



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **[Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)**

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando den crédito y licencia a las nuevas creaciones bajo los mismos términos. Esta licencia suele ser comparada con las licencias copyleft de software libre y de código abierto. Todas las nuevas obras basadas en la suya portarán la misma licencia, así que cualesquiera obras derivadas permitirán también uso comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



**Universidad Nacional "San Luis Gonzaga" de Ica**  
**Escuela de Postgrado**  
**Doctorado en Gestión Ambiental**



**EFICIENCIA EN EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y SU RELACIÓN  
CON LA CALIDAD DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS  
RESIDUALES EN EL DISTRITO DE APLAO - CASTILLA - AREQUIPA  
- 2018**

**TESIS**

**Para optar el grado académico de:**

**DOCTOR EN GESTION AMBIENTAL**

**Presentado por:**

**Mag. JUAN EDUARDO BARRIOS QUINTANILLA**

**Asesor:**

**Dr. Dante Fermín Calderón Huamani**

**ICA – PERU**

**2021**

## **DEDICATORIA**

A Dios por sus bendiciones y su inmenso amor.

A la memoria de mis abuelos maternos.

A mis abuelos paternos, padres, hermano, esposa e hija por el amor, cariño de siempre, comprensión y apoyo constante.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Dante Fermín Calderón Huamani por su valiosa contribución como asesor de la presente investigación.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

	Pág.
<b>CAPITULO I - MARCO TEORICO</b>	<b>19</b>
<b>1.1. Antecedentes</b>	<b>19</b>
a) Antecedentes internacionales	19
b) Antecedentes nacionales	24
c) Antecedentes Locales	27
<b>1.2. Bases teóricas</b>	<b>29</b>
1.2.1. Historia del Mantenimiento Industrial.	29
1.2.2. Objetivos del mantenimiento de una instalación industrial.	30
1.2.3. La mentalidad de mantenimiento a corto plazo.	36
1.2.4. Posibilidades para afrontar el mantenimiento de una instalación industrial.	37
1.2.5. Historia del tratamiento de Aguas Residuales.	37
1.2.6. Aspectos Teóricos del tratamiento de Aguas Residuales.	38
1.2.7. Aguas residuales urbanas.	40
1.2.8. Aguas residuales industriales.	41
1.2.9. Clasificación de los contaminantes.	41

1.2.10. Contaminantes habituales en las aguas residuales.	43
1.2.11. Métodos disponibles de desinfección.	44
1.3. Marco conceptual	44
1.4. Marco Legal	52
1.5. Marco Filosófico	61
<b>CAPITULO II - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>63</b>
2.1. Situación problemática	63
2.2. Formulación del problema	66
a) Problema General	66
b) Problemas Específicos	66
2.3. Justificación e importancia de la investigación.	67
2.4. Objetivos	68
a) Objetivo General	68
b) Objetivos Específicos	68
2.5. Hipótesis de la investigación	69
a) Hipótesis General	69
b) Hipótesis Específicas	69
2.6. Variables de la investigación	70
a) Identificación de variables	70
b) Operacionalización de variables	71
<b>CAPITULO III – METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION</b>	<b>72</b>
3.1. Tipo, Nivel y Diseño de Investigación	72
3.2. Población y muestra	73
<b>CAPITULO IV - TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>74</b>

<b>4.1. Técnicas de recolección de Datos</b>	<b>74</b>
<b>4.2. Instrumentos de recolección de Datos</b>	<b>74</b>
<b>4.3. Técnicas de Procesamiento, Análisis e Interpretación de Resultados.</b>	<b>75</b>
<b>CAPITULO V - CONTRASTACION DE HIPÓTESIS</b>	<b>76</b>
<b>CAPITULO VI - PRESENTACION, INTERPRETACION Y DISCUSION DE RESULTADOS.</b>	<b>79</b>
<b>6.1. Presentación e Interpretación de resultados.</b>	<b>79</b>
<b>6.1.1. Factores Asociados</b>	<b>81</b>
<b>6.1.2. Descripción, especificaciones técnicas y situación de los equipos electromecánicos antes, durante y después de efectuar las propuestas de mantenimiento.</b>	<b>88</b>
<b>6.1.3. Situación, descripción y análisis de las muestras del agua residual antes y después de efectuar las propuestas de mantenimiento.</b>	<b>129</b>
<b>6.2. Discusión de resultados</b>	<b>154</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>158</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>160</b>
<b>FUENTES DE INFORMACIÓN</b>	<b>162</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>167</b>

## INDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1:</b> Ingreso a la PTAR - Situación de los equipos antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.	89
<b>Tabla 2:</b> Ingreso a la PTAR - Situación de los equipos durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.	90
<b>Tabla 3:</b> Ingreso a la PTAR - Situación de los equipos después de efectuar las propuestas de mantenimiento.	91
<b>Tabla 4:</b> Pre tratamiento - Situación de los equipos antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.	92
<b>Tabla 5:</b> Pre tratamiento - Situación de los equipos durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.	94
<b>Tabla 6:</b> Pre tratamiento - Situación de los equipos después de efectuar las propuestas de mantenimiento.	96
<b>Tabla 7:</b> Tratamiento Biológico - Situación de los equipos antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.	98
<b>Tabla 8:</b> Tratamiento Biológico - Situación de los equipos durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.	100
<b>Tabla 9:</b> Tratamiento Biológico - Situación de los equipos después de efectuar las propuestas de mantenimiento.	102
<b>Tabla 10:</b> Ecuación - Situación de los equipos antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.	104
<b>Tabla 11:</b> Ecuación - Situación de los equipos durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.	105

<b>Tabla 12:</b> Ecualización - Situación de los equipos después de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>106</b>
<b>Tabla 13:</b> Filtración - Situación de los equipos antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>107</b>
<b>Tabla 14:</b> Filtración - Situación de los equipos durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.	<b>108</b>
<b>Tabla 15:</b> Filtración - Situación de los equipos después de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>109</b>
<b>Tabla 16:</b> Desinfección - Situación de los equipos antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>110</b>
<b>Tabla 17:</b> Desinfección - Situación de los equipos durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.	<b>111</b>
<b>Tabla 18:</b> Desinfección - Situación de los equipos después de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>112</b>
<b>Tabla 19:</b> Sistema de bombeo de Servicio - Situación de los equipos antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>113</b>
<b>Tabla 20:</b> Sistema de bombeo de Servicio - Situación de los equipos durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.	<b>114</b>
<b>Tabla 21:</b> Sistema de bombeo de Servicio - Situación de los equipos después de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>115</b>
<b>Tabla 22:</b> Tableros Eléctricos - Situación de los equipos antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>116</b>
<b>Tabla 23:</b> Tableros Eléctricos - Situación de los equipos durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.	<b>117</b>

<b>Tabla 24:</b> Tableros Eléctricos - Situación de los equipos después de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>119</b>
<b>Tabla 25:</b> Eficiencia de Motores eléctricos de equipos de tratamiento antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>123</b>
<b>Tabla 26:</b> Eficiencia de Motores eléctricos de equipos de tratamiento después de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>124</b>
<b>Tabla 27:</b> Disponibilidad del equipamiento de la PTAR – APLAO	<b>126</b>
<b>Tabla 28:</b> Fiabilidad del equipamiento de la PTAR – APLAO	<b>128</b>
<b>Tabla 29:</b> Resultados de las muestras post tratamiento del agua residual antes de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos.	<b>129</b>
<b>Tabla 30:</b> Estándares de Calidad para el agua (ECA), decreto supremo N° 004-2017-MINAM.	<b>130</b>
<b>Tabla 31:</b> Estadísticas del muestreo antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>131</b>
<b>Tabla 32:</b> Muestras de oxígeno disuelto tomadas a la salida de la PTAR antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>132</b>
<b>Tabla 33:</b> Muestras de solidos suspendidos totales tomadas a la salida de la PTAR antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>134</b>
<b>Tabla 34:</b> Muestras de Demanda bioquímica de oxígeno tomadas a la salida de la PTAR antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>136</b>
<b>Tabla 35:</b> Muestras de Coliformes fecales tomadas a la salida de la PTAR antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>138</b>
<b>Tabla 36:</b> Muestras de Coliformes totales tomadas a la salida de la PTAR antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>140</b>

<b>Tabla 37:</b> Resultados de las muestras post tratamiento del agua residual después de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos.	<b>142</b>
<b>Tabla 38:</b> Estadísticas del muestreo después de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>143</b>
<b>Tabla 39:</b> Muestras de oxígeno disuelto tomadas a la salida de la PTAR después de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>144</b>
<b>Tabla 40:</b> Muestras de solidos suspendidos totales tomadas a la salida de la PTAR después de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>146</b>
<b>Tabla 41:</b> Muestras de Demanda bioquímica de oxígeno tomadas a la salida de la PTAR después de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>148</b>
<b>Tabla 42:</b> Muestras de Coliformes fecales tomadas a la salida de la PTAR después de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>150</b>
<b>Tabla 43:</b> Muestras de Coliformes totales tomadas a la salida de la PTAR después de efectuar las propuestas de mantenimiento.	<b>152</b>

## INDICE DE GRAFICOS

	Pág.
<b>Grafico 1:</b> Muestras Post Tratamiento de Oxígeno disuelto con los porcentajes de los valores permisibles y no permisibles antes de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos de la PTAR Aplao.	133
<b>Grafico 2:</b> Muestras Post Tratamiento de Solidos suspendidos totales con los porcentajes de los valores permisibles y no permisibles antes de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos de la PTAR Aplao.	135
<b>Grafico 3:</b> Muestras Post Tratamiento de Demanda bioquímica de oxígeno con los porcentajes de los valores permisibles y no permisibles antes de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos de la PTAR Aplao.	137
<b>Grafico 4:</b> Muestras Post Tratamiento de Coliformes fecales con los porcentajes de los valores permisibles y no permisibles antes de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos de la PTAR Aplao.	139
<b>Grafico 5:</b> Muestras Post Tratamiento de Coliformes totales con los porcentajes de los valores permisibles y no permisibles antes de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos de la PTAR Aplao.	141
<b>Grafico 6:</b> Muestras Post Tratamiento de Oxígeno disuelto con los porcentajes de los valores permisibles y no permisibles después de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos de la PTAR Aplao.	145
<b>Grafico 7:</b> Muestras Post Tratamiento de Solidos suspendidos totales con los porcentajes de los valores permisibles y no permisibles después de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos de la PTAR Aplao.	147

<b>Grafico 8:</b> Muestras Post Tratamiento de Demanda bioquímica de oxígeno con los porcentajes de los valores permisibles y no permisibles después de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos de la PTAR Aplao.	<b>149</b>
<b>Grafico 9:</b> Muestras Post Tratamiento de Coliformes fecales con los porcentajes de los valores permisibles y no permisibles después de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos de la PTAR Aplao.	<b>151</b>
<b>Grafico 10:</b> Muestras Post Tratamiento de Coliformes totales con los porcentajes de los valores permisibles y no permisibles después de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos de la PTAR Aplao.	<b>153</b>

## RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en el distrito de Aplao, Provincia de Castilla, Región Arequipa en el año 2018, con el fin de dar a conocer la frecuencia, características y circunstancias asociadas con la eficiencia del mantenimiento de equipos electromecánicos para el tratamiento de las aguas residuales. Para llevar a cabo este estudio se efectuó la toma de parámetros de operación de la planta de tratamiento como parámetros hidráulicos, eléctricos y mecánicos. Aparte se realizó la toma de muestras del agua servida tanto al ingreso como a la salida de la PTAR, las cuales se analizaron los parámetros físico-químicos y microbiológicos tanto en la PTAR como en un laboratorio acreditado por INACAL para los estudios respectivos. Se elaboró un estudio no experimental de corte transversal descriptivo, mediante el análisis de parámetros de funcionamiento de los equipos electromecánicos, así como de los parámetros físico-químicos y microbiológicos en las muestras del agua servida tomadas en la planta de tratamiento de Aguas Residuales de la Localidad de Aplao.

Los resultados de los parámetros de operación de los equipos electromecánicos dieron a notar que algunos de estos están por encima de sus valores nominales los cuales existen aún equipos funcionando en esas condiciones, así como equipos que se encuentran fuera de servicio.

Por otro lado los resultados de las muestras tomadas al agua residual a la salida de la planta, dieron a conocer que existen algunos parámetros que están cerca y otros que sobrepasan los Límites Máximos Permisibles (LMP), pues no se estaría

cumpliendo con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua (ECA) Categoría 3 y 4 para riego de vegetales y conservación del ambiente acuático y cuerpos de agua respectivamente según lo indicado en el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM. Los factores vinculados a un adecuado proceso de mantenimiento de Equipos Electromecánicos para el tratamiento de las aguas servidas son: tener una cultura en aspectos legales, técnicos y sanitarios las cuales influyan en la calidad del agua tratada. Realizar una adecuada capacitación al personal operador, así como un adecuado mantenimiento, operación y monitoreo de la planta influye significativamente en el proceso de tratamiento de las aguas residuales. Aplicar métodos, procedimientos y propuestas adecuadas para el mantenimiento de los equipos repercute también en la calidad del agua que se está tratando en la PTAR - Aplao.

Palabras clave: eficiencia, mantenimiento, confiabilidad, equipos electromecánicos, calidad, tratamiento, procesos, agua residual, parámetros, procedimientos.

## **ABSTRACT**

This research was carried out in the district of Aplao, Province of Castilla, Arequipa Region in 2018, in order to publicize the frequency, characteristics and circumstances associated with the maintenance efficiency of electromechanical equipment for the treatment of sewage to carry out this study, the operation parameters of the treatment plant were carried out as hydraulic, electrical and mechanical parameters. In addition, samples were taken of the water served both at the entrance and at the exit of the WWTP, which analyzed the physical-chemical and microbiological parameters both in the WWTP and in a laboratory accredited by INACAL for the respective studies. A non-experimental descriptive cross-sectional study was developed, through the analysis of the operating parameters of the electromechanical equipment, as well as the physical-chemical and microbiological parameters in the samples of the wastewater taken at the Wastewater treatment plant of the Town of Aplao.

The results of the operating parameters of the electromechanical equipment showed that some of these are above their nominal values, which still exist equipment operating in these conditions, as well as equipment that is out of service.

On the other hand, the results of the samples taken from the wastewater at the exit of the plant revealed that there are some parameters that are close and others that exceed the Maximum Permissible Limits (LMP), since the Standards of compliance would not be met. Environmental Quality for Water (ECA) Category 3 and 4 for

vegetable irrigation and conservation of the aquatic environment and bodies of water respectively as indicated in Supreme Decree No. 004 - 2017 - MINAM. The factors linked to an adequate maintenance process of Electromechanical Equipment for the treatment of sewage are having a culture in legal, technical and sanitary aspects, which influence the quality of treated water. Conduct adequate training for operating personnel, as well as adequate maintenance, operation and monitoring of the plant significantly influences the wastewater treatment process. Applying appropriate methods, procedures and proposals for equipment maintenance also has an impact on the quality of the water being treated in the WWTP - Aplao.

Keywords: efficiency, maintenance, reliability, electromechanical equipment, quality, treatment, processes, wastewater, parameters, procedures.

**DOCTORADO EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**“EFICIENCIA EN EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y SU  
RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS  
RESIDUALES EN EL DISTRITO DE APLAO - CASTILLA – AREQUIPA  
- 2018”**

**Presentado por:**

**Mag. JUAN EDUARDO BARRIOS QUINTANILLA**

**Asesor:**

**Dr. Dante Fermín Calderón Huamani**

## INTRODUCCION

El deficiente tratamiento de las aguas servidas es un problema que aumenta cada vez más, considerándose como prioridad sanitaria de nuestra sociedad. De modo particular, el tratamiento de aguas servidas en sus diferentes matices especialmente en los procedimientos de desinfección, no se están aplicando técnicas convenientes para el mantenimiento de los equipos de Tratamiento, la cual está causando graves consecuencias inmediatas y a largo plazo ocasionando un impacto para la salud de la población y medio ambiente, motivo por el que se llevó a cabo la presente investigación titulada: “Eficiencia en el Mantenimiento de Equipos y su relación con la Calidad del Tratamiento de las Aguas Residuales en el Distrito de Aplao – Castilla - Arequipa – 2018” con el objetivo de mejorar las propuestas de mantenimiento de los equipos de Tratamiento con las que cuenta actualmente esta planta.

Como resultado de este estudio se obtuvo información fundamental acerca de algunas muestras del agua residual tratada con parámetros de Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Sólidos Suspendidos Totales y Oxígeno disuelto muy superiores a los valores máximos permisibles, así como el estado en que se encontró la planta, tanto de los equipos que se utilizan para el tratamiento como de la operación de la PTAR. Conocer estos aspectos sirvió para mejorar la calidad del mantenimiento de los equipos con el fin de mejorar el proceso de tratamiento de las aguas servidas y evitar la contaminación del medio ambiente en una posibilidad de contribuir al desarrollo estable y mejor calidad de vida para la población.

## CAPITULO I - MARCO TEORICO.

### 1.1. Antecedentes.

#### a) Antecedentes Internacionales.

- Ing. Ma. E. Velasco – (2010) - **MODELACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS - Universidad del sur de California.** <sup>(1)</sup>

En el tema investigado se muestra los objetivos de un Plan de Mantenimiento para los equipos del sistema de tratamiento con la finalidad de:

- Brindar las herramientas adecuadas a los administradores del mantenimiento, para la realización de planes y programas, acordes con las necesidades de cada Sistema de Tratamiento.
- Disponer de los pronósticos de recursos humanos, materiales, repuestos y transporte, que son necesarios en el corto, mediano y largo plazo.
- Coordinar actividades con los recursos disponibles.
- Mejorar los planes de mantenimiento y sus correspondientes recursos.
- Proveer oportunamente los consumibles demandados por la planta.
- Evaluar la disponibilidad de los equipos e instalaciones y validarlas.

<sup>(1)</sup>Ing. Ma. E. Velasco Glez – (2010) – Universidad del sur de California.

- **Marín Ocampo, Manuel Osés Pérez – (2008) - Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con el Proceso de Lodos Activados TOMO I y II. - Comisión Estatal de Agua de Jalisco México. <sup>(2)</sup>**

El objetivo de ese libro es sintetizar los conocimientos que han adquirido durante 25 años, de una serie de experiencias prácticas y teóricas en el campo del manejo de las plantas de tratamiento de aguas servidas con el proceso de lodos activados. El contenido se ha elaborado de tal manera que las áreas de personal de laboratorio, seguridad, operación y mantenimiento entiendan fácilmente, desde la química básica del agua, los procedimientos de laboratorio para controlar el proceso, los procesos unitarios de tratamiento biológico que actualmente existen en el tratamiento de aguas, el control de proceso, el mantenimiento de equipos, y la seguridad que debe existir para operar y mantener una planta de tratamiento. Se hace énfasis en el entrenamiento de la operación, mantenimiento de la planta y solución de problemas y/o eventos que se susciten. Los principios y prácticas se presentan de manera que cualquier persona con educación media superior, pueda aplicar los fundamentos del proceso a la solución de problemas operacionales.

<sup>(2)</sup> Marín Ocampo, Manuel Osés Pérez, - (2013) - Comisión Estatal de Agua de Jalisco, México.

- **Hernández-Sancho & Ramón Sala - (2007) - EFICIENCIA TÉCNICA Y ESTACIONALIDAD EN LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - Universidad de Valencia.** <sup>(3)</sup>

En este estudio el autor da a conocer el funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales en términos de su eficiencia. No obstante la obtención de indicadores de eficiencia asociados a los procesos de tratamiento no es un procedimiento muy extendido en la literatura ya que se ha demostrado en su total utilidad en ese campo. Para el cálculo de este tipo de medidas de eficiencia se utiliza una metodología Data Envelopment Analysis (DEA). Mediante el uso de procedimientos de programación matemática se obtiene un índice de eficiencia para cada planta fijándose como objetivo la minimización del conjunto de los inputs utilizados en el proceso de depuración. Estos indicadores mayormente se usan como referencia para caracterizar la actividad de estas instalaciones siendo de una gran utilidad a la hora de mejorar los procesos de depuración de aguas servidas.

