría cero. Por esa razón la cantidad más baja es uno (Martínez, 2004).

s. Acciones Recomendadas.

Una vez obtenido el resultado de Número De Prioridad de Riesgo, se iniciaran acciones correctivas, previamente determinadas por un diagrama de Pareto, priorizando las fallas más críticas (Martínez, 2004).

t. Responsabilidad y Fecha de Terminación.

Al referirse a una fecha de terminación, se refiere al momento en que las fallas existentes, fueron exitosamente corregidas por el equipo responsable de las reparaciones, más no a la terminación del AMEF como tal, ya que este método de análisis deberá continuar existiendo, y seguir aplicándose periódicamente (Martínez, 2004).

u. Acciones Tomadas.

Una vez terminada la acción correctiva o preventiva, se asignará una descripción de mejora para una futura actualización, y su respectiva fecha de cierre (Martínez, 2004).

v. Resultados del 2do. NPR.

Una vez terminado el proceso, correctivo o preventivo, se recomienda realizar un segundo cálculo del Número De Prioridad De Riesgo, después de un tiempo promedio de dos semanas, para poder constatar las mejoras obtenidas (Martínez, 2004).

3.4 Descripción de la planta purificadora y sus procesos

La planta purificadora, está compuesta de una estructura metálica de seis metros de alto, por un área de un metro y veinte centímetros cuadrados. Dividida en tres secciones iguales, en las cuales se colocaron tres tanques con una capacidad de cincuenta y cinco galones. Estos tanques tienen por finalidad llevar a cabo el proceso de filtración, ya que en su interior se depositaron una variedad de elementos granulares, que servirán para la eliminación de los elementos contaminantes del agua.

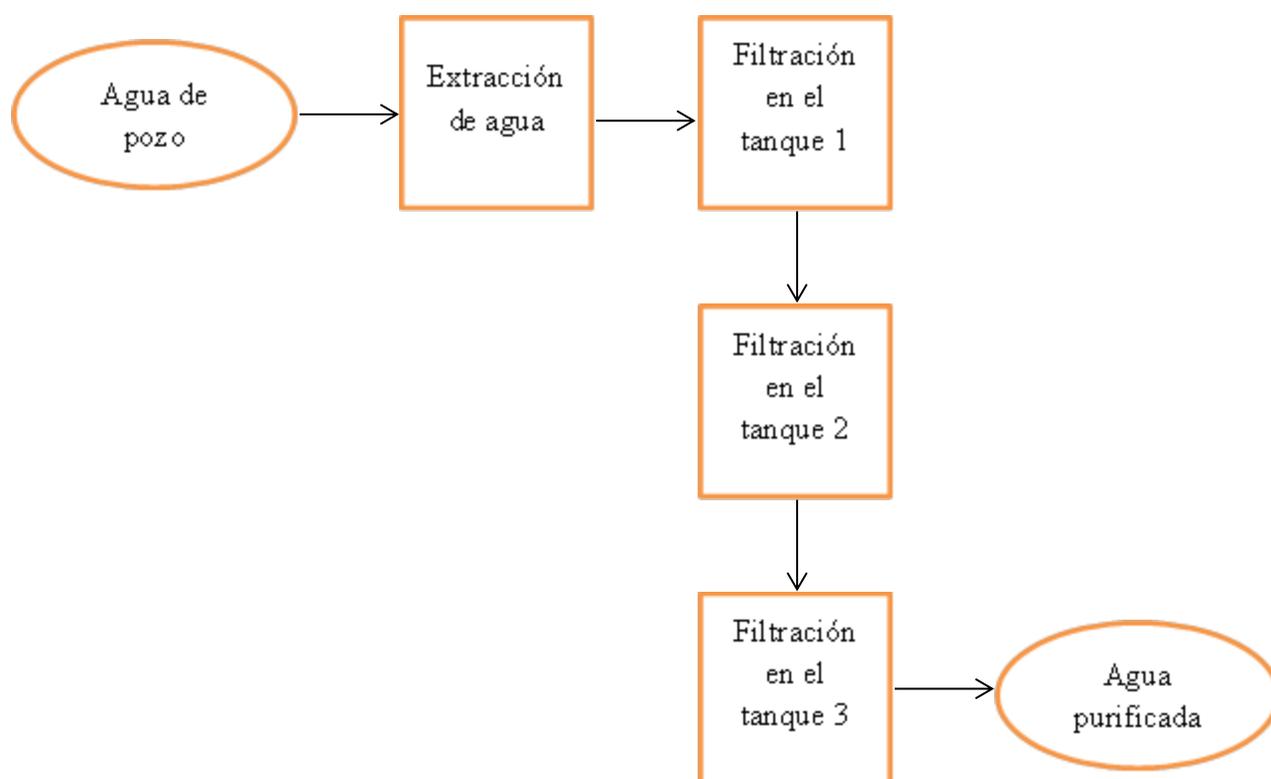
El proceso de extracción, inicia en un pozo ubicado aproximadamente a dos metros de donde se encuentra la estructura. Por medio de una Válvula Check de media pulgada de diámetro, conectada a una bomba de extracción de agua, se realiza la captación e impulso del agua a través de un tubo de media pulgada, hacia el tanque localizado en la sección superior de la estructura. La salida de agua está configurada a manera de regadera, y una vez el agua ingresa al primer tanque, comienza el proceso de purificación.

Dentro del tanque se encuentran tres capas de diferentes elementos granulares. La capa inferior está formada por piedra chispa, la capa intermedia la compone piedra bola, mientras que la capa superior es de arena granulada, y cada capa está separada por una malla plástica que retiene los desechos sólidos arrastrados por el agua, mientras que las piedras retienen las impurezas producidas por el hierro.