Con el fin de aportar a un mejor conocimiento sobre la influencia de la estacionalidad en los procesos de tratamiento de aguas residuales se propone una metodología basada en los análisis de eficiencia incluyendo un margen de tolerancia en el cálculo de los índices.

<sup>(3)</sup> Hernández-Sancho & Ramón Sala. - (2007) - Universidad de Valencia.

- **M. Ayres & D. Duncan Mara – (1996) - EL ANÁLISIS DE LAS AGUAS RESIDUALES PARA SU USO EN LA AGRICULTURA - Departamento de Ingeniería Civil - Universidad de Leeds, Inglaterra. <sup>(4)</sup>**

El principal objetivo de este trabajo de investigación ha sido la contrastación empírica del modelo del uso de las aguas servidas para el riego de cultivos cada vez más frecuente y con mejores resultados. El agua residual contiene no sólo el agua para el crecimiento de los cultivos, sino también nutrientes (principalmente nitrógeno y fósforo). Sin embargo, existe el riesgo de regar con aguas residuales ya que puede facilitar la transmisión de enfermedades relacionadas con las excretas. A finales de los 1980, la Organización Mundial de la Salud, el Banco Mundial y el Centro Internacional de Referencia para Eliminación de residuos patrocinó una serie de estudios y reuniones de expertos para examinar esos problemas de riesgos para la salud.

A partir de una evaluación de la evidencia epidemiológica disponible, se determinó que el principal riesgo para la salud es la transmisión de infecciones por nematodos intestinales, tanto para los que trabajan en las aguas residuales para riego de campo así como para los que la cultivan.

<sup>(4)</sup> M. Ayres & D. Duncan Mara – (1996) - Departamento de Ingeniería Civil - Universidad de Leeds, Inglaterra.

- **Medrano Vargas – (2008) - EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE ALBA RANCHO (SEMAPA) CON FINES DE RIEGO - El Centro de Levantamientos Aeroespaciales y Aplicaciones SIG para el Desarrollo Sostenible de los Recursos Naturales (CLAS) - Universidad Mayor de San Simón. <sup>(5)</sup>**

La investigación da a conocer el estudio de una Planta de tratamiento en la zona de Alba Rancho dependiente de SEMAPA (Servicio Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Cochabamba), en el tratamiento de aguas servidas la cual da a conocer la influencia que tiene en la zona y su afección a los cauces naturales con las que cuenta la localidad como los ríos y sus áreas cultivables. Los análisis realizados en la comunidad de Alba Rancho y la Maica en función a la producción agrícola de la zona hace que se tenga un interés regional y nacional, razón por el cual se hace el estudio en base a la influencia que tiene la irrigación con aguas servidas que se tratan en la planta de la localidad.

<sup>(5)</sup> Medrano Vargas – (2001) - El Centro de Levantamientos Aeroespaciales y Aplicaciones SIG para el Desarrollo Sostenible de los Recursos Naturales - Universidad Mayor de San Simón.

**b) Antecedentes Nacionales.**

- **Consorcio Lima Sur – 2012 - MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE PUCUSANA – Sedapal. <sup>(6)</sup>**

Este trabajo detalla el manejo y el mantenimiento de la planta de tratamiento el cual está basada y enfocada en los manuales de operación y mantenimiento en donde se detallan los procesos que hacen posible el funcionamiento óptimo, eficiente y efectivo de la planta, sin que se produzcan interrupciones debidas a fallas de cualquiera de los elementos, procesos u operaciones ocasionado por una deficiente operación o mantenimiento. De igual manera, durante la elaboración del manual fue necesario analizar el ambiente económico, social, técnico y físico en que se encuentra la planta de tratamiento para identificar aquellos procesos operacionales y de mantenimiento que puedan llevarse a cabo sin problemas y de acuerdo a las condiciones locales. Además se detalla que fue necesario establecer un sistema de control adecuado que permita en cualquier instante identificar que procesos de operación o mantenimiento se están ejecutando, si se está llevando a cabo en forma adecuada o cuales deben ser modificadas o añadirse, para alcanzar el objetivo final de la operación y el mantenimiento.

<sup>(6)</sup> Consorcio Lima Sur – 2012 - Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima

- **Ing. Fernández Estela – (2001) - AGUAS RESIDUALES EN EL PERÚ, PROBLEMÁTICA Y USO EN LA AGRICULTURA - Autoridad Nacional del Agua - Ministerio de Agricultura. <sup>(7)</sup>**

El autor plantea una sistematización conceptual de los principios epistemológicos de la investigación participativa en la Gestión de los Recursos Hídricos, la protección de la salud, la tecnología y la productividad ya que son aspectos que el país viene desarrollando progresivamente a fin de dar un enfoque sistémico al tratamiento y adecuación de factores ambientales como son el uso eficiente del agua y la generación de aguas residuales generadas por las actividades poblacionales. La necesidad de poner en práctica métodos que respondan a la realidad del país y a la demanda cada vez más grande, en vista que la población es consciente del cuidado del ambiente; así también, la aplicación del concepto de inversión para implementar medidas de control ambiental y sanitario es un tema que cada vez el estado y los inversionistas o la actividad privada comprenden más y vienen incorporando dentro de su marco normativo, instrumentos de producción y control de tal manera que el uso eficiente, los impactos ambientales, alternativas de reúso y prevención de riesgos a la salud sean resultado de estrategias del mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones en el Perú.

<sup>(7)</sup> Ing. Fernández Estela – (2001) - Autoridad Nacional del Agua - Ministerio de Agricultura.

- **Ing. Julio Moscoso Cavallini – (2011) - ESTUDIO DE OPCIONES DE TRATAMIENTO Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES EN LIMA METROPOLITANA. <sup>(8)</sup>**

El presente estudio se realizó como resultado de la Consultoría Técnica acordada entre el suscrito y la Universidad de Stuttgart para evaluar las opciones de tratamiento y uso de las aguas residuales en Lima Metropolitana, que brinden el soporte necesario al Proyecto “Gestión sostenible del agua y las aguas residuales en centros de crecimiento urbano afrontando al cambio climático” - Lima Water – LIWA.

- **Grazia Rossi Luna – (2010) - OPORTUNIDADES DE MEJORAS AMBIENTALES POR EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL PERÚ - Fondo Nacional del Ambiente - Perú. <sup>(9)</sup>**

Esta investigación detalla las tecnologías existentes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. El proceso de autodepuración es inherente a los cuerpos de agua, ocurre gracias a la presencia de diversos microorganismos como bacterias y algas, que descomponen los desechos, metabolizándolos y transformándolos en sustancias simples tales como dióxido de carbono, nitrógeno, entre otros, además de ciertos microorganismos que absorben algunas sustancias inorgánicas.

<sup>(8)</sup> Ing. César Moscoso Cavallini. – (2011).

<sup>(9)</sup> Grazia Rossi Luna – (2010) - Fondo Nacional del Ambiente-Perú.

**c) Antecedentes Locales.**

- **Ing. Luis del Rio; Lic. Joaquín Díaz - (2008) - MANEJO INTEGRADO DE LOS RECURSOS HIDRICOS EN EL RÍO CHILI – AREQUIPA, EVALUACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LOS NIVELES DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. <sup>(10)</sup>**

En este estudio se recogen las características de las aguas residuales y de los diferentes patógenos que se encuentran más comúnmente en las mismas, las dosis infectivas y el riesgo de infección, los riesgos reales y potenciales y consecuentemente la secuencia y las posibilidades de evitar que un riesgo potencial se convierta en un riesgo real, así como la importancia del tratamiento de residuales y sobre todo los que incurren en mayor grado en la remoción de helmintos y de los restantes patógenos. Se consideran además la incidencia de distintos métodos de riego en diferentes tipos de cultivo, la forma de preparación de los alimentos donde la cocción tiene un alto peso en la reducción de riesgos y por último, los aspectos educacionales e institucionales que tienen incidencia en la reducción de agentes patógenos.

<sup>(10)</sup> Ing. Luis del Rio; Lic. Joaquín Díaz – (2008) - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

- **Pro inversión – (2015) - SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA CUENCA DEL LAGO CIENEGUILLAS – ORCOPAMPA - AREQUIPA - Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. <sup>(11)</sup>**

Este estudio detalla la descontaminación del Lago Cieneguillas el cual es una necesidad pública en la Región Arequipa. La población considera urgente solucionar la problemática de las aguas residuales en la región. Los beneficios sociales y ambientales se detallan a continuación:

- Contribuye en la reducción de enfermedades de agentes contaminantes.
- Promueve el aumento en la actividad turística.
- Favorece la reducción de la contaminación del ecosistema y las emisiones por cambio climático, así como su recuperación ambiental.
- Aporta al cumplimiento de las políticas, planes y estrategias nacionales, subnacionales y compromisos internacionales para el manejo sobre biodiversidad, protección de humedales y cambio climático asociada al Lago Cieneguillas.
- Efectúa mejoras en la operación y mantenimiento de los Colectores principales, Cámaras de bombeo, Líneas de impulsión, Sistemas de tratamiento de aguas residuales y la Disposición final.

<sup>(11)</sup> Pro inversión - (2015) - Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.

## **1.2. Bases Teóricas.**

### **1.2.1. Historia del mantenimiento Industrial.**

A mediados del siglo XVIII y comienzo del XIX mientras la revolución industrial con las primeras máquinas se iniciaron los trabajos de reparación y de igual manera los conceptos de competitividad, costos entre otros, se empezó a tomar en cuenta el término de falla y empezaron a percatarse que esto producía paradas en la producción. Fue necesario empezar a controlar estas fallas que hacia mediados de los años 20 aparecieron las primeras estadísticas sobre tasas de falla en motores y equipo de aviación. Por lo cual podemos concluir que la historia del mantenimiento va de la mano con el desarrollo técnico-industria, ya que con las primeras máquinas se empezó a tener la necesidad de las primeras reparaciones. La mayoría de las fallas que se presentaban en ese entonces eran el resultado del abuso o de los grandes esfuerzos a los que eran sometidas las máquinas. En ese entonces el mantenimiento se hacía hasta cuando ya era imposible seguir usando el equipo. Hasta 1915, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación y producción. Con el advenimiento de la primera guerra mundial y de la implementación de una producción en serie, las fabricas pasaron a establecer programas mínimos de producción por lo cual empezaron a sentir la necesidad de crear equipo que pudieran efectuar el mantenimiento de las máquinas de la línea de producción en el menor tiempo posible. Así surgió un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico fue la ejecución del mantenimiento actualmente conocido como MANTENIMIENTO CORRECTIVO. Esta situación se mantuvo hasta a mediados de la década del

año 50. Fue hasta 1950 que un grupo de ingenieros japoneses iniciaron un nuevo concepto en mantenimiento que simplemente seguía las recomendaciones de los fabricantes de equipo acerca de los cuidados que se debían tener en la operación y mantenimiento de máquinas y sus dispositivos. Esta nueva forma o tendencia de mantenimiento se llamó MANTENIMIENTO PREVENTIVO. A partir de 1965 con el fortalecimiento de las asociaciones nacionales de mantenimiento creadas a final del periodo anterior, y que la sofisticación de los instrumentos de protección y medición, la ingeniería de mantenimiento, pasa a desarrollar criterios de predicción de fallas. Visualizando así la optimización de la actuación de los equipos de ejecución del mantenimiento. Estos criterios fueron conocidos como MANTENIMIENTO PREDICTIVO los cuales fueron asociados a métodos de planeamiento y control de mantenimiento. Como así también hay otros tipos de mantenimiento como el MANTENIMIENTO PRODUCTIVO que fue una nueva tendencia que determinaba una perspectiva más profesional. Se asignaron más responsabilidades a la gente relacionada con el mantenimiento y se hacían consideraciones acerca de la confiabilidad y el diseño del equipo de la planta. Diez años, tomó lugar la globalización del mercado creando nuevos modelos de mantenimiento para así lograr una mejor calidad y una mejor excelencia. Estos modelos son: (5S, KAIZEN) <sup>(12)</sup>.

<sup>(12)</sup> Metodología de mejora de Procesos – (2008) – Lean Six Sigma

### **1.2.2. Objetivos del mantenimiento de una instalación industrial.**

El departamento de mantenimiento de una industria tiene cuatro objetivos que deben marcar y dirigir su trabajo:

- Efectuar un valor determinado de disponibilidad.
- Efectuar un valor determinado de fiabilidad.
- Garantizar la vida útil de la instalación en su conjunto, al menos acorde con el plazo de amortización de la planta.
- Obtener todo ello ajustándose a un presupuesto dado, normalmente el presupuesto óptimo de mantenimiento para esa instalación.

#### **1.2.2.1. El objetivo de disponibilidad.**

La disponibilidad de una instalación se define como la proporción del tiempo que dicha instalación ha estado en disposición de producir, con independencia de que finalmente lo haya hecho o no por razones ajenas a su estado técnico.

El objetivo más importante de mantenimiento es garantizar que la instalación estará en disposición de producir un mínimo de horas determinado del año. Es un error pensar que el objetivo de mantenimiento es conseguir la mayor disponibilidad posible (100%) puesto que este no puede ser rentable. Conseguir pues el objetivo marcado de disponibilidad con un coste determinado es pues generalmente suficiente. Los principales factores a tener en cuenta en el cálculo de la disponibilidad son los siguientes:

- N° de horas totales de producción.
- N° de horas de indisponibilidad total para producir, que pueden ser debidas a diferentes tipos de actuaciones de mantenimiento:
  1. Intervenciones de mantenimiento programado que requieran parada de planta.
  2. Intervenciones de mantenimiento correctivo programado que requieran parada de planta o reducción de carga.
  3. Intervenciones de mantenimiento correctivo no programado que detienen la producción de forma inesperada y que por tanto tienen una incidencia en la planificación ya realizada de la producción de energía.
  4. Número de horas de indisponibilidad parcial, es decir, número de horas que la planta está en disposición para producir, pero con una capacidad inferior a la nominal debido al estado deficiente de una parte de la instalación, que impide que ésta trabaje a plena carga.

En cuanto a los valores aceptables de disponibilidad muchos tipos de instalaciones industriales, consiguen los objetivos de disponibilidad superiores al 92% de forma sostenida (un año o varios puede obtenerse, pero no de forma continuada) es un objetivo bastante ambicioso, siempre que se calcule de acuerdo con la fórmula propuesta por la IEEE 762/2006<sup>(13)</sup>.

<sup>(13)</sup> Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos – (2005) – Calculo de Indicadores de Disponibilidad.

Las instalaciones industriales suelen buscar objetivos entre 92% y 50%, en los casos menos exigentes en lo que se disponga de una capacidad de producción muy superior a lo que es capaz de absorber el mercado. Existen muchas fórmulas de cálculo de este indicador que se verán más adelante, en el capítulo dedicado a indicadores de mantenimiento. Es importante destacar que la IEEE desarrolló la norma específica referida a la disponibilidad en una instalación, tratando de evitar interpretaciones parciales que pudieran beneficiar alguna parte en beneficio de otra (propietario contratistas, etc.).

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

#### **1.2.2.2. El objetivo de fiabilidad.**

La fiabilidad es un indicador que mide la capacidad de una planta para cumplir su plan de producción previsto. En una instalación industrial se refiere habitualmente al cumplimiento de la producción planificada, y comprometida en general con clientes internos o externos. El incumplimiento de este programa de carga puede llegar a acarrear penalizaciones económicas, y de ahí la importancia de medir este valor y tenerlo en cuenta a la hora de diseñar la gestión del mantenimiento de una instalación. Los factores a tener en cuenta para el cálculo de este indicador son dos:

- Horas anuales de producción.
- Horas anuales de parada o reducción de carga debidas exclusivamente a mantenimiento correctivo no programado.

Como puede verse, no se tiene en cuenta para el cálculo de este objetivo ni las horas dedicadas a mantenimiento preventivo programado que supongan parada de planta ni las dedicadas a mantenimiento correctivo programado. Así, en muchas instalaciones industriales es habitual considerar que una avería detectada pero cuya reparación pueda posponerse 48 horas o más se considera mantenimiento correctivo programado, y por tanto no computa para calcular la fiabilidad. Una intervención que suponga la parada inmediata de la planta o una parada en un plazo inferior a 48 horas se considera mantenimiento correctivo no programado, y por tanto, su duración se tiene en cuenta a la hora de calcular la fiabilidad. El objetivo de mantenimiento persigue que este parámetro esté siempre por encima de un valor establecido en el diseño técnico-económico de la planta, y su valor es habitualmente muy alto (igual o superior incluso al 98%). Una instalación bien gestionada no debería tener ningún problema para alcanzar este valor.

$$Fiabilidad = \frac{Horas\ Totales - Horas\ parada\ por\ mantenimiento\ no\ programado}{Horas\ Totales}$$

### **1.2.2.3. La vida útil de la planta.**

El tercer gran objetivo de mantenimiento es asegurar y prolongar vida útil para la instalación. Es decir, las plantas industriales deben presentar un estado de degradación acorde con lo planificado de manera que ni la

disponibilidad ni la fiabilidad ni el coste de mantenimiento se vean fuera de sus objetivos fijados en un largo periodo de tiempo, normalmente acorde con el plazo de amortización de la planta. La esperanza de vida útil para una instalación industrial típica se sitúa habitualmente entre los 20 y los 30 años, en los cuales las prestaciones de la planta y los objetivos de mantenimiento deben estar siempre dentro de unos valores prefijados.

Un mantenimiento mal gestionado, con una baja proporción de horas dedicadas a tareas preventivas, con bajo presupuesto, con falta de medios y de personal y basado en reparaciones provisionales provoca el deterioro rápido cualquier instalación industrial.

#### **1.2.2.4. El cumplimiento del presupuesto.**

Los objetivos de disponibilidad, fiabilidad y vida útil no pueden conseguirse a cualquier precio. El departamento de mantenimiento debe conseguir los objetivos marcados ajustando sus costes a lo establecido en el presupuesto anual de la planta. Como se ha dicho en el apartado anterior, este presupuesto ha de ser calculado con sumo cuidado, ya que un presupuesto inferior a lo que la instalación requiere empeora irremediablemente los resultados de producción y hace disminuir la vida útil de la instalación; por otro lado, un presupuesto superior a lo que la instalación requiere empeora los resultados de la cuenta de explotación.



### **1.2.3. La mentalidad de mantenimiento a corto plazo.**

No hay nada más perjudicial para los intereses económicos de una instalación industrial que una mentalidad cortoplacista de los mandos que dirigen la instalación. Los resultados a corto plazo están a menudo reñidos con los resultados a largo plazo. Así, la ausencia de un mantenimiento preventivo eficaz puede tener un efecto económico inmediato favorable, pero resulta destructivo para la instalación. Lo mismo puede afirmarse sobre las reparaciones provisionales, la carencia de personal, de stock de repuesto, de medios técnicos o de la sustitución de elementos por otros de calidad inferior. Hay que ver el mantenimiento de una instalación como un depósito. Cuando la instalación es nueva, el depósito está lleno. Si se consume su contenido, pero periódicamente se rellena, el depósito no llega a vaciarse nunca, lo que se traduce en que la instalación puede funcionar con un número de incidencias mínimo. Pero si el depósito no se rellena cada cierto tiempo, si no se repone lo que se consume, acaba vaciándose, lo que se traduce en que la instalación sufre paradas frecuentes y envejece de forma prematura.

#### **1.2.4. Posibilidades para afrontar el mantenimiento de una instalación industrial.**

A la hora de decidir entre las posibilidades para afrontar el mantenimiento de una instalación industrial existen al menos dos posibilidades: hacerlo con personal propio o realizarlo basándose en contratistas externas. Cada una de ellas tiene ventajas e inconvenientes que hay que valorar adecuadamente antes de decidir el modelo más adecuado para afrontar las tareas de mantenimiento de la planta. Como se verá más adelante, la tendencia en el mantenimiento de instalaciones industriales de nueva construcción hasta el año 2005 se decantó hacia el máximo de externalización del servicio, pero desde entonces se vive una situación en la que el propietario de la instalación prefiere hacer el mantenimiento con su propio personal, priorizando así el máximo control de lo que sucede en la planta. Se analizan a continuación los esquemas más habituales para afrontar la explotación de una instalación industrial.

#### **1.2.5. Historia del tratamiento de Aguas Residuales.**

A inicios del siglo XX, algunas ciudades e industrias empezaron a reconocer que el vertido directo de desechos en los ríos provocaba problemas sanitarios, lo que llevó a la construcción de instalaciones de depuración. Aproximadamente en aquellos mismos años se introdujo la fosa séptica <sup>(14)</sup> como mecanismo para el tratamiento de las aguas residuales domésticas tanto en las áreas suburbanas como en las rurales.

<sup>(14)</sup> Lira Martínez Manuel Alejandro – (2009) - Diseño de sistema de tratamiento de aguas residuales con la aplicación de software Uralita en Poza Séptica – Instituto Tecnológico de Cancún.

Desde la década de 1970, se ha generalizado en el mundo industrializado la cloración, un paso más dentro del tratamiento químico, con el objetivo de desinfectar el agua y hacerla apta para el consumo humano. Por contaminación de las aguas se entiende el aporte de materias o formas de energía de una manera directa o indirecta que impliquen una alteración o modificación de su calidad en relación a sus usos posteriores o a su función ecológica. Hasta hace algunos años no se le daba importancia al tratamiento del agua, pero en vista de los grandes problemas que aporta la contaminación, la construcción de plantas depuradoras y potabilizadoras va en aumento.

Gracias a programas de Saneamiento y de depuración de aguas residuales permiten que el agua retorne a su estado natural, eliminando los elementos contaminantes y protegiéndola, se está consiguiendo una mejor calidad en el agua tratada.

Actualmente, la contaminación de los cauces naturales tiene su origen en tres fuentes:

- Vertidos urbanos
- Vertidos industriales
- Contaminación difusa (lluvias...)

#### **1.2.6. Aspectos Teóricos del tratamiento de Aguas Residuales.**

En gran parte de los estudios realizados sobre reutilización del agua residual se presta mayor atención a su uso como agua de riego, ya que, en comparación con otros tipos de aplicaciones, requiere en muchos casos un nivel de calidad menos estricto lo cual implica, a su vez, que el nivel de depuración que se debe

alcanzar durante el tratamiento no sea tan elevado. Las ventajas que representa la reutilización para riego de aguas tratadas son que:

- 1) El agua tratada representa una fuente constante y segura aún en los años más secos.
- 2) Es un aporte continuo de nutrientes para las plantas.
- 3) El contenido de nutrientes del agua residual (N, P, K y micro elementos)<sup>(15)</sup> representa un ahorro en gastos de fertilización.
- 4) Se contribuye a la conservación de los recursos hídricos.
- 5) Representa una posible reducción del coste económico del agua destinada a riego ya que aguas de otra procedencia pueden resultar a mayor precio.

Como primer paso hay que establecer la calidad de un agua tratada para lo cual se deben de tener en cuenta una serie de parámetros físicos, químicos y biológicos. El estudio de estas características permitirá conocer su aptitud o inadecuación por posibles afecciones al suelo, cultivos y a la población. Estas características son: materia o sólidos en suspensión, materia orgánica biodegradable, elementos nutritivos, pH, metales pesados, microorganismos patógenos, sustancias orgánicas estables o refractarias al proceso de tratamiento, sustancias inorgánicas disueltas y cloro residual.

<sup>(15)</sup> Nitrógeno (N), fósforo (P), y potasio (K) - Wikipedia

### **1.2.7. Aguas residuales urbanas.**

Las aguas residuales urbanas son los líquidos procedentes de la actividad humana, que llevan en su composición gran parte de agua. La contaminación que originan los núcleos urbanos procede de la utilización del agua en los servicios domésticos, en la limpieza de locales comerciales y en el servicio público. Por otra parte, las aguas pluviales que provienen de las zonas urbanas, aportan también, una carga importante de contaminación.

La contaminación principal de las aguas residuales domésticas está formada por materia orgánica, tanto en suspensión como en disolución, que en gran parte son de tipo degradable.

Los aportes que generan esta agua son:

- aguas negras o fecales
- aguas de lavado doméstico
- aguas procedentes del sistema de drenaje de calles y avenidas
- aguas de lluvia y lixiviados

Las aguas residuales urbanas presentan una cierta homogeneidad en cuanto a composición y carga contaminante, ya que sus aportes van a ser siempre los mismos. Pero esta homogeneidad tiene unos márgenes muy amplios, ya que las características de cada vertido urbano van a depender del núcleo de población en el que se genere, influyendo parámetros tales como el número de habitantes, la existencia de industrias dentro del núcleo, tipo de industria, etc.

### **1.2.8. Aguas residuales industriales.**

Las aguas residuales industriales son aquellas que proceden de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua. Son enormemente variables en cuanto a caudal y composición, difiriendo las características de los vertidos, no sólo de una industria a otra, sino también dentro de un mismo tipo de industria. Estas son más contaminadas que las aguas residuales urbanas, además, con una contaminación mucho más difícil de eliminar.

A veces, las industrias no emiten vertidos de forma continua, sino únicamente en determinadas horas del día o incluso únicamente en determinadas épocas de año, dependiendo del tipo de producción y del proceso industrial.

Su alta carga unida a la enorme variabilidad que presentan, hace que el tratamiento de las aguas residuales industriales sea complicado, siendo preciso un estudio específico para cada caso.

### **1.2.9. Clasificación de los contaminantes.**

Las sustancias contaminantes que pueden aparecer en un agua residual son muchas y diversas, los cuales se detalla a continuación:

#### **1.2.9.1. Contaminantes orgánicos**

Son compuestos cuya estructura química está compuesta fundamentalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Son los contaminantes mayoritarios en vertidos urbanos y vertidos generados en la industria agroalimentaria.

Los compuestos orgánicos que pueden aparecer en las aguas residuales son:

a) Proteínas: proceden fundamentalmente de excreciones humanas o de desechos de productos alimentarios. Son biodegradables, bastante inestables y responsables de malos olores.

b) Carbohidratos: incluimos en este grupo azúcares, almidones y fibras celulósicas. Proceden, al igual que las proteínas y desperdicios de las excreciones humanas.

c) Aceites y grasas: Altamente estables, inmiscibles con el agua, proceden de desperdicios alimentarios en su mayoría, a excepción de los aceites minerales que proceden de otras actividades.

d) Otros: incluiremos varios tipos de compuestos, como los tensioactivos, fenoles, organoclorados y organofosforados, etc. Su origen es muy variable y presentan elevada toxicidad.

#### **1.2.9.2 Contaminantes inorgánicos**

Aparecen en cualquier tipo de agua residual, aunque son más abundantes en los vertidos generados por la industria. Son de origen mineral y de naturaleza variada: sales, óxidos, ácidos y bases inorgánicas, metales, etc.

Los componentes inorgánicos de las aguas residuales estarán en función del material contaminante así como de la propia naturaleza de la fuente contaminante.

## **1.2.10. Contaminantes habituales en las aguas residuales.**

### **1.2.10.1. Arenas**

Son de naturaleza mineral, aunque pueden llevar adherida materia orgánica. Las arenas enturbian las masas de agua cuando están en movimiento, o bien forman depósitos de lodos si encuentran condiciones adecuadas para sedimentar.

### **1.2.10.2. Grasas y aceites.**

Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual.

### **1.2.10.3. Residuos con requerimiento de oxígeno.**

Son compuestos tanto orgánicos como inorgánicos que sufren fácilmente y de forma natural procesos de oxidación, que se van a llevar a cabo consumiendo oxígeno del medio. Estas oxidaciones van a realizarse bien por vía química o bien por vía biológica.

### **1.2.10.4. Nitrógeno y fósforo.**

Tienen un papel fundamental en el deterioro de las masas acuáticas. Su presencia en las aguas residuales es debida a los detergentes y

fertilizantes, principalmente. El nitrógeno orgánico también es aportado a las aguas residuales a través de las excretas humanas.

#### **1.2.10.5. Agentes patógenos**

Son organismos que pueden ir en mayor o menor cantidad en las aguas residuales y que son capaces de producir o transmitir enfermedades.

#### **1.2.11. Métodos disponibles de desinfección.**

- Agentes químicos (cloro, bromo, cloruro de bromo, iodo, ozono)
- Agentes físicos (Calor, luz solar, radiación UV)
- Medios mecánicos
- Radiación (Rayos Gamma, Cobalto 60)

### **1.3. Marco conceptual.**

#### **Eficiencia <sup>(16)</sup>**

Es la capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un objetivo determinado con el mínimo de recursos viables.

<sup>(16)</sup> [es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia](https://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia)

### **Mantenimiento <sup>(17)</sup>**

Se define como el control constante de las instalaciones (en el caso de una planta) o de los componentes (en el caso de un producto), así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de un sistema en general.

### **Mantenimiento correctivo <sup>(18)</sup>**

Es el conjunto de actividades de reparación y sustitución de elementos deteriorados por repuestos que se realiza cuando aparece el fallo.

### **Mantenimiento preventivo <sup>(19)</sup>**

Es el conjunto de actividades programadas de antemano, tales como inspecciones regulares, pruebas, reparaciones, etc., encaminadas a reducir la frecuencia y el impacto de daños a un sistema.

### **Mantenimiento predictivo <sup>(20)</sup>**

Es el conjunto de actividades de seguimiento y diagnóstico continuo (monitorización) de un sistema, que permiten una intervención correctora inmediata como consecuencia de la detección de algún daño.

<sup>(17)</sup> Goulds Pumps – Manual de Operación y Mantenimiento.  
<sup>(18), (19), (20)</sup> //renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf

### **Equipo Industrial <sup>(21)</sup>**

Es el conjunto de piezas que componen un mecanismo y que sirven para poner en funcionamiento un aparato para un fin determinado

### **Mantenimiento Productivo Total (TPM). <sup>(22)</sup>**

Se define como una metodología de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas.

### **Confiabilidad <sup>(23)</sup>**

Se concentra en procesos de eliminación de fallas a través del uso de diversas herramientas analíticas que permitan mejorar procesos, actividades, recursos, diseños y otros dentro de las tácticas de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.

### **Equipo Electromecánico <sup>(24)</sup>**

Los dispositivos electromecánicos son los que combinan partes eléctricas y mecánicas para conformar un mecanismo para un fin específico.

<sup>(21)</sup> [es.wikipedia.org/wiki/Equipamiento-industrial](https://es.wikipedia.org/wiki/Equipamiento-industrial)

<sup>(22)</sup> [renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf](https://renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf)

<sup>(23)</sup> [200.11.208.195/blogRedDocente/alexisduran/wp-content/uploads/2015/11/15confiabilidad.pdf](https://200.11.208.195/blogRedDocente/alexisduran/wp-content/uploads/2015/11/15confiabilidad.pdf)

<sup>(24)</sup> [educalingo.com/es/dic-es/electromecánico](https://educalingo.com/es/dic-es/electromecánico)

**Proceso** <sup>(25)</sup>

Es el conjunto de actividades o eventos (coordinados u organizados) que se realizan o suceden (alternativa o simultáneamente) bajo ciertas circunstancias con un fin determinado.

**Tratamiento** <sup>(26)</sup>

El término tratamiento hace referencia a la forma o los medios que se utilizan para llegar a la esencia de algo, bien porque ésta no se conozca o porque se encuentra alterada por otros elementos.

**Agua residual** <sup>(27)</sup>

Se define como un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales, orina, residuos químicos, etc. procedente de desechos orgánicos humanos o animales y de la industria.

**Calidad** <sup>(28)</sup>

La calidad es una herramienta básica para una propiedad inherente de cualquier cosa que permite que esta sea comparada con cualquier otra de su misma especie.

<sup>(25)</sup> //conceptodefinicion.de/proceso

<sup>(26)</sup> es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento

<sup>(27)</sup> //iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes

<sup>(28)</sup> es.wikipedia.org/wiki/Calidad

## **Agua <sup>(29)</sup>**

Es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida.

## **Tratamiento de Agua Residuales <sup>(30)</sup>**

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano e industrial.

## **Riego de cultivos con aguas residuales <sup>(31)</sup>**

El riego consiste en el vertido de aguas residuales sobre una extensión de terreno donde se cultivan especies vegetales

## **Calidad del agua Residual <sup>(32)</sup>**

La calidad del agua residual se determina comparando las características físicas, biológicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices con rangos y parámetros establecidos.

## **Proceso de lodos activados <sup>(33)</sup>**

Es un proceso biológico empleado en el tratamiento de aguas

<sup>(29)</sup> //agua.org.mx/que-es/

<sup>(30)</sup> //es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento\_de\_aguas\_residuales

<sup>(31)</sup> //cordis.europa.eu/result/rcn/80805\_es.html <sup>(32)</sup> oefa.gob.pe/?wpfb\_dl=7827

<sup>(33)</sup> //xylem.com/siteassets/sanitaire-resources/1710-sanitire-iceas-biologicaltreatmentprocess.pdf

residuales convencional, que consiste en el desarrollo de un cultivo bacteriano disperso en forma de flóculo en un depósito aireado y alimentado con el agua residual. Este sistema cuenta con reactores biológicos donde se realiza el sistema de aireación extendida por ciclos intermitentes el cual permite remover la carga orgánica.

### **Aireación <sup>(34)</sup>**

Es un proceso mediante el cual el agua es puesta en contacto con el aire, con el propósito de Transferir oxígeno al agua para aumentar el Oxígeno disuelto, disminuir la concentración de dióxido de carbono, Sulfuro de hidrogeno. Remover gases como metano, cloro y amoniaco, oxidar hierro y manganeso y además de remover compuestos orgánicos volátiles, sustancias volátiles productoras de olores y sabores.

### **Sedimentación <sup>(35)</sup>**

Se basa en una técnica de separación sólido-fluido en la que las partículas sólidas de una suspensión, más densas que el fluido, se separan de éste por la acción de la gravedad. Es una operación controlada por la transferencia de cantidad de movimiento.

### **Decantación <sup>(36)</sup>**

La decantación es una técnica que permite separar un sólido mezclado

<sup>(34)</sup> //es.wikipedia.org/wiki/Sedimentaci%C3%B3n

<sup>(35)</sup>, <sup>(36)</sup> //es.scribd.com/document/354334800/Aguas-Residuales

heterogéneamente con un líquido en el que es insoluble o bien dos líquidos inmiscibles (que no se pueden mezclar homogéneamente) con densidades diferente.

### **Desinfección - Desinfección Ultravioleta <sup>(37)</sup>**

Se define como el proceso de destruir microorganismos patógenos mediante procesos físicos y químicos - La desinfección UV es un proceso físico que neutraliza los microorganismos instantáneamente cuando estos pasan a través de las lámparas ultravioleta sumergidas en el efluente.

### **Tecnología Actualizada <sup>(38)</sup>**

Hace referencia a toda la tecnología que fue desarrollada en forma reciente y que se refiere a lo más avanzado que existe en un determinado momento.

### **Mantenimiento, Operación y monitoreo de la planta <sup>(39)</sup>**

Se basa en mantener en óptimas condiciones los equipos, manipulándolos adecuadamente y supervisar las funciones que desempeñan dentro de los estándares permitidos para conseguir la calidad del producto.

<sup>(37)</sup> [neoquim.com/la-desinfección/](http://neoquim.com/la-desinfección/) <sup>(38)</sup> [peapt.blogspot.com/p/que-es-la-tecnologia.html](http://peapt.blogspot.com/p/que-es-la-tecnologia.html)

<sup>(39)</sup> [repository.udistrital.edu.co/bitstream/](http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/)

### **Cultura en aspectos técnicos, sanitarios y legales <sup>(40)</sup>**

La cultura es el conjunto de símbolos que abarca las distintas formas y expresiones tanto técnicas, sanitarias y legales con respecto al tratamiento de aguas residuales.

<sup>(40)</sup> //sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39054

#### **1.4. Marco Legal.**

El presente trabajo de investigación está enmarcado dentro del ámbito Ambiental en la que existen aspectos legales que tienen que tomarse en cuenta para no infringir las leyes nacionales, por lo que debemos hacer una referencia de todas las leyes que tienen relación con el tema. En esta investigación se ven involucrados los artículos de las siguientes leyes:

**- Ley N° 28611.- LEY GENERAL DEL AMBIENTE.**

**“Artículo 31°. - Del Estándar de Calidad Ambiental.**

31.1 El Estándar de Calidad Ambiental - ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

**“Artículo 121°. - Del vertimiento de aguas residuales.**

El Estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de

acuerdo a lo establecido en los ECA correspondientes y las normas legales vigentes.”

**Artículo 122°. - Del tratamiento de residuos líquidos.**

122.1 Corresponde a las entidades responsables de los servicios de saneamiento la responsabilidad por el tratamiento de los residuos líquidos domésticos y las aguas pluviales.

122.2 El sector Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la vigilancia y sanción por el incumplimiento de LMP en los residuos líquidos domésticos, en coordinación con las autoridades sectoriales que ejercen funciones relacionadas con la descarga de efluentes en el sistema de alcantarillado público.

122.3 Las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas, productivas, de comercialización u otras que generen aguas residuales o servidas, son responsables de su tratamiento, a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los LMP, los ECA y otros estándares establecidos en instrumentos de gestión ambiental, de conformidad con lo establecido en las normas legales vigentes. El manejo de las aguas residuales o servidas de origen industrial puede ser efectuado directamente por el generador, a través de terceros debidamente autorizados a través de las entidades responsables de los servicios de saneamiento, con sujeción al marco legal vigente sobre la materia.”

**- LEY N° 29338.- LEY DE RECURSOS HÍDRICOS.**

**“Artículo 79°. - Vertimiento de agua residual.**

La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización. En caso de que el vertimiento del agua residual tratada pueda afectar la calidad del cuerpo receptor, la vida acuática asociada a este o sus bienes asociados, según los estándares de calidad establecidos o estudios específicos realizados y sustentados científicamente, la Autoridad Nacional debe disponer las medidas adicionales que hagan desaparecer o disminuyan el riesgo de la calidad del agua, que puedan incluir tecnologías superiores, pudiendo inclusive suspender las autorizaciones que se hubieran otorgado al efecto. En caso de que el vertimiento afecte la salud o modo de vida de la población local, la Autoridad Nacional suspende inmediatamente las autorizaciones otorgadas. Corresponde a la autoridad sectorial competente la autorización y el control de las descargas de agua residual a los sistemas de drenaje urbano o alcantarillado.”

**- DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM - DECRETO SUPREMO QUE APRUEBA ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA Y ESTABLECEN DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS.**

**Artículo 1.- Objeto de la norma.**

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

**Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.**

Apruébese los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

**Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.**

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional.

3.2 Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.

3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

3.4 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático.

**- Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo  
DECRETO SUPREMO N° 005-2012-TR.**

**Artículo 1.-** El presente Reglamento desarrolla la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, y tiene como objetivo promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país, sobre la base de la observancia del deber de prevención de los empleadores, el rol de fiscalización y control del Estado y la participación de los trabajadores y sus organizaciones sindicales.