Cuando el agua llega hasta la base del tanque, de inmediato sale por un tubo de tres cuartos de pulgada, que conecta con el tanque ubicado en la sección intermedia de la estructura, para repetir el mismo proceso. El tanque de la sección intermedia, está compuesto por tres capas, siendo la capa inferior de piedra chispa, la capa de en medio piedra bola, y la capa superior arena

granulada. De igual manera, cuando el agua alcanza a llegar hasta la base del tanque, sale por un tubo de tres cuartos de pulgada, conectado al tanque de la sección inferior.

El tanque inferior contiene tres capas de carbón activado, repitiendo así, una última vez el ciclo llevado a cabo en las dos secciones anteriores, y completando el proceso de purificación. En la base del tanque de la sección inferior, se encuentra una llave de paso de tres cuarto de pulgada, con el propósito de dar paso o cortar el flujo de agua cuando sea necesario.



3.5 Inventario de los componentes que conforman la planta purificadora

Tabla 4. Piezas que componen al filtro de agua

Cantidad	Componentes	Medida
1	Estructura metálica	Seis metros de alto y un área de un metro y veinte centímetros cuadrados
3	Tanques medianos	Un metro y medio de altura
2	Tubos de ½ de pulgada	Un metro
3	Tubos de ¾ de pulgada	Un metro
1	Bomba de agua periférica de 110v	
12	Codos de ¾ de pulgada	
3	Uniones T de ¾ de pulgada	
3	Uniones universales de ¾ de pulgada	
1	Unión de ½ a ¾ de pulgada	
1	Unión universal de ½ pulgada	
1	Codo de ½ pulgada	
1	Válvula Check de pie de ½ pulgada	
5	Plancha de plástico corrugado	
	Malla plástica	Seis metros
50 kg	Carbón activado	
4 sacos	Piedra chispa	
2 sacos	Piedra boluda grande	
2 sacos	Piedra boluda pequeña	
1 saco	Arena granulada	
16	Amarres plásticos	
1	Extensión eléctrica	

Fuente: El Autor

3.6 Revisión y limpieza de la bomba de agua

Para comenzar con la limpieza, deberá desconectar la bomba de la toma eléctrica para luego proceder a desarmar. Primero retirando la tapa bornera que cubre al capacitor, y la tapa que cubre al ventilador, habiendo hecho esto, se procederá a retirar el ventilador plástico. Luego se deberán desmontar todos los pernos, y así poder retirar la tapa del motor. Después se removerá la cáscara o cuerpo de la bomba utilizando un cincel, el cual se colocara en la hendidura entre la carcasa y la caja de bobinado, para proceder a golpearlo levemente con un martillo. Luego se retirará el soporte de la bomba junto con el eje rotor, el impulsor, el sello mecánico, el anillo de cierre, el

balero, y la arandela para proceder a separarlos individualmente. Una vez separados, se constatará la condición del sello mecánico, ya que en caso de desgaste se deberá cambiar. Se revisará el estado del impulsor, y en caso de encontrarse oxidado, se deberá limpiarlo con una escobilla de acero, de igual manera la carcasa, y el soporte de la bomba deberán ser limpiada con una lija. Una vez limpiadas todas las piezas y cambiados los repuestos, se procederá a rearmar todo a su estado original en el eje. Para ello se puede utilizar aceite para lubricar al eje, y facilitar la labor. Al regresar la carcasa a su lugar, se colocará una capa de silicona alrededor del contorno de la caja bobinado, para que en un futuro no existan fugas. Luego se apretaran los pernos para terminar de cerrar la caja. Para terminar, se volverá a colocar el ventilador plástico, luego de haberlo limpiado del polvo o cualquier otra suciedad, para finalmente taparlo. Concluyendo así el proceso de limpieza. Para constatar que todo fue hecho de la manera apropiada, se deberá realizar una prueba de arranque antes de reconectar la bomba a las tuberías. La frecuencia con que se realizará este mantenimiento, será de cada seis meses. Debido a que la bomba funciona constantemente y en la intemperie, esto puede producir desgaste y posible oxidación en sus partes.

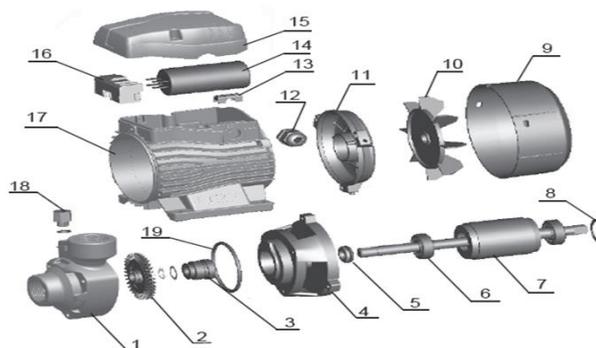


Figura 2. Bomba periférica eléctrica
Fuente: (Grupo IUSA, S.A.)

Tabla 5. Partes que componen la bomba de extracción de agua

Posición	Descripción	Posición	Descripción
1	Cuerpo de la bomba (cáscara)	11	Tapa motor
2	Impulsor	12	Porta cable
3	Sello metálico	13	Prensacable
4	Soporte de la bomba	14	Capacitor (condensador)
5	Anillo de cierre	15	Tapa bornera
6	Balero	16	Bornera
7	Eje rotor	17	Caja bobinado
8	Arandela	18	Tapón de cebado
9	Tapa ventilador	19	Empaque cuerpo bomba
10	Ventilador		

Fuente: (Grupo IUSA, S.A.)

3.7 Revisión y limpieza de los elementos granulares

Cada uno de los tanques cuenta una capa de distintos elementos granulares, los cuales están separados por una malla plástica. Para realizar la limpieza o cambio de los elementos granulares, se deberán remover junto con la malla, para facilitar la tarea. Una vez hecho, se procederá a su limpieza por separado. Esta limpieza se la deberá realizar cada seis meses.

Piedra chispa

Los tanques de la sección superior e intermedia, contienen cada uno una capa de piedra chispa. La cual, una vez sacada de los tanques, se las vaciará por separado cada capa dentro de una batea o bandeja, capaz de contener la cantidad de piedras existentes. Hecho esto, se verterá agua hasta que llenen los recipientes. Luego se procederá a lavar manualmente, lo cual requiere que el encargado del lavado, deba introducir sus manos dentro del recipiente con piedra y agua, y proceder manipular el contenido haciendo movimientos circulares, esto permitirá que la suciedad en las piedras se vaya removiendo. Este procedimiento se realizará hasta que el color del agua deje de ser clara, una vez eso ocurra se votará el agua sucia, y

deberá ser reemplaza para repetir el procedimiento, hasta que el agua deje de cambiar su tonalidad. Se recomienda utilizar guantes de caucho para evitar lesiones en las manos.



Figura 3. Saco de piedra chispa
Fuente: (Cañarte, 2016)

Piedra bola

Existen dos capas de piedra bola, cada una dentro de los tanques de la sección superior e intermedia. En el caso de la piedra bola, su dimensión puede variar de pequeña a grande. Siendo la pequeña del tamaño de un limón, y la grande, llegando a ocupar la palma de la mano. Teniendo esto en cuenta esto, se las colocará en recipientes separados para su posterior limpieza. En el caso de las piedras pequeñas, se deberá lavar dentro de un recipiente con agua, y de igual manera que la piedra chispa, se realizarán con las manos movimientos circulares, para manipular el movimiento del agua y con ello provocar el desprendimiento de las impurezas en las piedras. Cambiando el agua cada cierta cantidad de tiempo. Este procedimiento se lo realizará tantas veces, hasta que las piedras estén totalmente limpias.

En el caso de las piedras grandes, dado su tamaño son más difíciles de manipular. Para facilitar la tarea, se recomienda lavarlas con cepillos domésticos, y rociarlas con agua a presión.



Figura 4. Piedra bola
Fuente: (Guzmán, 2016)

Arena granulada

De igual manera, existen también dos capas de arena granulada en los tanques de la sección superior e intermedia. La arena granulada también se la conoce como arena gruesa, la cual se encuentra por lo general en las construcciones. Para el proceso de purificación, también se puede utilizar la arena que se encuentra en la playa, teniendo su propio proceso de lavado. Este proceso consiste en utilizar un cernidor de arena, al cual se le colocara en su superficie una malla fina, y por debajo del cernidor se colocará un balde o recipiente plástico. Una vez hecho esto, se procederá a verter la arena en el interior del cernidor, y con la mano se manipulara el contenido, hasta que solo queden las piedras más grandes, mientras en recipiente plástico irá cayendo la arena. Una vez terminado, se utilizará la arena que quedó en el recipiente, al cual se le verterá agua a baja presión, mientras con la mano se va amasando la arena, hasta que la tierra se disuelva. La arena restantes es la que se utilizara para el filtro.



Figura 5. Arena granulada
Fuente: (Guzmán, 2016)

Carbón activado

En el caso del carbón activado, se recomienda que sea cambiado en lugar de ser reutilizado. Pero de igual manera, estas nuevas capas de carbón, deberán ser tratadas previas a su utilización. Se deberá dejar remojando el carbón, al menos diez horas previas al inicio del lavado. Una vez pasadas las diez horas, se comenzará con el tratamiento, el cual, de igual manera que los elementos granulares anteriores, consiste en colocar el carbón en un recipiente plástico, al cual se le verterá agua, para luego proceder a manipular el contenido con movimientos circulares, para poder eliminar las impurezas que pueda contener el carbón.



Figura 6. Carbón activado (Granulado)
Fuente: (Universidad de Sevilla, 2013)



Figura 7. Carbón activado (polvo)
Fuente: (Universidad de Sevilla, 2013)

3.8 Revisión y limpieza de los depósitos de agua

Los tres tanques, que sirven como contenedores de los elementos granulares, deberán ser limpiados y desinfectados una vez al año. Para facilitar su limpieza, se recomienda retirarlos de la estructura metálica. Para ello, se deberá primero desacoplar todas las tuberías que se encuentran unidas al tanque, y vaciarlo completamente de los elementos granulares. Luego se moverán los tanques a un lugar espacioso, en donde se llevará a cabo el proceso de desinfección, para lo cual se usará cloro puro. La porción de cloro, será de medio litro, mezclado con veinticuatro litros y medio de agua. Luego se procederá a tallar con cepillo las paredes del tanque, junto con las tapas y el fondo, teniendo especial cuidado con las grietas o fisuras. Vaciar el agua del lavado, y enjuagar repetidamente el tanque, hasta que el agua utilizada salga limpia. Para finalizar, se regresaran los tanques a su lugar dentro de la estructura metálica. Se llenará nuevamente con los elementos granulares ya lavados, y se conectarán nuevamente todas las tuberías para la circulación del agua. Se recomienda que la limpieza, y desinfección se realice cada seis meses, para preservar la inocuidad del agua.