**Artículo 2.-** En aplicación del principio de prevención, se entienden incluidos dentro del ámbito de aplicación a que se refiere el artículo 2 de la Ley, a toda persona bajo modalidad formativa y a los trabajadores autónomos. También se incluye a todo aquel que, sin prestar servicios, se encuentre dentro del lugar de trabajo, en lo que les resulte aplicable.

**Artículo 3.-** Por convenio colectivo, contrato de trabajo o por decisión unilateral del empleador se pueden establecer niveles de protección superiores a los contemplados en la Ley. Asimismo, los empleadores podrán aplicar estándares

internacionales en seguridad y salud en el trabajo para atender situaciones no previstas en la legislación nacional.

**Artículo 4.-** En concordancia con lo dispuesto en la Primera Disposición Complementaria y Final de la Ley, en la medida en que lo previsto por los respectivos Reglamentos sectoriales no resulte incompatible con lo dispuesto por la Ley y el presente Reglamento, esas disposiciones continuarán vigentes. En todo caso, cuando los Reglamentos mencionados establezcan obligaciones y derechos superiores a los contenidos en la Ley y el presente Reglamento, aquéllas prevalecerán sobre éstos.

**- RESOLUCION MINISTERIAL N° 037-2006-MEM/DM - CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD - 2006 – UTILIZACIÓN - SECCIÓN 160: MOTORES Y GENERADORES**

**160-010 - Mediciones Eléctricas.**

**Corriente nominal a rotor bloqueado:** Indica el valor de la corriente marcada en el equipo eléctrico, o cuando no existe tal marca, debe considerarse que es igual a seis veces la corriente nominal de plena carga que figura en la placa del equipo.

**Motor de servicio no continuo:** Motor con características de régimen de servicio, definiciones como: régimen de corta duración, régimen intermitente, régimen periódico y régimen variable.

**Corriente nominal de carga:** Para un motor, indica un valor marcado en el equipo, aplicable a condiciones establecidas de alambrado, protección y control de la unidad.

#### **160-712 - Equipo de Control.**

El equipo de control utilizado para el control de motores debe tener:

(a) Ya sea la corriente marcada o una corriente nominal a rotor bloqueado equivalente, no menor que la del motor que controla.

(b) Ya sea la corriente marcada o una corriente nominal a plena carga equivalente, no menor que la corriente nominal a plena carga del motor que controla.

#### **Arranque de Motores.**

##### **160-802 - Conexión Permanente.**

Cuando es usado un motor de bobinado múltiple, con el bobinado conectado en una configuración permanente, debe ser tratado como un motor de bobinado simple, con los valores nominales correspondientes a la configuración del bobinado empleado.

##### **160-804 - Dimensionamiento de los Conductores.**

Los conductores del circuito en el lado del suministro del controlador, para un motor de bobinado múltiple o de bobinado partido, para el arranque, deben ser dimensionados, para la corriente a plena carga más grande de cualquier configuración de bobinado provista por el controlador, según como esté

conectado. Cada conductor tendido entre el controlador y el motor, debe ser dimensionado como lo especifica la Regla 160-106, para la corriente a plena carga más grande de cualquier bobinado o configuración de bobinado que deba alimentar.

#### **160-806 - Protección Contra Sobrecorrientes.**

Cada conductor no puesto a tierra en el lado del suministro del controlador, debe ser protegido por un dispositivo de sobrecorriente con capacidad nominal o ajustado, para la corriente a plena carga más grande de cualquier configuración de bobinado provista por el controlador, según como esté conectado. Cada conductor no puesto a tierra tendido entre el controlador y el motor, debe ser protegido por un dispositivo de sobrecorriente con capacidad nominal o ajustado, para la corriente a plena carga más grande de cualquier configuración de bobinado alimentado por el conductor así protegido, a menos que el dispositivo de sobrecorriente.

#### **- Norma ISO 10816 – Medición y evaluación de la Vibración**

Establece las condiciones y procedimientos generales para la medición y evaluación de la vibración, utilizando mediciones realizadas sobre partes no rotativas de las máquinas. El criterio general de evaluación se basa tanto en la monitorización operacional como en pruebas de validación que han sido establecidas fundamentalmente con objeto de garantizar un funcionamiento

fiable de la máquina a largo plazo. Esta norma reemplaza a las ISO 2372 e ISO 3945, que han sido objeto de revisión técnica.

**- Norma ISO 4064-1: 2014 | OIML R 49-1: 2013 - Medición Hidráulica**

Especifica los requisitos metrológicos y técnicos de los medidores de agua para agua potable fría y agua caliente que fluye a través de un conducto cerrado y completamente cargado. Estos medidores de agua incorporan dispositivos que indican el volumen integrado. Además de los medidores de agua basados en principios mecánicos, ISO 4064-1: 2014 | OIML R 49-1: 2013 se aplica a los dispositivos basados en principios eléctricos o electrónicos, y a los principios mecánicos que incorporan dispositivos electrónicos, utilizados para medir el volumen de agua potable fría y agua caliente. ISO 4064-1: 2014 | OIML R 49-1: 2013 también se aplica a dispositivos auxiliares electrónicos. Los dispositivos auxiliares son opcionales. Sin embargo, es posible que las regulaciones nacionales o regionales hagan que algunos dispositivos auxiliares sean obligatorios en relación con la utilización de medidores de agua.

### **1.5. Marco Filosófico.**

Los problemas que generan los inadecuados procesos de mantenimiento han sido analizados desde una perspectiva científica positiva, el cual se fundamenta en la observación metódica de los fenómenos y que permitieron descubrir y explicar el comportamiento de las cosas en términos de leyes universales susceptibles de ser utilizadas en provecho de la humanidad. El trabajo realizado está enmarcado en una concepción que sostiene la causalidad múltiple en los fenómenos y hechos en un proceso de mantenimiento, en la que se detalló la eficiencia y eficacia de los métodos utilizados, en nuestro caso en la identificación de los condicionantes del mantenimiento de equipos electromecánicos por parte de los operadores de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de Aplao. Del mismo modo en el enfoque ontológico, en el sentido que el ser humano - representado por los operadores de la planta de tratamiento - se mostró como una entidad compleja y paradójica, y sobre todo como un ser pluridimensional, en tanto que es un ser en sí mismo, un ser en relación con los otros seres humanos, un ser corpóreo, espiritual, emocional, intelectual, cultural e histórico, libre, trascendente y un ser en proyecto que desde la óptica teleológica se construye y aspira a transformar el mundo en que vive, actualizándose, capacitándose y perfeccionándose, es un ser creativo y optimista, predispuesto al cambio con sujeción a los motivadores que tenga oportunidad de aprovechar, para formarse una vida digna y humana, es decir el hombre como ser biológico, ser social y ser cultural. Finalmente, la propuesta del programa de mantenimiento encontró su sostenimiento en la existencia de las dos formas de conocer y descubrir el adecuado procedimiento de

mantenimiento de los equipos electromecánicos de la PTAR, las cuales son el razonamiento (racionalismo) y la experiencia de los sentidos (empirismo); ambos enfoques comparten la convicción de que el conocimiento y la verdad son teóricos, de que los hechos se descubren por la razón o por los sentidos y de que la verdad existe independientemente del mecanismo de percepción que usemos. Es importante asumir que a pesar que el pensamiento moderno cuestiona la consistencia lógica del principio de causalidad, las ciencias, sean las naturales o sean las sociales, siguen actuando sobre la base de que su más importante misión es explicar por qué se producen los hechos o fenómenos de que se ocupan.

## CAPITULO II - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

### 2.1. Situación Problemática.

Actualmente, el reusó de las aguas residuales es una necesidad en la mayor parte de las naciones a nivel mundial, no sólo por la carencia de este recurso que se vuelve crítico en muchos países tercermundistas con climas áridos y secos, sino también en regiones tropicales. El efectuar un inapropiado tratamiento de las aguas servidas es una práctica que se extiende en muchos países debido a no contar un cronograma adecuado para el mantenimiento de los equipos de tratamiento y una inapropiada operación de la planta, aunque su uso más amplio se originó en países desarrollados, tales como USA y naciones de Europa en el siglo XIX al adoptarse el sistema de conducción para las aguas servidas. En el Perú el reusó de aguas servidas se está haciendo cada vez más común pues está siendo utilizado mayormente para fines agrícolas. Como consecuencia, el país promulgó nuevas regulaciones en julio del 2008 para el reusó de aguas servidas, incluyendo los efluentes que se usan para el cuidado de los animales y los cultivos. De igual manera se han logrado grandes mejoras en el tratamiento de aguas servidas. Hoy en día, de acuerdo al volumen de vertimiento anual registrado en el Programa de Adecuación de Vertimientos y Reúso de Aguas Residuales – PAVER <sup>(41)</sup> que existe en la Autoridad Nacional del Agua, alrededor de 58 m<sup>3</sup>/s de agua residual sin tratar, son entregados

<sup>(41)</sup> Programa de Adecuación y Vertimientos y Reúso de Agua Residuales.

a fuentes superficiales y aproximadamente 20 000 hectáreas <sup>(42)</sup> de tierras agrícolas son regadas con aguas servidas. No obstante, quedan muchos desafíos en el sector, como la mala calidad del tratamiento aguas servidas en varias zonas del Perú, todo esto a causa de aplicar inadecuados procedimientos o planes de mantenimiento a los equipos con el que se tratan las aguas residuales. Este tipo de suceso se da en el Distrito de Aplao, provincia de Castilla, Región Arequipa en la cual la calidad del tratamiento de las aguas servidas no es la adecuada debido a que se está empleando un inapropiado procedimiento para el mantenimiento de los equipos. El modelo de mantenimiento que se efectúan a los equipos es el no programado (ambiguo y sencillo), solo con una observación e inspección básica de los equipos y no realizar una evaluación y diagnóstico más a detalle, el cual dé a conocer que es lo que realmente requiere el equipamiento para un excelente desempeño por lo cual se demuestra que hace falta llevar a cabo un moderno y apropiado proceso para efectuar el mantenimiento a los equipos que se utilizan para tratar las aguas servidas. El no disponer de una tecnología adecuada para el proceso de tratamiento de aguas servidas, el cual cumpla los estándares de calidad se debe más que todo a la ausencia de no tener los conocimientos actualizados respecto al tratamiento de las aguas, el no aplicar un proceso adecuado para el tratamiento del agua también se debe a la escasa cobertura de servicios y tarifas que no permiten cubrir los costos de construcción, operación y mantenimiento de los servicios de tratamiento.

<sup>(42)</sup> Portal Agrario. Perú – (2018).

Como consecuencia de esta observación existe una gran debilidad institucional y financiera, falta de cultura en aspectos legales, técnicos y sanitarios por parte de las autoridades y entidades vinculadas al tema por lo que afecta directamente a la salud de la población y medio ambiente. Aplicando procedimientos ambiguos de mantenimiento, repercute significativamente en la calidad del tratamiento de las aguas servidas ya que esta es un propagador de enfermedades. Una vez culminado el proceso, el fluido se destina al riego de los campos de cultivo, contaminando directamente a los sembríos y cuerpos de agua, el cual contiene altas concentraciones de parásitos, bacterias y virus creándose un severo problema de salud pública e impacto ambiental. Entre las principales enfermedades que se propagan por este mal manejo de las aguas servidas están la giardiasis, la hepatitis infecciosa, el cólera, la amibiasis, la tifoidea y la paratifoidea, diarreas (bacterianas y víricas), etc. Como es muy complejo revelar y cuantificar a todos los patógenos causantes de estas enfermedades, muchas autoridades de salud pública utilizan como organismo indicador de la contaminación por patógenos a los coliformes fecales (NMP CF/100 ml) <sup>(43)</sup>.

<sup>(43)</sup> Wikipedia. Número más Probable en pies cúbicos por cada 100 ml de Agua.

## **2.2. Formulación del Problema.**

¿Qué tan eficiente es el mantenimiento de equipos y su relación con calidad del tratamiento de las aguas residuales en el Distrito de Aplao – Castilla – Arequipa - 2018?

### **a) Problema General**

¿La eficiencia en el mantenimiento de equipos influye en la calidad del tratamiento de las aguas residuales en el Distrito de Aplao – Castilla – Arequipa - 2018?

### **b) Problemas específicos**

- ¿Es importante la eficiencia en el mantenimiento de equipos para el tratamiento de las aguas residuales en el distrito de Aplao – Castilla – Castilla - 2018?
- ¿Cómo se determina la calidad del tratamiento de las aguas residuales en el distrito de Aplao - Castilla – Arequipa - 2018?

### **2.3. Justificación e Importancia de la investigación.**

Los motivos por el que se llevó a cabo la presente investigación son las siguientes: Efectuar un inapropiado mantenimiento a los equipos de tratamiento de aguas residuales, como resultado origina obtener una mala calidad del tratamiento de las aguas servidas, el cual es un problema sanitario que impacta contra la salud de las personas y el medio ambiente ya que esta situación aumenta cada vez más, por lo cual debe ser investigado el vertimiento de las aguas residuales a cuerpos de agua (ríos) y posteriormente derivarlo al riego de campos de cultivo dentro del distrito de Aplao. La mala calidad del agua, por la magnitud del problema y los costos sociales que va dejando en el distrito, no sólo involucra a la población si no a todas las fuerzas vivas de la colectividad. De igual manera se justifica porque tiene una serie de costos económicos y sociales que impactan en el desarrollo de la población y del medio ambiente de manera irreversible.

Es importante precisar que la presente investigación tuvo repercusión en la implementación de una propuesta de mantenimiento adecuada para el equipamiento de la PTAR. La investigación es de suma importancia para la elaboración de una propuesta de mantenimiento optima, el cual contribuye a un adecuado funcionamiento de los equipos durante el proceso de tratamiento con el fin de disminuir y/o controlar los problemas operacionales, buscando un impacto positivo en la comunidad. Estos aspectos relevantes del tema estudiado sirven para sensibilizar a las autoridades locales a tomar medidas correctivas inmediatas.

## **2.4. Objetivos.**

### **a) Objetivo General**

Determinar la influencia que existe en la Eficiencia del Mantenimiento de equipos con la calidad del tratamiento de las aguas residuales en el distrito de Aplao – Castilla – Arequipa - 2018.

### **b) Objetivos Específicos**

- Determinar la importancia de la eficiencia del mantenimiento de los equipos para el tratamiento de las aguas residuales en el Distrito de Aplao – Castilla - Arequipa - 2018.
- Determinar la calidad del tratamiento de las aguas residuales en el Distrito de Aplao - Castilla – Arequipa - 2018.

## 2.5. Hipótesis de la investigación.

### a) Hipótesis General

La Eficiencia en el mantenimiento de Equipos está relacionada significativamente con los Procedimientos de Trabajo que intervienen en la calidad del tratamiento de las aguas residuales en el Distrito de Aplao – Castilla – Arequipa – 2018.

### b) Hipótesis Específicas

- **Ho1:** No es significativamente aceptable el mantenimiento de los equipos para el tratamiento de las aguas residuales en el distrito de Aplao – Castilla - Arequipa – 2018.
  
- **Ha1:** Es significativamente aceptable el mantenimiento de los equipos para el tratamiento de las aguas residuales en el distrito de Aplao – Castilla - Arequipa – 2018.
  
- **Ho2:** No es significativamente eficiente la calidad del tratamiento de las aguas residuales en el distrito de Aplao – Castilla - Arequipa – 2018
  
- **Ha2:** Es significativamente eficiente la calidad del tratamiento de las aguas residuales en el distrito de Aplao – Castilla - Arequipa - 2018.

## **2.6. Variables de la investigación.**

### **a) Identificación de variables.**

Las variables consideradas en la presente investigación son:

**VI** : Eficiencia en el mantenimiento de equipos.

**VD** : Calidad del Tratamiento de las Aguas Residuales.

**b) Operacionalización de Variables.**

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
Eficiencia en el mantenimiento de Equipos	Eficiencia en el mantenimiento de Equipos: Es un sistema de pasos e instrucciones con los que se puede garantizar un adecuado mantenimiento de los equipos para el tratamiento de las aguas servidas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parámetros de Operación, Aplicación de adecuados procedimientos de mantenimiento de equipos para el procesamiento de las aguas servidas.</li> <li>- Capacitación permanente a los operadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instrumentos de Medición electromecánicos e hidráulicos</li> <li>- Programas de capacitación y actualización.</li> </ul>
Calidad del tratamiento de las aguas residuales	Calidad del tratamiento de las aguas residuales: Es un conjunto de propiedades inherentes a las características del agua procesada. La calidad del agua residual se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presencia mínima de sólidos suspendidos Totales (TSS).</li> <li>- Presencia mínima de demanda bioquímica de Oxígeno (DBO).</li> <li>- Presencia mínima de Coliformes Fecales y totales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instrumentos para Medición de demanda bioquímica de Oxígeno (DBO)</li> <li>- Instrumentos para Medición de Sólidos suspendidos Totales (TSS).</li> <li>- Pruebas de laboratorio.</li> </ul>

## CAPITULO III – METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.

### 3.1. Tipo, Nivel y Diseño de Investigación.

El presente estudio es de tipo Aplicado porque midió parámetros y valores según el tratamiento de las aguas, el cual asocio las características de las variables en las técnicas para el mantenimiento de los equipos y la calidad del agua tratada en el tema investigado. El Nivel de estudio es Descriptivo porque la finalidad del estudio está dirigido a determinar y describir las características de las propuestas de mantenimiento de los equipos vinculados con la calidad del tratamiento de las aguas servidas. El diseño es Descriptivo Explicativo porque se compilaron los datos tal y como ocurren, sin intervenir en su desarrollo, en cuanto a la dimensión temporal es de corte transversal porque los datos se recopilaron en un determinado momento haciendo un corte en el tiempo, mediante la toma de parámetros eléctricos, hidráulicos y mecánicos de los equipos, aparte se tomó las muestras de agua residual y su posterior análisis en el laboratorio. Para tal fin, el esquema de trabajo contuvo los siguientes momentos:

- Análisis e interpretación descriptiva.
- Recopilación de datos.
- Identificación de las categorías de análisis.
- Establecimiento de las variables a investigar.

## **3.2. Población y Muestra**

### **Población**

La población para fines de estudio estuvo constituida por los parámetros de Operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Aplao – Castilla – Arequipa.

### **Muestra**

La muestra estuvo conformada por los parámetros eléctricos, hidráulicos y mecánicos de los equipos en donde se verificó el estado en que se encontraban estos. Por otro lado la muestra también estuvo conformada por los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua residual en la cual se tomaron muestras tanto al ingreso como a la salida de la planta, en la que posteriormente fueron llevadas a un laboratorio acreditado por INACAL para el análisis respectivo. Una vez determinado los parámetros microbiológicos de las muestras, los resultados fueron comparados con los estándares de Calidad para el agua (ECA).

## **CAPITULO IV - TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION.**

### **4.1. Técnicas de recolección de Datos.**

Se utilizaron como técnicas los procedimientos de mantenimiento, toma de parámetros hidráulicos, eléctricos y mecánicos, procedimientos de operación y proceso de la planta, así como el recojo de muestras del agua residual antes y después del tratamiento.

### **4.2. Instrumentos de Recolección de Datos.**

Para la recolección de información se recurrió a la Empresa que efectuó la construcción e implementación de la PTAR Aplao. Además se visitó la misma planta en la cual se tomaron las muestras de agua residual tanto al ingreso como a la salida de la PTAR, las cuales se depositaron en recipientes esterilizados y que fueron entregados por un laboratorio acreditado por INACAL para el análisis de las muestras, de las que se evaluaron los parámetros de DBO, TSS, OD, Coliformes Fecales y Totales, las cuales fueron analizados para verificar su concentración bacteriológica. Posteriormente se efectuó la toma de parámetros hidráulicos, eléctricos y mecánicos a los equipos que intervienen en el proceso de tratamiento de las aguas servidas. Estas se realizaron con instrumentos de medición electromecánicos como pinza amperimétrica, megómetro, multímetro, analizador de redes, manómetros, caudalímetros y vibrómetro.