Figura 8. Tanque cilíndrico vertical
Fuente: (Plastigama, 2018)

3.9 Revisión y limpieza de las tuberías

Para la desinfección de las tuberías, primero se deberán desacoplar de todas las uniones, y codos existentes. Primero se tomaran todos los tubos largos, por los que circula el agua hasta los tanques. A estos, se les colocara en uno de sus extremos un tapón, dependiendo del diámetro, ya sea de media pulgada o tres cuartos de pulgada. Una vez hecho, se procederá a introducir cloro puro, y se dejará reposar la tubería durante dos horas. Pasado ese tiempo, se deberá botar el contenido del tubo, y se enjuagara tantas veces como sea necesario, hasta que el agua con la que se está enjuagando salga totalmente limpia.

Luego se procederá a desinfectar las tuberías en forma de regadera. Se sumergirá dentro de un recipiente, con la porción de medio litro de cloro mezclado con veinticuatro litros y medio de agua. Se las dejará reposar durante dos horas hasta que se desinfecte, luego se procederán a enjuagar hasta que el agua con la que se está enjuagando salga limpia. Al igual que los tanques, las tuberías deberán desinfectarse cada seis meses, para evitar la proliferación de gérmenes, y malos olores.



Figura 9. Tuberías plásticas
Fuente: (Plastigama, 2018)

3.10 Revisión y limpieza de la estructura metálica

Dado que la estructura metálica se encuentra en la intemperie, y su única protección son cuatro planchas plásticas que recubren los lados frontales, pero no su lado superior, es propensa a producir corrosión debido a factores como la lluvia, viento o salinidad. Para evitar estas situaciones, se deberá aplicar un revestimiento de pintura anticorrosiva, en toda la superficie de la estructura metálica. También se deberán tomar en consideración, el estado de las uniones que están soldadas, y en caso de existir algún deterioro, se deberá realizar acciones preventivas para reforzar las sueldas. Se recomienda que la estructura reciba un mantenimiento anual, de ser posible efectuarse con anterioridad a la llegada del invierno.

3.11 Repuestos

Tabla 6. Repuestos

Repuesto	Medida
Rodaje	12 mm
Sello mecánico	12mm
Carbón activado	50 kg
Tuberías	½ pulgada y ¾ pulgada
Uniones	½ pulgada y ¾ pulgada
Unión	½ pulgada a ¾ pulgada
Codos	½ pulgada y ¾ pulgada
Válvula check	¾ pulgada
Extensión eléctrica	
Malla plástica	10 m
Pintura anticorrosiva	
Prensa cable	
Capacitor (condensador)	
Bornera	
Sueldas	

Fuente: El Autor

CAPITULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Plan de mantenimiento preventivo

El presente es el cuadro de actividades en el que se registrarán las horas que se tardó en cada revisión, así como el nivel de cumplimiento.

Tabla 7. Plan de actividades

No.	ACTIVIDADES	CUMPLIMIENTO			HORAS
Grupo 1					
1	Revisión y limpieza de la bomba de agua				
Grupo 2					
2	Piedra chispa				
3	Piedra bola				
4	Arena granulada				
5	Carbón activado				
Grupo 3					
6	Revisión y limpieza de los depósitos de agua				
7	Revisión y limpieza de las tuberías				
8	Revisión y limpieza de la estructura metálica				

Fuente: El Autor

4.2 Análisis AMEF

Para realizar el análisis AMEF, tomaremos como punto de partida los pasos descritos en el capítulo dos. Iniciando con los literales de la “a” hasta el “h” correspondientes al Número del Formato AMEF. Nombre del proceso. Departamento o Grupos responsables. Nombre del Responsable. Fecha del AMEF. Fecha de actualización. Lista de los miembros del equipo AMEF. Número de cada operación.

AMEF: Bomba Extractora de Agua	NÚMERO: 001	ÁREA: Mantenimiento	EQUIPO DE TRABAJO: Habitantes de la Comuna	RESPONSABLE: Raymundo Yagual
ELABORADO POR: Andrés Posligua	LÍDER DE GRUPO AMEF: Raymundo Yagual	FECHA DE REVISIÓN: 1 de enero 2020		FECHA ANTERIOR: 1 de enero 2020

Una vez hecho, se procederá a analizar todos los posibles modos, en que pudieran suscitarse las fallas, así como los efectos que estos tendrían sobre el proceso, para luego clasificar su nivel de severidad.

MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTO(S) DE LA FALLA	SEVERIDAD	CALIFICACIÓN
El Motor No Arranca	Interrupción Del Proceso De Succión Del Agua De Pozo	8	MUY ALTA

Después, se analizarán todas las causas que pudieran dar a lugar a que ocurra el modo de fallo, y a clasificar el nivel de ocurrencia que pudiese tener.

CAUSA(S) POTENCIAL DE DAÑO	OCURRENCIA
No coincide el tipo de conexión interna de la bomba con el de la conexión a la red. (p. Ej. Se suministra energía monofásica a un motor trifásico)	2
Fusibles quemados	5
Cables en mal estado	3
Capacitor mal conectado o quemado	3
Impulsor atascado	3
Estator (bobinado) quemado	2

Se analizaran todos los controles que puedan detectar las causas, y se le dará una calificación de Detectabilidad, para saber si ameritan una actualización.

CONTROLES ACTUALES	DETECTABILIDAD
Plan De Mantenimiento Preventivo	3

Una vez calificadas la Severidad, la Ocurrencia y la Detectabilidad se procederá a calcular el NPR (Número de Prioridad de Riesgo) mediante la fórmula descrita en el capítulo 2.7.2(r) donde se recomendarán las acciones necesarias para evitar, o solucionar las causas de los fallos.

NPR	ACCIÓN RECOMENDADA
48	Verificar conexiones eléctricas
120	Reemplazar fusibles
72	Reparar o reemplazar el cable
72	Reemplazar el capacitor por otro similar
72	Gire el eje con un destornillador desde el lado de la tapa del ventilador hasta que el eje gire suavemente o desarme la bomba y límpiela internamente
48	Reemplazar el bobinado o rebobinar motor

Una vez hecho todos estos procedimientos, el formato quedaría de la siguiente manera uniendo los análisis:

O P E R A C I Ó N	Modo De Falla Potencial	Efecto(S) De La Falla Potencial	S E V E R I D A D	C L A S I F I C A C I Ó N	Causa(S) Potencial De Daño	O C U R R E N C I A	Controles Actuales	D E T E C T A B I L I D A D	N P R	Acción Recomendada
0 0 1	El Motor No Arranca	Interrupción del Proceso de Succión del Agua de Pozo	8	M u y a l t a	No coincide el tipo de conexión interna de la bomba con el de la conexión a la red.	2	Plan de Mantenimiento Preventivo	3	48	Verificar conexiones eléctricas
					Fusibles quemados.	5			120	Reemplazar fusibles.
					Cables en mal estado.	3			72	Reparar o reemplazar el cable.
					Capacitor mal conectado o quemado.	3			72	Reemplazar el capacitor por otro similar.
					Impulsor atascado.	3			72	Desarme la bomba y límpiela internamente.
					Estator (bobinado) quemado.	2			48	Reemplazar el bobinado o rebobinar motor.

Luego de haber tomado todas las acciones correctivas, se recomienda realizar una segunda aplicación de la metodología AMEF, para constatar la mejora en el proceso, completando así el formato.

Área / Responsable/ Fecha Tentativa De Cierre	Acciones Tomadas	Resultados				R E S U L T A D O
		S E V	O C U R R	D E T E C	N P R	

Tomar en consideración, que lo descrito anteriormente, es solamente para un modo de falla en potencia, ya que en un proceso existen muchas más modos en que pueden suscitarse los fallos. En los anexos, se encontrará el estudio AMEF completo.

4.3 Costos y gastos de respuestas

En la presente tabla se muestran los valores totales y en unidades de cada uno de los repuestos que serán necesarios para el mantenimiento del filtro de purificación de agua.

Tabla 8. Costos y gastos

Materiales	Cantidad	Precio (\$)
Tanques medianos de un metro y medio de altura	2	\$54 c/u
Tubos de ½ de pulgada de un metro de largo	3	\$1.09
Tubos de ¾ de pulgada de un metro de largo	3	\$1.76
Codos de ¾ de pulgada	6	\$ 0.80 c/u
Uniones T de ¾ de pulgada	3	\$ 0.99 c/u
Uniones universales de ¾ de pulgada	3	\$ 2.04 c/u
Unión de ½ a ¾ de pulgada	3	\$ 0.25 c/u
Unión universal de ½ pulgada	3	\$ 1.02 c/u
Codo de ½ pulgada	3	\$ 0.48 c/u
Válvula Check de pie de ½ pulgada	3	\$12 c/u
Carbón activado	50 kg	\$168
Sello mecánico para la bomba de agua	3	\$1.5 c/u
Pintura anticorrosiva	3 galones	\$25 c/u
Capacitor (condensador) para la bomba de agua	3	\$10 c/u
Extensión eléctrica	1	\$15
Malla plástica	6 m	\$18
Bornera de tres pines	3	\$2 c/u
Sueldas	20	\$0.60 c/u

Fuente: El Autor

4.4 Cronograma de actividades.

En el presente cuadro se detalla el tiempo en que se realizaran las actividades acorde al AMEF.

Tabla 9. Cronograma

CRONOGRAMA			
ACTIVIDADES	TIEMPO	IMPORTANCIA	CUMPLIMIENTO
Verificar conexiones eléctricas	cada 6 meses	Media	
Reemplazar fusibles.	Una vez al año	Alta	
Reparar o reemplazar el cables.	cada 6 meses	Alta	
Reemplazar el capacitor por otro similar.	cada 6 meses	Media	
Limpieza del impulsor.	cada 6 meses	Media	
Reemplazar el bobinado o rebobinar motor.	cada 6 meses	Media	
Aplique más cinta teflón en las uniones roscadas y/o mejores los pegues en PVC.	cada 6 meses	Media	
Desarme la tubería, revise y limpie.	cada 6 meses	Media	
Limpie todo el trayecto de succión hasta la bomba.	cada 6 meses	Alta	
Desarme la bomba y límpiela internamente.	cada 6 meses	Alta	
Revise las conexiones eléctricas, trate de disminuir la longitud del cableado, si es necesario cambie el cable por uno más grueso. Asegure que la ventilación del sitio sea suficiente.	cada 6 meses	Alta	
Reemplace el sello mecánico.	cada 6 meses	Media	
Limpiez rodamientos.	cada 6 meses	Media	
Ajuste del impulsor o desarme y limpie la bomba.	cada 6 meses	Media	
Ajuste del caudal mediante el registro de descarga de acuerdo al rango de la placa.	cada 6 meses	Media	
Reforzar las uniones.	cada 6 meses	Media	
Reforzar la base de tierra con una capa de cemento.	Una vez al año	Media	
Revestir las estructura con pintura anticorrosiva.	Una vez al año	Alta	
Aplicar masilla para reparaciones.	Una vez al año	Alta	
Uso de vendas reparadoras.	Una vez al año	Media	
Aplicación de parches reparadores autoadhesivos.	cuando existan agujeros en el tanque	Alta	

Fuente: El Autor

4.5 Conclusiones

A continuación, se presentarán las conclusiones en relación a los objetivos planteados anteriormente en el capítulo uno:

En lo que respecta a la frecuencia en que se deberán realizar la revisión, y el cambio de los componentes de la planta purificadora, se determinó que: los elementos granulares como la piedra bola y chispa, y la arena granulada se deberán lavar cada seis meses. En cambio, el carbón activado no será reutilizado, si no que se procederá a reemplazarlo en su totalidad, y dicho cambio deberá ser cada seis meses, de igual manera las tuberías y los tanques, mientras que la estructura metálica deberá ser revisada una vez al año.