Todos los sujetos de la presente investigación fueron informados acerca del propósito principal de la investigación, obteniéndose el consentimiento

informado para participar en el estudio, para ello se solicitó la colaboración de los trabajadores de la PTAR – Aplao.

#### **4.3. Técnicas de Procesamiento, Análisis e Interpretación de Resultados.**

La información fue procesada en ambiente Windows, utilizando los software de AutoCAD, SPSS, Word, Excel, en la que se procedió a la comprobación de datos, organización sistemática, codificación y tabulación de la información en las que se presentaron a través de tablas, gráficos y esquemas el cual nos ayudó a la presentación, procesamiento adecuado y a la aplicación de las pruebas estadísticas apropiadas para la contrastación de las hipótesis con el fin de responder al problema del estudio y cumplir con los objetivos de la investigación.

## **CAPITULO V - CONTRASTACION DE HIPOTESIS.**

### **En cuanto a la hipótesis específica 1:**

**Ho1:** No es significativamente aceptable el mantenimiento de los equipos para el tratamiento de las aguas residuales en el distrito de Aplao – Castilla - Arequipa – 2018.

**Ha1:** Es significativamente aceptable el mantenimiento de los equipos para el tratamiento de las aguas residuales en el distrito de Aplao – Castilla - Arequipa – 2018.

### **Decisión y Conclusión:**

De acuerdo a las hipótesis para la aplicación de un adecuada propuesta de mantenimiento a los equipos, entonces se rechaza la Ho1; en tanto se demuestra que existen factores asociados a la aplicación de un adecuada propuesta de mantenimiento a los equipos electromecánicos la cual influye significativamente en el tratamiento de las aguas residuales en el Distrito de Aplao – Castilla - Arequipa - 2018, entre los que destacan son los siguientes:

- Monitoreo de los parámetros de operación de los equipos.
- Operación de los equipos por personal calificado y capacitado.

- Ejecución de una adecuada propuesta de mantenimiento preventivo-predictivo y mantenimiento correctivo.

**En cuanto a la hipótesis específica 2:**

**Ho2:** No es significativamente eficiente la calidad del tratamiento de las aguas residuales en el distrito de Aplao – Castilla - Arequipa – 2018

**Ha2:** Es significativamente eficiente la calidad del tratamiento de las aguas residuales en el distrito de Aplao – Castilla - Arequipa - 2018.

**Decisión y Conclusión:**

De acuerdo a las hipótesis para la aplicación de un eficiente proceso de tratamiento, entonces se rechaza la Ho2; en tanto se demuestra que existen factores asociados a la aplicación de un eficiente proceso el cual interviene en el tratamiento de las aguas residuales en el Distrito de Aplao – Castilla - Arequipa – 2018, entre lo que destaca lo siguiente:

- El agua tratada cumple los límites máximos permisibles de los ECA para agua según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.
- Capacitación constantemente a los operadores de la Planta para efectuar una adecuada operación, monitoreo y mantenimiento de la PTAR.

- Cumplimiento de los cronogramas de mantenimiento preventivo-predictivo y mantenimiento correctivo de los equipos de la planta para asegurar el buen desempeño y prolongar la vida útil de estos, evitando sobrecostos y desbalances en la Producción de la Planta.

### **Decisión y Conclusión General:**

Tomando en cuenta las decisiones y conclusiones obtenidas con las hipótesis específicas entonces podemos confirmar la existencia de un conjunto de factores vinculados, los cuales influyen significativamente con la calidad del tratamiento de las aguas residuales en el Distrito de Aplao - Castilla - Arequipa – 2018.

## **CAPITULO VI - PRESENTACION, INTERPRETACION Y DISCUSION DE RESULTADOS.**

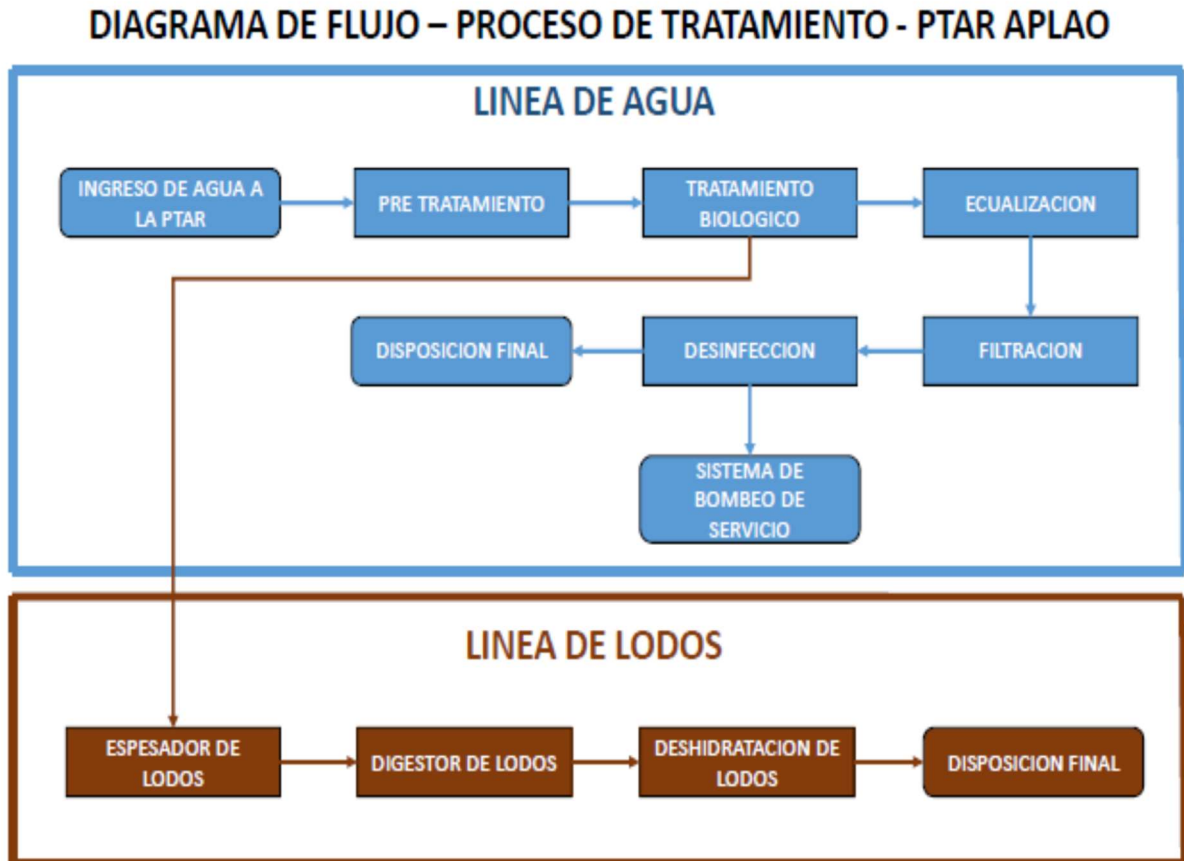
### **6.1. Presentación e Interpretación de resultados**

En el año 2010 se inició la construcción e implementación de la Planta de tratamiento de Aguas residuales en el Distrito de Aplao, Provincia de Castilla, Región Arequipa con el fin de evitar la contaminación de las cuencas de los ríos Majes y Camaná y a su vez utilizar el agua tratada para el riego de cultivos. El servicio de alcantarillado de Aplao cuenta actualmente con 1,528 conexiones domiciliarias que drenan sus aguas servidas a la red de colectores conformada por 2,830 mt de tuberías de Concreto Simple Normalizado con DN 200mm de red primaria. Asimismo, tiene una red secundaria compuesta por 11,258 mt de tuberías con diámetros que van de DN 50mm a DN 100mm. El sistema funciona por gravedad y cuenta con 420 buzones de inspección. Las aguas servidas son evacuadas mediante un emisor de 2,050 mt con tuberías de CSN DN 200mm con capacidad para evacuar hasta 64 l/s. El Caudal de las aguas servidas emitidas por toda la población de Aplao hacia la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad al año 2018 fue de 2400 m<sup>3</sup>/día, por lo que esta planta trata aprox. 27.7 l/s de agua residual, de los que se tomó varias muestras representativas de estas aguas para el análisis de parámetros de las aguas residuales, las cuales fueron consideradas para el presente estudio, con la finalidad de determinar la frecuencia y las características de la calidad del agua destinada para vertimiento a cuerpos naturales de agua y para el riego de vegetales en

el Distrito de Aplao. Cabe precisar que antes de realizar la presente investigación, el equipamiento electromecánico de la PTAR no ha recibido ningún mantenimiento correctivo. El único mantenimiento existente efectuado por el personal operador de la PTAR era un mantenimiento predictivo (detectar posibles fallas y defectos de los equipos) pero sin efectuar acciones correctivas de mayor complejidad. Además se pudo verificar que estos procedimientos aplicados por los trabajadores no eran los adecuados ya que eran ambiguos y simples. Posteriormente se verifico los trabajos de operación y monitoreo de los parámetros de funcionamiento de los equipos electromecánicos. Para el procesamiento de datos se empleó información asociada al equipamiento de la PTAR los cuales detalla las especificaciones técnicas de los Equipos, la función específica de cada uno, los tipos de mantenimiento y las propuestas como alternativas de mejoras en los procedimientos de mantenimiento los cuales repercuten en el Proceso y la Eficiencia del Tratamiento de las Aguas Servidas.

### 6.1.1. Factores Asociados

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Aplao cuenta con la siguiente configuración:



#### a) Línea de Agua

- **Ingreso a la PTAR:** La tubería de impulsión del colector de Aplao que transporta las aguas crudas es de DN=300mm e ingresa a la estación de bombeo que está equipada con 2 bombas sumergibles y de ahí el fluido es bombeado hacia el Canal Parshall. Se ha dispuesto allí una cámara con válvulas de 300mm (2 unidades) que sirven para el ingreso y by-pass general de la planta de tratamiento, de modo que cuando se cierra la válvula de ingreso y se apertura la de by-pass, las aguas vierten hacia el by-pass

aislando toda la planta de tratamiento. El diámetro del colector de ingreso se ha determinado a DN=200mm ya que es lo recomendado para el caudal de diseño de la planta de tratamiento así mismo este diámetro facilita la instalación de la tubería en el canal de ingreso ya que diámetros mayores dificulta el diseño estructural del muro de ingreso.

**- Pre tratamiento:** Las aguas crudas pasan en primer lugar hacia un canal para uniformizar el caudal y no generar resaltos antes del ingreso al canal Parshall. Posteriormente las aguas pasan por un canal con reja manual de platinas de 1/4" x 1-1/2" de Acero inoxidable C-304 con 25mm de separación entre barras, donde son retenidos sólidos de tamaño medio, los cuales también deben ser extraídos para no dañar los equipos que se encuentran instalados posterior a estas rejillas. Se ha dispuesto un canal paralelo, también con reja manual, para el caso en que se obstruya la reja principal por falta de limpieza oportuna. Los sólidos son extraídos manualmente con la ayuda de un rastrillo, y pueden ser vertidos en el contenedor del equipo compacto dependiendo de la naturaleza del residuo. Finalmente, las aguas pasan a través de equipos que se encargan de remover los elementos en suspensión (fibras, semillas, etc.), la arena y las grasas respectivamente. El Tamiz fino retiene sólidos de 6mm y además cuenta con un dispositivo que retire los residuos, los lave, los preense para que finalmente sean dispuestos en un contenedor. El desarenador puede sedimentar el 90% de las arenas de tamaño superior a 0,2mm, las cuales son recolectadas, trasladadas, lavadas por un dispositivo y retiradas hasta su disposición en un contenedor. Se

considera un dispositivo que permita flotar las grasas en la superficie del espejo de agua y finalmente puedan ser evacuadas y dispuestas en un contenedor. De esta forma todos los sólidos de gran tamaño y las sustancias que puedan generar interferencias son removidos y almacenados para su disposición final. La disposición final de estos sólidos, será enviándolos a un relleno sanitario. El agua, después de pasar por estas unidades, es dirigida hacia una cámara de distribución que reparte el caudal a los estanques reactores a través de vertederos de igual ancho y cota de umbral. En dicha cámara se ha dispuesto también un by pass de toda la planta en caso hubiera ingreso de caudal superior al de diseño. Para permitir el lavado en la zona de los contenedores, se han dispuesto rejillas de piso conectadas al sistema de recolección de agua residual interior de la planta, las cuales llegarán hasta la planta elevadora de aguas residuales interior.

- **Tratamiento Biológico:** Está conformado por dos estanques de concreto armado. El objetivo de estas unidades es el tratamiento biológico de las aguas residuales. En estas unidades las aguas servidas que entran continuamente (en promedio 27.70 l/s para 2 estanques, es decir 13.75 l/s por estanque), son aireadas, sedimentadas y finalmente evacuadas en periodos de tiempo controlados por un PLC. Este sistema cuenta con 02 reactores biológicos donde se realiza el sistema de aireación extendida por ciclos intermitentes el cual permite remover la carga orgánica. El aire es introducido por difusores de burbuja fina. Hay 2 (1+1) sopladores que envían

el aire a través de tuberías de acero inoxidable AISI 304 Sch 10 de 250mm de diámetro hacia cada reactor biológico, y tuberías del mismo material, pero de 200mm de diámetro hacia la zona donde están distribuidos los difusores. En el interior de cada estanque está el decantador mecánico, que permite evacuar el agua decantada o clarificada, este decantador deberá tener la capacidad de evacuar el agua clarificada a medida que baja el nivel dentro del tanque.

Cada estanque contara con una bomba de lodos sumergible, la cual evacuará el lodo sedimentado desde el fondo y lo enviará hacia el Tanque Espesador (o hacia el tanque digestor si es que el espesador se encontrase fuera de servicio).

El agua entra continuamente a cada una de estas unidades, y sale en períodos de tiempo predefinidos del orden de 45 minutos hasta 1 hora (decanter). Hay períodos de tiempo en que ninguno de los estanques está entregando agua (p.ej. ambos están en aireación, o uno en aireación y el otro en sedimentación). Es decir, el agua sale en pulsos desde los reactores biológicos, con caudales mayores que los de entrada (hasta 130 l/s).

**- Ecuación:** este sistema tiene como objetivo igualar o ecualizar los flujos y evitar el impacto en los procesos principalmente por la alteración de la hidráulica. La ubicación lógica de este tanque de ecualización es seguida del pre-tratamiento, aunque no siempre esto es posible. Este sistema contara con dos bombas sumergibles para la evacuación del fluido.

- **Filtración:** El sistema de filtración de disco ROTADISC tiene como objetivo retener las partículas se quedan en la malla y estas descienden por el efecto de la gravedad. Con el tiempo la malla se va colmatando. Esa colmatación provoca un aumento de la pérdida de la carga. Cuando se alcanza la diferencia de presión máxima prefijada, se inicia el ciclo de retrolavado. Mientras los discos giran lentamente, unas boquillas proyectan agua contra la malla, arrastrando los sólidos a una tolva situada en el centro del equipo. El propio filtrado bombeado mediante una bomba instalada en la salida del filtro puede utilizarse como agua de lavado. La filtración continúa durante el ciclo del lavado.

- **Desinfección:** el sistema de desinfección cuenta con un equipo UV que se encuentra expuesto ya que trabaja en contacto con el agua, y está constituido por lámparas que transmiten los rayos UV, sensor de nivel y un vertedero de salida para el agua desinfectada. La función de este sistema es neutralizar los microorganismos bacteriológicos instantáneamente cuando estos pasan a través de las lámparas sumergidas en el efluente. La estructura que soporta al equipo es totalmente de concreto armado. Así mismo se cuenta con una compuerta de accionamiento manual de acero inoxidable de DN=400mm ubicada al ingreso que sirve en caso se quiera aislar el equipo. Esta compuerta conecta con la descarga de la planta.

- **Sistema de Bombeo de Servicio:** Esta unidad tiene por objeto captar agua tratada y desinfectada desde la salida de la cámara UV, y presurizarla para

que esté disponible en una red húmeda. La red permite llevar agua limpia a algunos equipos que la requieren para proceso, además de permitir el lavado de unidades. Se estimó como caudal más probable 0.5 l/s, que corresponde a la demanda para el sistema de la centrífuga. Es posible además considerar el lavado simultáneo de alguna unidad, lo que significa absorber una demanda de 1.2 l/s. Considerando también que el punto más lejano se encuentra a 85m. Para el caso se ha dispuesto un sistema de bombeo a presión constante gobernado por un sensor de presión y donde los arranque y paradas dependerán de la demanda ósea del abrir y cerrar de los caños, el volumen total del tanque de almacenamiento de agua tratada sería de 2,800 lts, con dos bombas en un sistema (1+1). En vista de lo anterior, se adoptó un sistema en base a equipos de bombeo controlados con un sensor de presión que accionaría el funcionamiento de las bombas cuando detectara una caída de presión en el sistema.

#### **b) Línea de Lodos**

- **Espesador de lodos:** Es un tanque de concreto armado. El objeto de esta unidad es concentrar (o espesar) el lodo sedimentado que es extraído desde el fondo de los estanques reactores biológicos con una concentración del orden de 0,85%. El estanque ha sido diseñado para las necesidades de tratamiento establecidas. El lodo vuelve a sedimentar en esta unidad concentrándose en el fondo hasta concentraciones del orden de 2 %, para ser enviado a un estanque de almacenamiento. El sobrenadante sale por un vertedero perimetral y se evacua hacia la red de alcantarillado interior.

- **Digestor de lodos:** Es un estanque de concreto armado. El objeto de esta unidad es almacenar el lodo espesado (concentración del orden de 2 %) previo a su deshidratación en la centrífuga. El almacenamiento es requerido debido a que la centrífuga opera solo durante la jornada laboral. Para evitar molestias ambientales el lodo se mantiene aireado a través de difusores instalados en el fondo del tanque. El estanque ha sido diseñado para las necesidades de tratamiento.

- **Deshidratación de Lodos:** este sistema cuenta con lo siguiente:

- Las bombas de alimentación de la centrífuga, que reciben lodo desde el estanque de almacenamiento, o directamente desde el espesador.
- Las bombas de trasvase de lodos desde el espesador al estanque de almacenamiento.
- El equipo de preparación de polímeros, el cual es necesario para aumentar la eficiencia de deshidratación.
- El tornillo de transporte de lodos deshidratados hasta los contenedores o tolva de camión. Cabe mencionar que estos lodos serán evacuados a su disposición final ya que no son aptos para reusó excepto previo compostaje.
- El decantador centrífugo tiene como función separar el agua de los lodos. El agua producto de la deshidratación sale de la centrífuga y cae por tuberías de PVC hasta una cámara junto al edificio, y desde

allí sale en tubería de PVC hacia la red de alcantarillado interior de la planta.

Los lodos deshidratados caen desde la centrífuga por una manga hacia el tornillo transportador, el cual transporta los lodos hasta los contenedores o la tolva de un camión. La disposición final de los lodos será enviarlos a un relleno sanitario ya que estos no se encuentran preparados para ser usados como abono. Las bombas de lodo son del tipo de tornillo (desplazamiento positivo), en configuración 1+1. Se han dispuesto en el 1er piso del edificio para facilitar la operación y mantención. Se han dejado conexiones para permitir el lavado de las líneas de lodo hacia el espesador, hacia el estanque de acumulación, y hacia la centrífuga. El lavado se realiza con agua de proceso que entrará al edificio por medio de una conexión de agua cercana.