También se logró establecer un manual de mantenimiento y limpieza, de la bomba periférica de extracción de agua. Especificando los pasos a seguir, así como las piezas importantes a considerar durante la revisión.

Se realizó un análisis AMEF, planteando todas las posibles fallas que pudieran suceder en el sistema de purificación, determinando las causas y consecuencias, así como también las soluciones para revertir la falla.

Finalmente, se estableció un listado de todas las piezas que ameritan tener un repuesto, en caso de necesitarlo, también incluyendo una cotización de cada pieza o elemento en la lista.

4.5 Recomendaciones

- Para poder facilitar el proceso de limpiado de los tanques y las tuberías, se recomienda una modificación en las conexiones. Instalar una conexión de tuberías desde la salida del tercer tanque hasta la superficie del primer tanque, haciendo que el agua fluya de abajo hacia arriba, formando así un proceso de retrolavado.

- A un lado de la estructura se encuentra un espacio que puede servir como reservorio de agua. Dicho espacio cuenta con dos metros de longitud por un metro de ancho y por un metro de profundidad con una única escotilla de entrada. Se recomienda su limpieza y desinfección adecuada para poder ser utilizado.

- Dado que la estructura se encuentra sobre un terreno irregular, se aconseja el colocar una capa de cemento en la base para evitar que se desmorone producto de tierra mojada por la lluvia o algún otro imprevisto.

- La bomba de agua que se usa para la succión del pozo, se encuentra desprotegida, donde cualquier imprevisto pudiese ocurrir. Se aconseja resguardar la bomba dentro de una reja de protección para evitar cualquier tipo de daño.

BIBLIOGRAFÍA

- Angel, R. D., & Olaya, H. M. (2014). *Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Empresa AGROANGEL*.
- Cañarte, G. A. (2016). Estudio de Aumento de Resistencia a la Compresión del Hormigón Liviano con Piedras Pómez como Solución Estructural. Guayas, Guayaquil, Ecuador.
- Cen, Q., Fang, M., Wang, Z., & Luo, Z. (2013). Effect of Water on CO₂ Adsorption with Activated Carbon.
- Cozian, D., Kumarage, P., Bilgi, P., & Danielyan, T. (2017). Effective and Affordable Water Purification: An instrument for Chronic Kidney Disease Patients in Anuradhapura, Sri Lanka.
- Elserougi, A., Ahmed, S., & Massoud, A. (2016). Multi-module High Voltage Pulse Generator Based on DC-DC Boost Converter and CDVMs for Drinking Water Purification.
- Fernández Cirelli, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 147-170.
- Franco, A. S. (2015). *Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para el Sistema de Empaque de la Línea Quantum de la Empresa Papeles Nacionales S.A.*
- Grupo IUSA, S.A. (s.f.). Manual de Instalación y Operación. *Bombas Periféricas Eléctricas de Agua*. Querétaro, México.
- Guzmán, A. V. (2016). Diseño de Liquidación de la Cantera Blanca II, Ubicada en la Parroquia San Antonio de Pichincha. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Hernández, D. G., Aguirre, C. R., & Yáñez, J. M. (2007). Biorremediación de agua doméstica contaminada con aceite residual automotriz. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 113-118.
- Hutagalung, S. S., Muchlis, I., Sebleku, P., Amri, M. F., Fakhrurroja, H., & Turnip, A. (2014). Water Purification Technology based Advanced Oxidation Processes Emerging Ozone.
- Jang, J. H., Lee, J., Woo, J. Y., & Han, C.-S. (2015). Ultrathin Graphene Oxide Membranes for Water Purification.
- Jasso, A. C. (2011). *Implementación del Mantenimiento Predictivo en la Empresa AGR-RACKEND*.
- Kain, G., Prine, J., Hunt, R., Brown, C., Noto, J., & Compere, M. (2017). Off-Grid Solar Powered Water Purification and Community Development in Haiti's Artibonite Valley, the Heart of Haiti's Cholera Epidemic.

- Manals, E. M., Vendrell, F., & Penedo, M. (2015). Aplicación de Carbón Activado de Cascarón de Coco en Adsorción de Especies Metálicas Contenidas en el Licor de Desecho (WL) de la Lixiviación Ácida de Mineral Laterítico.
- Martínez, C. A. (2004). Implementacion de un Analisis de Modo y Efecto de Falla en una Linea de Manufactura para Juguetes.
- Mehendale, N. D., Sharma, O. A., Shah, S. A., & Vishwakarma, S. L. (2016). Metropolitan Water Tank Pollution Monitoring and Purification using PID Control.
- Meng, G., Liu, B., DongminTao, Li, P., & Zheng, J. (2016). Adsorptive Removal of Chemical Oxygen Demand and Color on Sewage Sludge Based Activated Carbon from Biologically Pretreated Coking Wastewater.
- Montalvan-Loyola, E., Arenas-Bernal, E. J., Talavera-Ruz, M., & Magaña-Iglesia, R. E. (2015). Herramienta de Mejora AMEF (Análisis del Modo y Efecto de la Falla Potencial) como Documento Vivo en un Área operativa. Experiencia de Aplicación en Empresa Proveedora para Industria Automotriz.
- Muñoz, B. A. (2011). *Mantenimiento Predictivo Basado en Sistemas Expertos*.
- Navarro, P., & Vargas, C. (2010). Efecto de las Propiedades Físicas del Carbón Activado en la Adsorción de Oro desde Medio Cianuro.
- Ñahuin, O., & Gady, D. (2017). Determinacion de Fallas Funcionales de los Equipos Criticos del Transporte de Mineral Grueso en Minera las Bambas S.A.
- Ogata, T., & Miura, O. (2014). Removal of Humic Substances and Ammonia Nitrogen in Water by Superconducting Magnetic Separation and Magnetic Activated Carbon.
- Olarte, W., Botero, M., & Cañon, B. (2010). *Importancia del Mantenimiento Industrial Ddentro de los Procesos de Produccion*.
- Plastigama. (8 de Marzo de 2018). Catalogo de Tanques Plasticos para Almacenar Agua. Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Plastigama. (27 de Agosto de 2018). Catalogo de tuberias plasticas.
- Rojas, A., & Deyá, M. (2007). Diversidad bacteriana en un biorreactor de lecho fluidificado durante el tratamiento de agua contaminada con nafta. *Revista Argentina de Microbiología*, 243-251.
- Sahuquillo, A. (2009). La Importancia de las Aguas Subterráneas. *Rev.R.Acad.Cienc.Exact.Fís.Nat. (Esp)*, 97-114.
- Sanchez, S. H. (2015). *Mantenimiento en Espesadores de la Empresa IMCO SERVICIOS SAC*.

- Takeda, Y., Taino, Y., Yasuda, H., Kurita, H., Takashima, K., & Mizuno, A. (2014). Water Purification Using a Packed Bed Reactor.
- Tamayo, M., & Tamayo. (2004). *El Proceso de la Investigacion Cientifica*. México: Editorial LIMUSA.
- Tobón, F., & López, L. (2011). Genotoxicidad del agua contaminada por plaguicidas en un área de Antioquia. *Revista MVZ Córdoba*, 2605-2615.
- Universidad de sevilla. (2013). Manual deñ Carbon Activo.
- Villacís, E. M. (2011). *Estudio de la Base del Mantenimiento y su Influencia en la Confiabilidad de las Estaciones de Bombeo Poliducto Shushufindi – Quito en la Empresa Petrocomercial Filial de PetroEcuador*.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis AMEF de la bomba periférica eléctrica

AMEF DE PROCESO		AMEF: Bomba de Agua		NÚMERO: 001		ÁREA: Mantenimiento		EQUIPO DE TRABAJO: Habitantes de la comuna		RESPONSABLE: Raymundo Yagual															
		ELABORADO POR: Andrés Posligua				LÍDER DE GRUPO AMEF: Raymundo Yagual		FECHA DE REVISIÓN : 1 de enero 2020		FECHA ANTERIOR:															
O P E R A C I Ó N	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTO(S) DE LA FALLA POTENCIAL	C L A S I F I C A C I Ó N	C A U S A(S) POTENCIAL DE DAÑO	O C U R R E N C I A	C O N T R O L E S A C T U A L E S	D E T E C T A B I L I D A D	N P R	A C C I Ó N RECOMENDADA	ÁREA / RESPONSABLE/ FECHA TENTATIVA DE CIERRE	A C C I O N E S T O M A D A S	R E S U L T A D O S				H A L L A Z G O S									
												S E V	O C U R	D E C T	N P R										
0 0 1	EL MOTOR NO ARRANCA	INTERRUPCIÓN DEL PROCESO DE SUCCIÓN DEL AGUA DE POZO	M U Y A L T A	No coincide el tipo de conexión interna de la bomba con el de la conexión a la red. (p. Ej. Se suministra energía monofásica a un motor trifásico).	2	P L A N DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	3	48	Verificar conexiones eléctricas																
				Fusibles quemados.	5													120	Reemplazar fusibles.						
				Cables en mal estado.	3													72	Reparar o reemplazar el cable.						
				Capacitor mal conectado o quemado.	3													72	Reemplazar el capacitor por otro similar.						
				Impulsor atascado.	3													72	Gire el eje con un destornillador desde el lado de la tapa del ventilador hasta que el eje gire suavemente o desarme la bomba y límpiela internamente.						
				Estator (bobinado) quemado.	2													48	Reemplazar el bobinado o rebobinar motor.						

002	LA BOMBA FUNCIONA PERO LA CANTIDAD DE AGUA ES INSUFICIENTE	DISMINUCIÓN EN LA CANTIDAD DE AGUA PURIFICADA	7	A L T A	Sentido de giro diferente	1	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	3	21	Invierta los dos cables de corriente en conexión								
					La bomba y la tubería de succión no están totalmente llenas de agua	7			147	Vuelva a llenar de agua la tubería; asegúrese que el aire en la succión sea evacuado totalmente								
					El impulsor está dañado	4			84	Reemplazar impulsor								
					Hay escape o goteo de agua en la sección	6			126	Aplique más cinta teflón en las uniones roscadas y/o mejore los pegues en PVC								
					El nivel de agua en la fuente de suministro está muy bajo	3			63	Acerque mas la bomba a la fuente de agua.								
					Obstrucción por sólidos en las tuberías o dentro de la bomba	5			105	Desarme la tubería, revise y limpie								
003	PRESIÓN INSUFICIENTE	REDUCCIÓN DEL CAUDAL DE SALIDA EN LA BOMBA DE AGUA	7	A L T A	La bomba seleccionada no es la adecuada	5	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	3	105	Cambie la bomba								
					La longitud de la tubería de entrada es demasiado larga, demasiados codos o curvas en la succión o el diámetro de la tubería de entrada es muy pequeño	7			147	Acerque más la bomba al tanque o pozo; coloque una tubería más gruesa, elimine los codos; (máximo uno)								
					Cuerpos extraños en la malla de entrada o en la tubería	8			168	Limpie todo el trayecto de succión hasta la bomba								
004	EL MOTOR TRABAJA INTERMITENTEMENTE Y TIENE SOBRECALENTAMIENTO	PUEDE PROVOCAR UN DAÑO PERMANENTE EN LA BOMBA	9	M U Y A L T A	Impulsor atascado	6	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	3	162	Desarme la bomba y límpiela internamente								
					Conexiones de polo a tierra inadecuada, cables rotos, conexiones eléctricas deficientes, cable de alimentación muy largo o muy delgado	6			162	Revise las conexiones eléctricas, trate de disminuir la longitud del cableado, si es necesario cambie el cable por uno más grueso. Asegure que la ventilación del sitio sea suficiente.								
					Voltaje de alimentación diferente al voltaje de conexión interna de la bomba	2			54	Cambie la conexión.								