#### **6.1.2. Descripción, especificaciones técnicas y situación de los equipos electromecánicos antes, durante y después de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

Esta investigación se enfocó en el estudio, análisis y diagnóstico de todos los equipos de la línea de agua de la PTAR. A continuación, se detalla la descripción, especificaciones técnicas, la situación de los equipos antes, durante y después del mantenimiento, así como las propuestas de mejora para el mantenimiento de estos equipos. Cabe precisar que durante este estudio, la etapa del mantenimiento preventivo-predictivo y correctivo a los equipos de la PTAR se efectuó del 14 de junio del 2018 al 02 de julio del 2018 en la cual se detalla las siguientes actividades:

**LÍNEA DE AGUA**  
**INGRESO A LA PTAR**

**Tabla 1**

**Situación antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

<b>Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO INGRESO A LA PTAR</b>			
<b>Equipos - Especificaciones Técnicas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Estado en la que se encontro los equipos. (Antes de efectuar las propuestas de Mantenimiento)</b>	<b>Datos de operación (Antes de efectuar las propuestas de Mantenimiento)</b>
Bombas sumergibles Marca Flygt Modelo KP.1315.180,SH, C.265, 6.5 HP, 220/380/440V, 60Hz, I: 11.6 A Caudal: 25 l/s; ADT: 5 Mts	02 Unid	Se encontro la electrobomba sumergible N° 1 inoperativa. Posible atascamiento del impulsor. La segunda bomba se encontro operando con el parametro de corriente por encima del valor nominal del equipo.	<u>Bomba 1:</u> El equipo se encontro inoperativo <u>Bomba 2:</u> I: 13 A L1-T: 20 MΩ L2-T: 18 MΩ L3-T: 19 MΩ V: 382 V Q: 21 l/s P: 8.2 psi

En la tabla 1 se observa la situación en la que se encontraron los equipos del ingreso a la PTAR con el detalle de los datos de operación antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.

**Tabla 2**

**Situación durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.**

Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO			
INGRESO A LA PTAR			
Equipos - Especificaciones Técnicas	Cantidad	Propuesta de Mantenimiento Preventivo - Predictivo Inspecciones realizadas (Actividades efectuadas)	Propuesta de Mantenimiento Correctivo Acciones realizadas (Actividades efectuadas)
Bombas sumergibles Marca Flygt Modelo KP.1315.180,SH, C.265, 6.5 HP, 220/380/440V, 60Hz, I: 11.6 A Caudal: 25 l/s; ADT: 5 Mts	02 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion de aislamiento.</li> <li>- Inspeccion del impulsor.</li> <li>- Inspeccion de Rodamientos.</li> <li>- Se verifico el encendido del equipo.</li> <li>- Inspeccion de corriente de Operación.</li> <li>- Inspeccion del voltaje de alimentacion.</li> <li>- Inspeccion del caudal de bombeo.</li> <li>- Inspeccion de la presion de bombeo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recuperar aislamiento.</li> <li>- Cambio de rodamientos.</li> <li>- Cambio de kit Basico (Oring, sellos)</li> <li>- Metalizado del eje.</li> <li>- Cambio de aceite.</li> </ul>

En la tabla 2 se observa la situación de los equipos del ingreso a la PTAR durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.

**Tabla 3**

**Situación después de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO			
INGRESO A LA PTAR			
Equipos - Especificaciones Técnicas	Cantidad	Estado de los equipos (Después de aplicar los mantenimientos respectivos)	Datos de operación (Después de aplicar los mantenimientos respectivos)
Bombas sumergibles Marca Flygt Modelo KP.1315.180,SH, C.265, 6.5 HP, 220/380/440V, 60Hz, I: 11.6 A Caudal: 25 l/s; ADT: 5 Mts	02 Unid	Se dejó ambos equipos en óptimas condiciones y operativos. Estos equipos cumplen con los parámetros nominales de operación según su diseño. Según necesidad de la planta estos equipos operan alternadamente bombeando todo el flujo hacia el equipo de tratamiento preliminar.	<u>Bomba 1:</u> I: 11.4 A L1-T: 205 MΩ L2-T: 210 MΩ L3-T: 220 MΩ V: 380 V Q: 24.5 l/s P: 7.1 psi <u>Bomba 2:</u> I: 11.5 A L1-T: 209 MΩ L2-T: 204 MΩ L3-T: 206 MΩ V: 381 V Q: 24.8 l/s P: 7.0 psi

En la tabla 3 se observa la situación de los equipos del ingreso a la PTAR después de ejecutar las propuestas de mantenimiento.

## PRE TRATAMIENTO

**Tabla 4**

**Situación antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

<b>Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO</b>			
<b>Pre-Tratamiento</b>			
<b>Equipos - Especificaciones Técnicas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Estado en la que se encontró los equipos. (Antes de efectuar las propuestas de Mantenimiento)</b>	<b>Datos de operación (Antes de efectuar las propuestas de Mantenimiento)</b>
- Medidor de Flujo para canal parshall - ULTRASONIC FLOW CONVERTER Marca MJK, Modelo 713U-1121 W/SENSOR 200580	01 Unid	Se encontró el equipo operativo. Presenta polvo dentro del convertidor. El sensor se encuentra en buen estado.	- Sensado del Caudal: 20.5 l/s - Voltaje de alimentación: 220 V
- Motor de Tamiz - Equipo Compacto, Marca Siemens 1.0 HP, IP 55, I: 2 A Clase F 220/380/440V, 60Hz	01 Unid	Se encontró humedad en las borneras de conexión del equipo. El equipo tiene el parámetro de corriente por encima del valor nominal.	I: 2.5 A L1-T: 50 MΩ L2-T: 45 MΩ L3-T: 48 MΩ V: 382 V
- Motoreductor de Tamiz Equipo Compacto Marca Varvel	01 Unid	Se encontró el equipo en buenas condiciones y operando de manera normal.	Vibración: 1.1 mm/s
- Motor de Desarenador Vertical - Equipo Compacto, Marca Siemens, 0.75 HP, IP 55, Clase F 220/380/440V, 60Hz I: 1.6 A	01 Unid	Se encontró humedad en las borneras de conexión del equipo. El equipo tiene el parámetro de corriente por encima del valor nominal.	I: 1.8 A L1-T: 30 MΩ L2-T: 35 MΩ L3-T: 32 MΩ V: 381 V
- Motoreductor Desarenador Vertical - Equipo Compacto	01 Unid	Se encontró el equipo en buenas condiciones y operando de manera normal.	Vibración: 1.0 mm/s
- Motor Desarenador Horizontal - Equipo Compacto, Marca Siemens, 0.75 HP, IP 55, Clase F I: 1.6 A 220/380/440V, 60Hz	01 Unid	Se encontró humedad en las borneras de conexión del equipo. El equipo tiene el parámetro de corriente por encima del valor nominal.	I: 1.7 A L1-T: 30 MΩ L2-T: 35 MΩ L3-T: 32 MΩ V: 381 V

- Motoreductor Desarenador Horizontal - Equipo Compacto Marca Varvel	01 Unid	Se encontro el equipo en buenas condiciones y operando de manera normal.	Vibracion: 1.2 mm/s
- Motor desengrasador - Equipo Compacto, Marca Siemens 0.5 HP, IP 55, Clase F I: 1.2 A 220/380/440V,60Hz	01 Unid	Se encontro humedad en las borneras de conexión del equipo. El equipo tiene el parametro de corriente por encima del valor nominal.	I: 1.3 A L1-T: 80 MΩ L2-T: 75 MΩ L3-T: 78 MΩ V: 379 V
- Motoreductor desengrasador - Equipo Compacto Marca Varvel	01 Unid	Se encontro el equipo en buenas condiciones y operando de manera normal.	Vibracion: 0.9 mm/s

En la tabla 4 se observa la situación en la que se encontraron los equipos del pre tratamiento de la PTAR con el detalle de los datos de operación antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.

**Tabla 5**

**Situación durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.**

Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO			
Pre-Tratamiento			
Equipos - Especificaciones Técnicas	Cantidad	Propuesta de Mantenimiento Preventivo - Predictivo Inspecciones realizadas (Actividades efectuadas)	Propuesta de Mantenimiento Correctivo Acciones realizadas (Actividades efectuadas)
Medidor de Flujo para canal parshall - ULTRASONIC FLOW CONVERTER Marca MJK, Modelo 713U-1121 W/SENSOR 200580	01 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion de Tarjeta Electronica.</li> <li>- Verificar encendido del equipo.</li> <li>- Inspeccion de Voltaje de alimentacion.</li> <li>- Reajuste de borneras de conexión.</li> <li>- Limpieza del sensor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambio o reparacion del Sensor.</li> <li>- Cambio o reparacion de la tarjeta electronica.</li> </ul>
Motor de Tamiz - Equipo Compacto, Marca Siemens 1.0 HP, IP 55, I: 2 A Clase F 220/380/440V,60Hz	01 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion de aislamiento.</li> <li>- Inspeccion de Rodamientos.</li> <li>- Verificar encendido del equipo.</li> <li>- Inspeccion de corriente de Operación.</li> <li>- Inspeccion del voltaje de alimentacion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recuperar aislamiento.</li> <li>- cambio de rodamientos.</li> <li>- Metalizado del eje.</li> </ul>
Motoreductor de Tamiz Equipo Compacto Marca Varvel	01 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion de rodamientos.</li> <li>- Inspeccion de Retenes.</li> <li>- Inspeccion de Aceite.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambio de rodamientos.</li> <li>- Cambio de retenes.</li> <li>- Cambio de aceite.</li> </ul>
Motor de Desarenador Vertical - Equipo Compacto, Marca Siemens, 0.75 HP, IP 55, Clase F 220/380/440V,60Hz I: 1.6 A	01 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion de aislamiento.</li> <li>- Inspeccion de Rodamientos.</li> <li>- Verificar encendido del equipo.</li> <li>- Inspeccion de corriente de Operación.</li> <li>- Inspeccion del voltaje de alimentacion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recuperar aislamiento.</li> <li>- cambio de rodamientos.</li> <li>- Metalizado del eje.</li> </ul>
Motoreductor Desarenador Vertical - Equipo Compacto	01 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion de rodamientos.</li> <li>- Inspeccion de Retenes.</li> <li>- Inspeccion de Aceite.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambio de rodamientos.</li> <li>- Cambio de retenes.</li> <li>- Cambio de aceite.</li> </ul>
Motor Desarenador Horizontal - Equipo Compacto, Marca Siemens, 0.75 HP, IP 55, Clase F I:1.6 A 220/380/440V,60Hz	01 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion de aislamiento.</li> <li>- Inspeccion de Rodamientos.</li> <li>- Verificar encendido del equipo.</li> <li>- Inspeccion de corriente de Operación.</li> <li>- Inspeccion del voltaje de alimentacion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recuperar aislamiento.</li> <li>- Cambio de rodamientos.</li> <li>- Metalizado del eje.</li> </ul>

Motoreductor Desarenador Horizontal - Equipo Compacto Marca Varvel	01 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion de rodamientos.</li> <li>- Inspeccion de Retenes.</li> <li>- Inspeccion de Aceite.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambio de rodamientos.</li> <li>- Cambio de retenes.</li> <li>- Cambio de aceite.</li> </ul>
Motor desengrasador - Equipo Compacto, Marca Siemens 0.5 HP, IP 55, Clase F I: 1.2 A 220/380/440V,60Hz	01 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion de aislamiento.</li> <li>- Inspeccion de Rodamientos.</li> <li>- Verificar encendido del equipo.</li> <li>- Inspeccion de corriente de Operación.</li> <li>- Inspeccion del voltaje de alimentacion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recuperar aislamiento.</li> <li>- cambio de rodamientos.</li> <li>- Metalizado del eje.</li> </ul>
Motoreductor desengrasador - Equipo Compacto Marca Varvel	01 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion de rodamientos.</li> <li>- Inspeccion de Retenes.</li> <li>- Inspeccion de Aceite.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambio de rodamientos.</li> <li>- Cambio de retenes.</li> <li>- Cambio de aceite.</li> </ul>

En la tabla 5 se observa la situación de los equipos del pre tratamiento de la PTAR durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.

**Tabla 6**

**Situación después de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO			
Pre-Tratamiento			
Equipos - Especificaciones Técnicas	Cantidad	Estado de los equipos (Después de aplicar los mantenimientos respectivos)	Datos de operación (Después de aplicar los mantenimientos respectivos)
Medidor de Flujo para canal parshall - ULTRASONIC FLOW CONVERTER Marca MJK, Modelo 713U-1121 W/SENSOR 200580	01 Unid	Se dejó el equipo operativo y en óptimas condiciones para su funcionamiento. El sensado del equipo es más preciso referente a las lecturas del caudal.	- Sensado del Caudal: 24.5 l/s - Voltaje de alimentación: 220 V
Motor de Tamiz - Equipo Compacto, Marca Siemens 1.0 HP, IP 55, I: 2 A Clase F 220/380/440V,60Hz	01 Unid	Se dejó el equipo operativo y en óptimas condiciones para su funcionamiento. El equipo opera dentro de sus parámetros nominales de operación según su diseño.	I: 1.9 A L1-T: 150 MΩ L2-T: 160 MΩ L3-T: 155 MΩ V: 381 V
Motoreductor de Tamiz Equipo Compacto Marca Varvel	01 Unid	Se dejó el equipo operativo y en óptimas condiciones para su funcionamiento. El equipo opera dentro de sus parámetros nominales de operación según su diseño.	Vibración: 0.9 mm/s
Motor de Desarenador Vertical - Equipo Compacto, Marca Siemens, 0.75 HP, IP 55, Clase F 220/380/440V,60Hz I: 1.6 A	01 Unid	Se dejó el equipo operativo y en óptimas condiciones para su funcionamiento. El equipo opera dentro de sus parámetros nominales de operación según su diseño.	I: 1.5 A L1-T: 145 MΩ L2-T: 142 MΩ L3-T: 146 MΩ V: 381 V
Motoreductor Desarenador Vertical - Equipo Compacto	01 Unid	Se dejó el equipo operativo y en óptimas condiciones para su funcionamiento. El equipo opera dentro de sus parámetros nominales de operación según su diseño.	Vibración: 0.9 mm/s
Motor Desarenador Horizontal - Equipo Compacto, Marca Siemens, 0.75 HP, IP 55, Clase F I:1.6 A 220/380/440V,60Hz	01 Unid	Se dejó el equipo operativo y en óptimas condiciones para su funcionamiento. El equipo opera dentro de sus parámetros nominales de operación según su diseño.	I: 1.45 A L1-T: 180 MΩ L2-T: 182 MΩ L3-T: 184 MΩ V: 381 V

Motoreductor Desarenador Horizontal - Equipo Compacto Marca Varvel	01 Unid	Se dejo el equipo operativo y en optimas condiciones para su funcionamiento. El equipo opera dentro de sus parametros nominales de operacion según su diseño.	Vibracion: 1.0 mm/s
Motor desengrasador - Equipo Compacto, Marca Siemens 0.5 HP, IP 55, Clase F I: 1.2 A 220/380/440V,60Hz	01 Unid	Se dejo el equipo operativo y en optimas condiciones para su funcionamiento. El equipo opera dentro de sus parametros nominales de operacion según su diseño.	I: 1.1 A L1-T: 195 MΩ L2-T: 194 MΩ L3-T: 192 MΩ V: 380 V
Motoreductor desengrasador - Equipo Compacto Marca Varvel	01 Unid	Se dejo el equipo operativo y en optimas condiciones para su funcionamiento. El equipo opera dentro de sus parametros nominales de operacion según su diseño.	Vibracion: 0.8 mm/s

En la tabla 6 se observa la situación de los equipos del pre tratamiento de la PTAR después de ejecutar las propuestas de mantenimiento.

## TRATAMIENTO BIOLÓGICO

**Tabla 7**

**Situación antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO Tratamiento Biológico			
Equipos - Especificaciones Técnicas	Cantidad	Estado en la que se encontró los equipos. (Antes de efectuar las propuestas de Mantenimiento)	Datos de operación (Antes de efectuar las propuestas de Mantenimiento)
<p>Soplador de Lobulos Rotativos Marca Silenpak SUTORBIT GD MOD 6M 5S, 40 HP, 220/380/440V,60Hz, 1750 RPM I:60 A Caudal : 1040 Nm<sup>3</sup>/h Presión : 53.8 Kpa</p>	<p>02 Unid</p>	<p>Se encontro ambos equipos operativos. El Soplador N° 2 requiere de cambio de faja. Los equipos tienen el parametro de corriente por encima del valor nominal.</p>	<p><u>Soplador 1:</u> I: 62 A L1-T: 950 MΩ L2-T: 940 MΩ L3-T: 930 MΩ V: 385 V Vibración: 1.8 mm/s Q: 1004 Nm<sup>3</sup>/h P: 51 Kpa <u>Soplador 2:</u> I: 61 A L1-T: 900 MΩ L2-T: 920 MΩ L3-T: 910 MΩ V: 384 V Vibración: 1.9 mm/s Q: 1008 Nm<sup>3</sup>/h P: 45 Kpa</p>
<p>Motor - Decantadores, Marca Siemens 0.34 HP, IP 55, Clase F 220/380/440V,60Hz I: 0.8 A</p>	<p>02 Unid</p>	<p>Se encontro humedad en las borneras de conexión del equipo. Los equipos tienen el parametro de corriente por encima del valor nominal.</p>	<p><u>Motor 1:</u> I: 0.9 A L1-T: 102 MΩ L2-T: 105 MΩ L3-T: 106 MΩ V: 381 V <u>Motor 2:</u> I: 0.88 A L1-T: 102 MΩ L2-T: 105 MΩ L3-T: 106 MΩ V: 381 V</p>
<p>Motoreductor decantadores - Marca Varvel Mecanismo de Decantacion</p>	<p>02 Unid</p>	<p>Se encontro el equipo en buenas condiciones.</p>	<p><u>Motoreductor 1:</u> Vibración: 1.3 mm/s <u>Motoreductor 2:</u> Vibración: 1.2 mm/s</p>

Bombas de lodos Marca Flygt CP 3045 HT, 3.0 HP 220/380/440V,60Hz Caudal: 7.8 l/s ADT: 5.6 mts I: 5.9 A	02 Unid	Ambas bombas se encontraron operando con los parametros de corriente por encima de los valores nominales del equipo.	<u>Bomba 1:</u> I: 7.2 A L1-T: 55 MΩ L2-T: 45 MΩ L3-T: 48 MΩ V: 383 V Q: 6.0 l/s P: 7.2 psi <u>Bomba 2:</u> I: 7.6 A L1-T: 20 MΩ L2-T: 18 MΩ L3-T: 19 MΩ V: 382 V Q: 6.1 l/s P: 7.5 psi
Boyas de Nivel ENM-10 Marca Flygt (Contacto seco)	02 Unid	Ambas boyas de nivel se encuentran operativas y en buen estado	<u>Boya 1:</u> Cierra y abre contacto 220 V. <u>Boya 2:</u> Cierra y abre contacto 220 V.
Sensores de Nivel LTU 401(4-20 mA)	02 Unid	Ambos transmisores de nivel se encuentran operativas y en buen estado.	<u>Sensor 1:</u> Sensado de 4-20 mA (10-30 vdc) Nivel: 4.71 Mts <u>Sensor 2:</u> Sensado de 4-20 mA (10-30 vdc) Nivel: 4.69 Mts
Sensores de OD, Marca MJK, incluye convertidor (4-20 mA)	02 Unid	Se encontro un sensor inoperativo. La tarjeta electronica del controlador se encontraba con polvo. El otro sensor funciona de manera normal.	<u>Sensor 1:</u> Inoperativo <u>Sensor 2:</u> Sensado de 4-20 mA (10-30 vdc) OD: 5mg/l
Sensores de SST, Marca MJK, incluye convertidor (4-20 mA)	02 Unid	Se encontro un sensor inoperativo. La tarjeta electronica del controlador se encontraba con polvo. El otro sensor funciona de manera normal.	<u>Sensor 1:</u> Sensado de 4-20 mA (10-30 vdc) SST: 24 mg/l <u>Sensor 2:</u> Inoperativo

En la tabla 7 se observa la situación en la que se encontraron los equipos del tratamiento biológico de la PTAR con el detalle de los datos de operación antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.

**Tabla 8**

**Situación durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.**

Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO Tratamiento Biológico			
Equipos - Especificaciones Técnicas	Cantidad	Propuesta de Mantenimiento Preventivo - Predictivo Inspecciones realizadas (Actividades efectuadas)	Propuesta de Mantenimiento Correctivo Acciones realizadas (Actividades efectuadas)
Soplador de Lobulos Rotativos Marca Silenpak SUTORBIT GD MOD 6M 5S, 40 HP, 220/380/440V,60Hz, 1750 RPM I:60 A Caudal : 1040 Nm3/h Presión : 53.8 Kpa	02 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion de aislamiento.</li> <li>- Inspeccion de Rodamientos.</li> <li>- Verificar encendido del equipo.</li> <li>- Inspeccion de la faja de transmision.</li> <li>- Inspeccion de poleas.</li> <li>- Inspeccion del aceite.</li> <li>- Inspeccion de corriente de Operación.</li> <li>- Inspeccion del voltaje de alimentacion.</li> <li>- Inspeccion de presion de salida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recuperar aislamiento.</li> <li>- Cambio de rodamientos.</li> <li>- Cambio de fajas.</li> <li>- Cambio de aceite.</li> </ul>
Motor - Decantadores, Marca Siemens 0.34 HP, IP 55, Clase F 220/380/440V,60Hz I: 0.8 A	02 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion de aislamiento.</li> <li>- Inspeccion de Rodamientos.</li> <li>- Verificar encendido del equipo.</li> <li>- Inspeccion de corriente de Operación.</li> <li>- Inspeccion del voltaje de alimentacion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recuperar aislamiento.</li> <li>- Cambio de rodamientos.</li> <li>- Metalizado del eje.</li> </ul>
Motoreductor decantadores - Marca Varvel Mecanismo de Decantacion	02 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion de rodamientos.</li> <li>- Inspeccion de Retenes.</li> <li>- Inspeccion de Aceite.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambio de rodamientos.</li> <li>- Cambio de retenes.</li> <li>- Cambio de aceite.</li> </ul>
Bombas de lodos Marca Flygt CP 3045 HT, 3.0 HP 220/380/440V,60Hz Caudal: 7.8 l/s ADT: 5.6 mts I: 5.9 A	02 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion de aislamiento.</li> <li>- Inspeccion del impulsor.</li> <li>- Inspeccion de Rodamientos.</li> <li>- Verificar encendido del equipo.</li> <li>- Inspeccion de corriente de Operación.</li> <li>- Inspeccion del voltaje de alimentacion.</li> <li>- Inspeccion del caudal de bombeo.</li> <li>- Inspeccion de la presion de bombeo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recuperar aislamiento.</li> <li>- Cambio de rodamientos.</li> <li>- Cambio de kit Basico (Oring, sellos).</li> <li>- Metalizado del eje.</li> <li>- Cambio de aceite.</li> </ul>
Boyas de Nivel ENM-10 Marca Flygt (Contacto seco)	02 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar el funcionamiento y/o accionamiento del sensor.</li> <li>- Reajuste de borneras de conexión.</li> <li>- Limpieza de los sensores.</li> </ul>	Cambio o reparacion del equipo (Si es que lo requiere).

Sensores de Nivel LTU 401(4-20 mA)	02 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar sensado y funcionamiento del equipo.</li> <li>- Inspeccion de Tarjeta Electronica.</li> <li>- Verificar encendido del equipo.</li> <li>- Inspeccion de Voltaje de alimentacion.</li> <li>- Reajuste de borneras de conexión.</li> <li>- Limpieza del sensor.</li> <li>- Limpieza de la tarjeta electronica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambio o reparacion del Sensor.</li> <li>- Cambio o reparacion de la tarjeta electronica.</li> </ul>
Sensores de OD, Marca MJK, incluye convertidor (4-20 mA)	02 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar sensado y funcionamiento del equipo.</li> <li>- Inspeccion de Tarjeta Electronica.</li> <li>- Verificar encendido del equipo.</li> <li>- Inspeccion de Voltaje de alimentacion.</li> <li>- Reajuste de borneras de conexión.</li> <li>- Limpieza del sensor.</li> <li>- Limpieza de la tarjeta electronica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambio o reparacion del Sensor.</li> <li>- Cambio o reparacion de la tarjeta electronica.</li> </ul>
Sensores de SST, Marca MJK, incluye convertidor (4-20 mA)	02 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar sensado y funcionamiento del equipo.</li> <li>- Inspeccion de Tarjeta Electronica.</li> <li>- Verificar encendido del equipo.</li> <li>- Inspeccion de Voltaje de alimentacion.</li> <li>- Reajuste de borneras de conexión.</li> <li>- Limpieza del sensor.</li> <li>- Limpieza de la tarjeta electronica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambio o reparacion del Sensor.</li> <li>- Cambio o reparacion de la tarjeta electronica.</li> </ul>

---

En la tabla 8 se observa la situación de los equipos del tratamiento biológico de la PTAR durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.

**Tabla 9**

**Situación después de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO Tratamiento Biológico			
Equipos - Especificaciones Técnicas	Cantidad	Estado de los equipos (Después de aplicar los mantenimientos respectivos)	Datos de operación (Después de aplicar los mantenimientos respectivos)
Soplador de Lobulos Rotativos Marca Silenpak SUTORBIT GD MOD 6M 5S, 40 HP, 220/380/440V,60Hz, 1750 RPM I:60 A Caudal : 1040 Nm3/h Presión : 53.8 Kpa	02 Unid	Se dejó ambos equipos en óptimas condiciones y operativos. Estos equipos cumplen con los parámetros nominales de operación según su diseño. Según necesidad de la planta estos equipos operan en simultáneo.	<u>Soplador 1:</u> I: 58.0 A L1-T: 1.2 GΩ L2-T: 1.3 GΩ L3-T: 1.1 GΩ V: 382 V Vibración: 1.2 mm/s Q: 1035 Nm3/h P: 53 Kpa <u>Soplador 2:</u> I: 57.0 A L1-T: 1.4 GΩ L2-T: 1.5 GΩ L3-T: 1.6 GΩ V: 381 V Vibración: 1.1 mm/s Q: 1038 Nm3/h P: 52.5 Kpa
Motor - Decantadores, Marca Siemens 0.34 HP, IP 55, Clase F 220/380/440V,60Hz I: 0.8 A	02 Unid	Se dejó el equipo operativo y en óptimas condiciones para su funcionamiento. El equipo opera dentro de sus parámetros nominales de operación según su diseño.	<u>Motor 1:</u> I: 0.75 A L1-T: 175 MΩ L2-T: 180 MΩ L3-T: 178 MΩ V: 380 V <u>Motor 2:</u> I: 0.77 A L1-T: 192 MΩ L2-T: 190 MΩ L3-T: 191 MΩ V: 381 V
Motoreductor decantadores - Marca Varvel Mecanismo de Decantación	02 Unid	Se dejó ambos equipos operativos y en óptimas condiciones para su funcionamiento. Los equipos operan dentro de sus parámetros nominales de operación según su diseño.	<u>Motoreductor 1:</u> Vibración: 1.1 mm/s <u>Motoreductor 2:</u> Vibración: 1.0 mm/s

Bombas de lodos Marca Flygt CP 3045 HT, 3.0 HP 220/380/440V,60Hz Caudal: 7.8 l/s ADT: 5.6 mts I: 5.9 A	02 Unid	Se dejo ambos equipos en optimas condiciones y operativos. Estos equipos cumplen con los parametros nominales de operación según su diseño. Según necesidad de la planta estos equipos operan en simultaneo bombeando todo el lodo hacia el espesador.	<u>Bomba 1:</u> I: 5.7 A L1-T: 350 MΩ L2-T: 351 MΩ L3-T: 349 MΩ V: 380 V Q: 7.7 l/s P: 7.8 psi <u>Bomba 2:</u> I: 5.6 A L1-T: 381 MΩ L2-T: 380 MΩ L3-T: 379 MΩ V: 381 V Q: 7.8 l/s P: 7.7 psi
Boyas de Nivel ENM-10 Marca Flygt (Contacto seco)	02 Unid	Ambas boyas de nivel se encuentran operativas y en buen estado.	<u>Boya 1:</u> Cierra y abre contacto 220 V. <u>Boya 2:</u> Cierra y abre contacto 220 V.
Sensores de Nivel LTU 401(4-20 mA)	02 Unid	Se dejo los equipos operativos y en optimas condiciones para su funcionamiento. El sensado del equipo es mas preciso referente al nivel de los tanques ICEAS.	<u>Sensor 1:</u> Sensado de 4-20 mA (10-30 vdc) Nivel: 4.90 Mts <u>Sensor 2:</u> Sensado de 4-20 mA (10-30 vdc) Nivel: 4.88 Mts
Sensores de OD, Marca MJK, incluye convertidor (4-20 mA)	02 Unid	Se dejo los equipos operativos y en optimas condiciones para su funcionamiento. El sensado del equipo es mas preciso referente al Oxigeno disuelto.	<u>Sensor 1:</u> Sensado de 4-20 mA (10-30 vdc) OD: 2.95 mg/l <u>Sensor 2:</u> Sensado de 4-20 mA (10-30 vdc) OD: 3.0 mg/l
Sensores de SST, Marca MJK, incluye convertidor (4-20 mA)	02 Unid	Se dejo los equipos operativos y en optimas condiciones para su funcionamiento. El sensado del equipo es mas preciso referente al Solidos suspendidos Totales.	<u>Sensor 1:</u> Sensado de 4-20 mA (10-30 vdc) TSS: 18.0 mg/l <u>Sensor 2:</u> Sensado de 4-20 mA (10-30 vdc) TSS: 17.8 mg/l

En la tabla 9 se observa la situación de los equipos del tratamiento biológico de la PTAR después de ejecutar las propuestas de mantenimiento.

## ECUALIZACION

**Tabla 10**

**Situación antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO Ecuación			
Equipos - Especificaciones Técnicas	Cantidad	Estado en la que se encontró los equipos. (Antes de efectuar las propuestas de Mantenimiento)	Datos de operación (Antes de efectuar las propuestas de Mantenimiento)
Bombas sumergibles Marca Flygt Modelo NP 3102.160 MT, 3.0 HP, 220/380/440V, 60Hz, 1695 RPM Caudal: 24.8 l/s; ADT: 5.2 Mts I: 5.7 A	02 Unid	Ambos equipos se encuentran operando con el aislamiento muy bajo. Posible desgaste de los sellos y Orings. Los equipos tienen el parámetro de corriente por encima del valor nominal.	<u>Bomba 1:</u> I: 6 A L1-T: 15 MΩ L2-T: 10 MΩ L3-T: 12 MΩ V: 382 V Q: 21 l/s P: 7.9 psi <u>Bomba 2:</u> I: 6.1 A L1-T: 9 MΩ L2-T: 10 MΩ L3-T: 11 MΩ V: 382 V Q: 20 l/s P: 7.8 psi

En la tabla 10 se observa la situación en la que se encontraron los equipos de ecuación de la PTAR con el detalle de los datos de operación antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.

**Tabla 11**

**Situación durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.**

<b>Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO</b>			
<b>Ecuación</b>			
<b>Equipos - Especificaciones Técnicas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Propuesta de Mantenimiento Preventivo - Predictivo Inspecciones realizadas (Actividades efectuadas)</b>	<b>Propuesta de Mantenimiento Correctivo Acciones realizadas (Actividades efectuadas)</b>
Bombas sumergibles Marca Flygt Modelo NP 3102.160 MT, 3.0 HP, 220/380/440V, 60Hz, 1695 RPM Caudal: 24.8 l/s; ADT: 5.2 Mts I: 5.7 A	02 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion de aislamiento.</li> <li>- Inspeccion del impulsor.</li> <li>- Inspeccion de Rodamientos.</li> <li>- Verificar encendido del equipo.</li> <li>- Inspeccion de corriente de Operación.</li> <li>- Inspeccion del voltaje de alimentacion.</li> <li>- Inspeccion del caudal de bombeo.</li> <li>- Inspeccion de la presion de bombeo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recuperar aislamiento.</li> <li>- Cambio de rodamientos.</li> <li>- Cambio de kit Basico (Oring, sellos).</li> <li>- Metalizado del eje.</li> <li>- Cambio de aceite.</li> </ul>

En la tabla 11 se observa la situación de los equipos de ecuación de la PTAR durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.

**Tabla 12**

**Situación después de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO			
Ecuación			
Equipos - Especificaciones Técnicas	Cantidad	Estado de los equipos (Después de aplicar los mantenimientos respectivos)	Datos de operación (Después de aplicar los mantenimientos respectivos)
Bombas sumergibles Marca Flygt Modelo NP 3102.160 MT, 3.0 HP, 220/380/440V, 60Hz, 1695 RPM Caudal: 24.8 l/s; ADT: 5.2 Mts I: 5.7 A	02 Unid	Se dejó ambos equipos en óptimas condiciones y operativos. Estos equipos cumplen con los parámetros nominales de operación según su diseño. Según necesidad de la planta estos equipos operan alternadamente bombeando todo el flujo hacia el sistema de filtración.	Bomba 1: I: 5.5 A L1-T: 210 MΩ L2-T: 215 MΩ L3-T: 213 MΩ V: 380 V Q: 24.2 l/s P: 7.3 psi Bomba 2: I: 5.4 A L1-T: 230 MΩ L2-T: 232 MΩ L3-T: 231 MΩ V: 381 V Q: 25 l/s P: 7.4 psi

En la tabla 12 se observa la situación de los equipos de ecuación de la PTAR después de ejecutar las propuestas de mantenimiento.

## FILTRACION

**Tabla 13**

**Situación antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO			
Filtración			
Equipos - Especificaciones Técnicas	Cantidad	Estado en la que se encontro los equipos. (Antes de efectuar las propuestas de Mantenimiento)	Datos de operación (Antes de efectuar las propuestas de Mantenimiento)
Filtro Rotadisk, Motor Marca Siemens 1.0 HP, IP 55, Clase F 220/380/440V,60Hz I: 2.1 A	01 Unid	Se encontro humedad en las bomeras de conexión del equipo. El equipo tiene el parametro de corriente por encima del valor nominal.	I: 2.3 A L1-T: 90 MΩ L2-T: 88 MΩ L3-T: 89 MΩ V: 381 V
Motoreductor Filtro Rotadisk Marca Tramec	01 Unid	El equipo se encuentra operativo pero requiere lubricacion.	Vibracion: 1.8 mm/s

En la tabla 13 se observa la situación en la que se encontró el equipo de filtración de la PTAR con el detalle de los datos de operación antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.

**Tabla 14**

**Situación durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.**

Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO			
Filtración			
Equipos - Especificaciones Técnicas	Cantidad	Propuesta de Mantenimiento Preventivo - Predictivo Inspecciones realizadas (Actividades efectuadas)	Propuesta de Mantenimiento Correctivo Acciones realizadas (Actividades efectuadas)
Filtro Rotadisk, Motor Marca Siemens 1.0 HP, IP 55, Clase F 220/380/440V, 60Hz I: 2.1 A	01 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspección de aislamiento.</li> <li>- Inspección de Rodamientos.</li> <li>- Verificar encendido del equipo.</li> <li>- Inspección de corriente de Operación.</li> <li>- Inspección del voltaje de alimentación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recuperar aislamiento.</li> <li>- Cambio de rodamientos.</li> <li>- Metalizado del eje.</li> </ul>
Motoreductor Filtro Rotadisk Marca Tramec	01 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspección de rodamientos.</li> <li>- Inspección de Retenes.</li> <li>- Inspección de Aceite.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambio de rodamientos.</li> <li>- Cambio de retenes.</li> <li>- Cambio de aceite.</li> </ul>

En la tabla 14 se observa la situación del equipo de filtración de la PTAR durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.

**Tabla 15**

**Situación después de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO			
Filtración			
Equipos - Especificaciones Técnicas	Cantidad	Estado de los equipos (Después de aplicar los mantenimientos respectivos)	Datos de operación (Después de aplicar los mantenimientos respectivos)
Filtro Rotadisk, Motor Marca Siemens 1.0 HP, IP 55, Clase F 220/380/440V, 60Hz I: 2.1 A	01 Unid	Se dejó el equipo operativo y en óptimas condiciones para su funcionamiento. El equipo opera dentro de sus parámetros nominales de operación según su diseño.	I: 1.9 A L1-T: 110 MΩ L2-T: 115 MΩ L3-T: 113 MΩ V: 382 V
Motoreductor Filtro Rotadisk Marca Tramec	01 Unid	Se dejó el equipo operativo y en óptimas condiciones para su funcionamiento. El equipo opera dentro de sus parámetros nominales de operación según su diseño.	Vibración: 1.3 mm/s

En la tabla 15 se observa la situación del equipo de filtración de la PTAR después de ejecutar las propuestas de mantenimiento.

## DESINFECCION

**Tabla 16**

**Situación antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO			
Desinfección			
Equipos - Especificaciones Técnicas	Cantidad	Estado en la que se encontró los equipos. (Antes de efectuar las propuestas de Mantenimiento)	Datos de operación (Antes de efectuar las propuestas de Mantenimiento)
Equipo de desinfección UV, Marca Wedeco, Modelo: TAK Smart 3- 1x1i1, 3.15 HP, 380 V, 60 Hz. I: 5.4 A	01 Unid	El equipo presenta dos lámparas que no están funcionando. Posible daño en el cuarzo o tarjeta electrónica de balastos. Solo tiene 4 lámparas en operación. El equipo tiene el parámetro de corriente por encima del valor nominal.	V: 381 Lámpara 1, I: 6.8 A Lámpara 2, I: 6.8 A Lámpara 3, I: Inoperativo Lámpara 4, I: Inoperativo Lámpara 5, I: 6.6 A Lámpara 6, I: 6.6 A Dosis: 44.0 mJ/cm <sup>2</sup>
Medidor Electromagnético de Caudal con su convertidor Marca MJK Modelo Magflux DN 200	01 Unid	Se encontró el equipo operativo Presenta polvo dentro del convertidor. El sensor se encuentra en buen estado.	- Sensado del Caudal: 20.1 l/s - Voltaje de alimentación: 220 V

En la tabla 16 se observa la situación en la que se encontró el equipo de desinfección de la PTAR con el detalle de los datos de operación antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.

**Tabla 17**

**Situación durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.**

<b>Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO</b>			
<b>Desinfección</b>			
<b>Equipos - Especificaciones Técnicas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Propuesta de Mantenimiento Preventivo - Predictivo Inspecciones realizadas (Actividades efectuadas)</b>	<b>Propuesta de Mantenimiento Correctivo Acciones realizadas (Actividades efectuadas)</b>
Equipo de desinfección UV, Marca Wedeco, Modelo: TAK Smart 3-1x1i1, 3.15 HP, 380 V, 60 Hz. I: 5.4 A	01 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspección de lámparas.</li> <li>- Inspección del sistema de limpieza.</li> <li>- Inspección de balastos.</li> <li>- Verificar encendido del equipo.</li> <li>- Inspección de voltaje de alimentación.</li> <li>- Inspección de corriente de operación.</li> <li>- Inspección de la Configuración del sistema.</li> <li>- Inspección de Tarjeta Electrónica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza de los balastos.</li> <li>- Cambio o reparación de Balastos.</li> <li>- Cambio de Lámparas UV.</li> </ul>
Medidor Electromagnético de Caudal con su convertidor Marca MJK Modelo Magflux DN 200	01 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar encendido del equipo.</li> <li>- Verificar la tensión de alimentación.</li> <li>- Reajuste de la borneras de conexión.</li> <li>- Limpieza de la tarjeta electrónica.</li> </ul>	Cambio o reparación del equipo (Si es que lo requiere).