005	GOTEO ENTRE EL CUERPO DE LA BOMBA Y EL MOTOR	DAÑO PERMANENTE AL MOTOR	8	MUY ALTA	Goteo entre el cuerpo de la bomba y el motor	5	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	3	120	Reemplace el sello mecánico									
006	RUIDO ANORMAL		4	MUY BAJA	Rodamientos desgastados	6	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	3	72	Cambie rodamientos									
					Impulsor suelto o cuerpos extraños adentro	3				36	Ajuste del impulsor o desarme y limpie la bomba								
					Flijo excesivo	3				36	Ajuste del caudal mediante el registro de descarga de acuerdo al rango de la placa								

Anexo 3. Análisis AMEF de la estructura metálica

AMEF DE PROCESO		AMEF: Filtros de Agua y Estructura Metálica		NÚMERO: 003	ÁREA: Mantenimiento		EQUIPO DE TRABAJO: Habitantes de la Comuna		RESPONSABLE: Raymundo Yagual								
		ELABORADO POR: Andrés Posligua			LIDER DE GRUPO AMEF: Raymundo Yagual		FECHA DE REVISIÓN: 1 de enero 2020		FECHA ANTERIOR:								
O P E R A C I Ó N	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTO(S) DE LA FALLA POTENCIAL	S E L E C T I V I D A D	C L A S I F I C A C I Ó N	C A U S A(S) POTENCIAL DE DAÑO	O C U R R E N C I A	C O N T R O L E S A C T U A L E S	D E T E R I O R E A B I L I D A D	N P R	A C C I Ó N R E C O M E N D A D A	Á R E A / R E S P O N S A B L E / F E C H A T E N T A T I V A D E C I E R R E	A C C I O N E S T O M A D A S	R E S U L T A D O S				H A L L A Z G O S
													S E V	O C U R	D E C T	N P R	
0 0 1	DAÑOS FÍSICOS EN LA ESTRUCTURA METÁLICA	CAÍDA DE LOS FILTROS DE AGUA Y PARO DEL PROCESO DE FILTRACIÓN	9	M U Y A L T A	Deterioro en las soldaduras de las uniones de la estructura	7	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	2	126	Reforzar las uniones							
					La base de la estructura es muy inestable	7				Reforzar la base de tierra con una capa de cemento							
					Oxidación de la estructura	5				90	Revestir las estructura con pintura anticorrosiva						
0 0 2	DETERIORO POR OXIDACIÓN	DETERIORO Y CORROSIÓN DE LA ESTRUCTURA, PROBANDO UN POSIBLE COLAPSO	9	M U Y A L T A	Resguardo inadecuado de la estructura ante la lluvias o cualquier otro fluido derramado	6	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	3	162	Recubrimiento con pintura anticorrosiva							

Anexo 4. Análisis AMEF de las tuberías

AMEF DE PROCESO		AMEF: Filtros de Agua y Estructura Metálica		NÚMERO: 004	ÁREA: Mantenimiento	EQUIPO DE TRABAJO: Habitantes de la Comuna	RESPONSABLE: Raymundo Yagual								
		ELABORADO POR: Andrés Posigua			LIDER DE GRUPO AMEF: Raymundo Yagual	FECHA DE REVISIÓN: 1 de enero 2020	FECHA ANTERIOR:								
O P E R A C I Ó N	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTO(S) DE LA FALLA POTENCIAL	C L A S I F I C A C I Ó N S E V E R I D A D	C A U S A(S) POTENCIAL DE DAÑO	O C U R R E N C I A	C O N T R O L E S A C T U A L E S	D E T E C T A B I L I D A D N P R	A C C I Ó N R E C O M E N D A D A	Á R E A / R E S P O N S A B L E / F E C H A T E N T A T I V A D E C I E R R E	A C C I O N E S T O M A D A S	R E S U L T A D O S				H A L L A Z G O S
											S E V	O C U R	D E C T	N P R	
0 0 1	FUGAS EN TUBERÍAS DE AGUA	PÉRDIDA DE AGUA PARA EL CONSUMO	8	M U Y	Tuberías desgastadas	6	P L A N D E M A N T E N I M I E N T O P R E V E N T I V O	96	Aplicar masilla para reparaciones						
				A	Conexiones mal elaboradas	7		2	112	Uso de vendas reparadoras					
				L T A	Presión del agua elevada	6		96	Aplicación de parches reparadores autoadhesivos						

Anexo 5. Fotos de la planta purificadora.