En la tabla 17 se observa la situación del equipo de desinfección de la PTAR durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.

**Tabla 18**

**Situación después de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

<b>Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO</b>			
<b>Desinfección</b>			
<b>Equipos - Especificaciones Técnicas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Estado de los equipos (Después de aplicar los mantenimientos respectivos)</b>	<b>Datos de operación (Después de aplicar los mantenimientos respectivos)</b>
Equipo de desinfección UV, Marca Wedeco, Modelo: TAK Smart 3-1x1i1, 3.15 HP, 380 V, 60 Hz. I: 5.4 A	01 Unid	Se dejó el equipo operativo y en óptimas condiciones para su funcionamiento. El equipo opera dentro de sus parámetros nominales de operación según su diseño. El equipo mejoró su proceso de desinfección.	V: 380 Lámpara 1, I: 5.2 A Lámpara 2, I: 5.2 A Lámpara 3, I: 5.2 A Lámpara 4, I: 5.2 A Lámpara 5, I: 5.2 A Lámpara 6, I: 5.2 A Dosis: 64.0 mJ/cm <sup>2</sup>
Medidor Electromagnético de Caudal con su convertidor Marca MJK Modelo Magflux DN 200	01 Unid	Se dejó el equipo operativo y en óptimas condiciones para su funcionamiento. El sensorado del equipo es más preciso referente a las lecturas del caudal.	- Sensorado del Caudal: 24.4 l/s - Voltaje de alimentación: 220 V

En la tabla 18 se observa la situación del equipo de desinfección de la PTAR después de ejecutar las propuestas de mantenimiento.

## SISTEMA DE BOMBEO DE SERVICIO

**Tabla 19**

**Situación antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO Sistema de Bombeo de Servicio			
Equipos - Especificaciones Técnicas	Cantidad	Estado en la que se encontro los equipos. (Antes de efectuar las propuestas de Mantenimiento)	Datos de operación (Antes de efectuar las propuestas de Mantenimiento)
Electrobombas de Presion Constante, marca Lowara 1SV15F0156T 220/380V Modelo NP 3102.160 MT, 2 Hp, 220/380/440V, 60Hz, 1695 RPM Caudal: 2 l/s; ADT: 70 Mca I: 3.7 A	02 Unid	Ambos equipos se encuentran operando con el aislamiento muy bajo. Se encontro humedad en las borneras de conexiones del equipo. Posible desgaste de los sellos y Orings. Los equipos tienen el parametro de corriente por encima del valor nominal.	<u>Bomba 1:</u> I: 4.0 A L1-T: 20 MΩ L2-T: 21 MΩ L3-T: 20 MΩ V: 385 V Q: 1.8 l/s P: 78 psi Vibración: 2.8 mm/s <u>Bomba 2:</u> I: 3.9 A L1-T: 20 MΩ L2-T: 23 MΩ L3-T: 22 MΩ V: 384 V Q: 1.7 l/s P: 77 psi Vibración: 2.9 mm/s

En la tabla 19 se observa la situación en la que se encontraron los equipos del sistema de bombeo de servicio de la PTAR con el detalle de los datos de operación antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.

**Tabla 20**

**Situación durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.**

<b>Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO</b>			
<b>Sistema de Bombeo de Servicio</b>			
<b>Equipos - Especificaciones Técnicas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Propuesta de Mantenimiento Preventivo - Predictivo Inspecciones realizadas (Actividades efectuadas)</b>	<b>Propuesta de Mantenimiento Correctivo Acciones realizadas (Actividades efectuadas)</b>
Electrobombas de Presión Constante, marca Lowara 1SV15F0156T 220/380V Modelo NP 3102.160 MT, 2 Hp, 220/380/440V, 60Hz, 1695 RPM Caudal: 2 l/s; ADT: 70 Mca I: 3.7 A	02 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspección de aislamiento.</li> <li>- Inspección del impulsor.</li> <li>- Inspección de Rodamientos.</li> <li>- Inspección del acoplamiento .</li> <li>- Verificar encendido del equipo.</li> <li>- Inspección de corriente de Operación.</li> <li>- Inspección del voltaje de alimentación.</li> <li>- Inspección del caudal de bombeo.</li> <li>- Inspección de la presión de bombeo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recuperar aislamiento.</li> <li>- Cambio de rodamientos.</li> <li>- Cambio de kit Básico (Oring, sellos).</li> <li>- Metalizado del eje.</li> <li>- Cambio de aceite.</li> </ul>

En la tabla 20 se observa la situación de los equipos del sistema de bombeo de servicio de la PTAR durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.

**Tabla 21**

**Situación después de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO			
Sistema de Bombeo de Servicio			
Equipos - Especificaciones Técnicas	Cantidad	Estado de los equipos (Después de aplicar los mantenimientos respectivos)	Datos de operación (Después de aplicar los mantenimientos respectivos)
Electrobombas de Presión Constante, marca Lowara 1SV15F0156T 220/380V Modelo NP 3102.160 MT, 2 Hp, 220/380/440V, 60Hz, 1695 RPM Caudal: 2 l/s; ADT: 70 Mca I: 3.7 A	02 Unid	Se dejó ambos equipos en óptimas condiciones y operativos. Estos equipos cumplen con los parámetros nominales de operación según su diseño. Según necesidad de la planta estos equipos operan alternadamente bombeando el flujo hacia la red interna de la PTAR.	<u>Bomba 1:</u> I: 3.6 A L1-T: 230 MΩ L2-T: 235 MΩ L3-T: 234 MΩ V: 381 V Q: 1.9 l/s P: 98 psi Vibración: 1.5 mm/s <u>Bomba 2:</u> I: 3.5 A L1-T: 240 MΩ L2-T: 245 MΩ L3-T: 242 MΩ V: 380 V Q: 2.1 l/s P: 97 psi Vibración: 1.4 mm/s

En la tabla 21 se observa la situación de los equipos del sistema de bombeo de servicio de la PTAR después de ejecutar las propuestas de mantenimiento.

## TABLEROS ELECTRICOS

**Tabla 22**

**Situación antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO			
Tableros Electricos			
Equipos - Especificaciones Técnicas	Cantidad	Estado en la que se encontro los equipos. (Antes de efectuar las propuestas de Mantenimiento)	Datos de operación (Antes de efectuar las propuestas de Mantenimiento)
Tablero General 380V+N, 3F, 60 Hz	01 Unid	Se encontro la parte interna del tablero con polvo. El tablero funciona de manera normal.	V: 381 F: 60 Hz I: 162.0 A P: 96.0 kw Cos φ: 0.97
Tablero Pre Tratamiento 380V+N, 3F, 60 Hz	01 Unid	Se encontro la parte interna del tablero con polvo. El tablero funciona de manera normal.	V: 379 F: 60 Hz I: 4.5 A P: 2.0 kw
Tablero de accionamiento Local Pre Tratamiento 380V+N, 3F, 60 Hz	01 Unid	Se encontro la parte interna del tablero con polvo. El tablero funciona de manera normal.	V: 383 F: 60 Hz I: 4.5 A P: 2.0 kw
Tablero Fuerza y Control Tratamiento Biologico 380V+N, 3F, 60 Hz	01 Unid	Se encontro la parte interna del tablero con polvo. El tablero funciona de manera normal.	V: 380 F: 59 Hz I: 71.0 A P: 64.0 kw
Tablero de Ecuilizacion y Filtracion 380V+N, 3F, 60 Hz	01 Unid	Se encontro la parte interna del tablero con polvo. El tablero funciona de manera normal.	V: 382 F: 60 Hz I: 9.0 A P: 2.5 kw
Tableros de Desinfeccion UV 380V+N, 3F, 60 Hz	01 Unid	Se encontro la parte interna del tablero con polvo. El tablero funciona de manera normal.	V: 383 F: 60 Hz I: 26 A P: 2.4 kw
Tablero bombas de Servicio 380V+N, 3F, 60 Hz	01 Unid	Se encontro la parte interna del tablero con polvo. El tablero funciona de manera normal.	V: 384 F: 60 Hz I: 3.8 A P: 1.4 kw

En la tabla 22 se observa la situación en la que se encontraron los tableros eléctricos de la PTAR con el detalle de los datos de operación antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.

**Tabla 23**

**Situación durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.**

<b>Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO</b>			
<b>Tableros Electricos</b>			
<b>Equipos - Especificaciones Tecnicas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Propuesta de Mantenimiento Preventivo - Predictivo Inspecciones realizadas (Actividades efectuadas)</b>	<b>Propuesta de Mantenimiento Correctivo Acciones realizada (Actividades efectuadas)</b>
Tablero General 380V+N, 3F, 60 Hz	01 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion del estado de todos los componentes internos del tablero (Cables, borneras, elementos electricos, etc).</li> <li>- Verificacion del funcionamiento de los componentes internos (termicos, reles, contactores, guardamotores, etc).</li> <li>- Reajuste de borneras de conexion.</li> <li>- Limpieza de los componentes del tablero.</li> <li>- Inspeccion de voltaje de alimentacion.</li> <li>- Organizar el cableado con cintillos.</li> <li>- Limpieza de borneras de conexion con solvente dielectrico o limpiacontactos.</li> </ul>	Cambios o reparaciones de componentes del tablero según evaluación y diagnóstico.
Tablero Pre Tratamiento 380V+N, 3F, 60 Hz	01 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion del estado de todos los componentes internos del tablero (Cables, borneras, elementos electricos, etc).</li> <li>- Verificacion del funcionamiento de los componentes internos (termicos, reles, contactores, guardamotores, etc).</li> <li>- Reajuste de borneras de conexion.</li> <li>- Limpieza de los componentes del tablero.</li> <li>- Inspeccion de voltaje de alimentacion.</li> <li>- Organizar el cableado con cintillos.</li> <li>- Limpieza de borneras de conexion con solvente dielectrico o limpiacontactos.</li> </ul>	Cambios o reparaciones de componentes del tablero según evaluación y diagnóstico.
Tablero de accionamiento Local Pre Tratamiento 380V+N, 3F, 60 Hz	01 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion del estado de todos los componentes internos del tablero (Cables, borneras, elementos electricos, etc).</li> <li>- Verificacion del funcionamiento de los componentes internos (termicos, reles, contactores, guardamotores, etc).</li> <li>- Reajuste de borneras de conexion.</li> <li>- Limpieza de los componentes del tablero.</li> <li>- Inspeccion de voltaje de alimentacion.</li> <li>- Organizar el cableado con cintillos.</li> <li>- Limpieza de borneras de conexion con solvente dielectrico o limpiacontactos.</li> </ul>	Cambios o reparaciones de componentes del tablero según evaluación y diagnóstico.

Tablero Fuerza y Control Tratamiento Biologico 380V+N, 3F, 60 Hz	01 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion del estado de todos los componentes internos del tablero (Cables, borneras, elementos electricos, etc).</li> <li>- Verificacion del funcionamiento de los componentes internos (termicos, reles, contactores, guardamotors, etc).</li> <li>- Reajuste de borneras de conexion.</li> <li>- Limpieza de los componentes del tablero.</li> <li>- Inspeccion de voltaje de alimentacion.</li> <li>- Organizar el cableado con cintillos.</li> <li>- Limpieza de borneras de conexion con solvente dielectrico o limpiacontactos.</li> </ul>	Cambios o reparaciones de componentes del tablero según evaluación y diagnostico.
Tablero de Ecuilizacion y Filtracion 380V+N, 3F, 60 Hz	01 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion del estado de todos los componentes internos del tablero (Cables, borneras, elementos electricos, etc).</li> <li>- Verificacion del funcionamiento de los componentes internos (termicos, reles, contactores, guardamotors, etc).</li> <li>- Reajuste de borneras de conexion.</li> <li>- Limpieza de los componentes del tablero.</li> <li>- Inspeccion de voltaje de alimentacion.</li> <li>- Organizar el cableado con cintillos.</li> <li>- Limpieza de borneras de conexion con solvente dielectrico o limpiacontactos.</li> </ul>	Cambios o reparaciones de componentes del tablero según evaluación y diagnostico.
Tablero de Desinfeccion UV 380V+N, 3F, 60 Hz	01 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion del estado de todos los componentes internos del tablero (Cables, borneras, elementos electricos, etc).</li> <li>- Verificacion del funcionamiento de los componentes internos (termicos, reles, contactores, guardamotors, etc).</li> <li>- Reajuste de borneras de conexion.</li> <li>- Limpieza de los componentes del tablero.</li> <li>- Inspeccion de voltaje de alimentacion.</li> <li>- Organizar el cableado con cintillos.</li> <li>- Limpieza de borneras de conexion con solvente dielectrico o limpiacontactos.</li> </ul>	Cambios o reparaciones de componentes del tablero según evaluación y diagnostico.
Tablero bombas de Servicio 380V+N, 3F, 60 Hz	01 Unid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccion del estado de todos los componentes internos del tablero (Cables, borneras, elementos electricos, etc).</li> <li>- Verificacion del funcionamiento de los componentes internos (termicos, reles, contactores, guardamotors, etc).</li> <li>- Reajuste de borneras de conexion.</li> <li>- Limpieza de los componentes del tablero.</li> <li>- Inspeccion de voltaje de alimentacion.</li> <li>- Organizar el cableado con cintillos.</li> <li>- Limpieza de borneras de conexion con solvente dielectrico o limpiacontactos.</li> </ul>	Cambios o reparaciones de componentes del tablero según evaluación y diagnostico.

En la tabla 23 se observa la situación de los tableros eléctricos de la PTAR durante la ejecución de las propuestas de mantenimiento.

**Tabla 24**

**Situación después de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

Equipos Electromecánicos - PTAR - APLAO			
Tableros Eléctricos			
Equipos - Especificaciones Técnicas	Cantidad	Estado de los equipos (Después de aplicar los mantenimientos respectivos)	Datos de operación (Después de aplicar los mantenimientos respectivos)
Tablero General 380V+N, 3F, 60 Hz	01 Unid	Se dejó el Tablero en óptimas condiciones y operativo. Este equipo cumple con los parámetros nominales de operación según su diseño.	V: 380 F: 60 Hz I: 177.5 A P: 100.8 kw Cos φ: 0.98
Tablero Pre Tratamiento 380V+N, 3F, 60 Hz	01 Unid	Se dejó el Tablero en óptimas condiciones y operativo. Este equipo cumple con los parámetros nominales de operación según su diseño.	V: 380 F: 60 Hz I: 4.6 A P: 2.1 kw
Tablero de accionamiento Local Pre Tratamiento 380V+N, 3F, 60 Hz	01 Unid	Se dejó el Tablero en óptimas condiciones y operativo. Este equipo cumple con los parámetros nominales de operación según su diseño.	V: 380 F: 60 Hz I: 4.6 A P: 2.1 kw
Tablero Fuerza y Control Tratamiento Biológico 380V+N, 3F, 60 Hz	01 Unid	Se dejó el Tablero en óptimas condiciones y operativo. Este equipo cumple con los parámetros nominales de operación según su diseño.	V: 380 F: 59 Hz I: 86.7 A P: 65.0 kw
Tablero de Ecuilibración y Filtración 380V+N, 3F, 60 Hz	01 Unid	Se dejó el Tablero en óptimas condiciones y operativo. Este equipo cumple con los parámetros nominales de operación según su diseño.	V: 380 F: 60 Hz I: 8.0 A P: 2.9 kw
Tablero de Desinfección UV 380V+N, 3F, 60 Hz	01 Unid	Se dejó el Tablero en óptimas condiciones y operativo. Este equipo cumple con los parámetros nominales de operación según su diseño.	V: 380 F: 60 Hz I: 41.5 A P: 2.4 kw
Tablero bombas de Servicio 380V+N, 3F, 60 Hz	01 Unid	Se dejó el Tablero en óptimas condiciones y operativo. Este equipo cumple con los parámetros nominales de operación según su diseño.	V: 380 F: 60 Hz I: 4.0 A P: 1.5 kw

En la tabla 24 se observa la situación de los tableros eléctricos de la PTAR después de ejecutar las propuestas de mantenimiento.

A continuación detallamos los Cronogramas de mantenimiento propuestos

### CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - PREDICATIVO

ACTIVIDADES	Diario	Semanal	Mensual	Anual
Ingreso a la PTAR: inspección de parámetros eléctricos e hidráulicos.	X			
Pre-Tratamiento: inspección de parámetros eléctricos e hidráulicos.	X			
Tratamiento Biológico: inspección de parámetros eléctricos e hidráulicos.	X			
Ecuilibración: inspección de parámetros eléctricos e hidráulicos.	X			
Filtración: inspección de parámetros eléctricos e hidráulicos.	X			
Desinfección: inspección de parámetros eléctricos e hidráulicos.	X			
Sistema de Bombeo de Servicio: inspección de parámetros.	X			
Espesador de Lodos: inspección de parámetros eléctricos e hidráulicos.	X			
Digestor de Lodos: inspección de parámetros eléctricos e hidráulicos.	X			
Deshidratación de Lodos: inspección de parámetros.	X			
Tableros eléctricos: inspección de parámetros eléctricos.	X			
Inspección de las características biológicas del agua.		X		
Inspección de la sedimentabilidad del lodo.	X			
Inspección de OD, cloro residual y turbidez.	X			
Inspección de rejillas.	X			
Limpieza de rejillas.		X		
Observar el buen funcionamiento del equipo aireador y alternar.	X			
Observar la uniformidad de las burbujas de aire (ajustar válvulas).			X	
Verificar el nivel de aceite del equipo aireador.		X		
Retiro y limpieza de los difusores de aire.				X
Verificar la tensión de las fajas de los motores del aireador.		X		
Verificar la temperatura de funcionamiento de los motores y rodamientos.		X		
Revisión de fugas de aire en las conexiones.		X		
Limpieza de bordes y paredes de las cámaras de tratamiento de la planta.				X
Revisión del buen funcionamiento del sistema del retorno de lodos.		X		
Remover el material flotante de las cámaras.			X	
Verificar el alineamiento de los motores y aireadores.			X	
Inspección de válvulas verificando posiciones correctas o posibles fugas.	X			
Verificar equipo de dosificación de Cloro.	X			
Registro y verificación del caudal de salida de la planta.	X			

## CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

ACTIVIDADES	Mensual	Semestral	Anual	Cada 2 años
<b>Ingreso a la PTAR:</b> Recuperar aislamiento, Cambio de rodamientos, Cambio de kit Básico (O ring, sellos), Metalizado del eje, Cambio de aceite.			<b>X</b>	
<b>Pre-Tratamiento:</b> Recuperar aislamiento, Cambio de rodamientos, Cambio de kit Básico (O ring, sellos), Metalizado del eje, Cambio de aceite, Cambio de Retenes, inspección y/o cambio de tarjeta electrónica de los sensores.			<b>X</b>	
<b>Tratamiento Biológico:</b> Recuperar aislamiento, Cambio de rodamientos, Cambio de kit Básico (O ring, sellos), Metalizado del eje, Cambio de aceite, Cambio de Retenes, inspección y/o cambio de tarjeta electrónica de los sensores.			<b>X</b>	
<b>Ecuilibración:</b> Recuperar aislamiento, Cambio de rodamientos, Cambio de kit Básico (O ring, sellos), Metalizado del eje, Cambio de aceite.			<b>X</b>	
<b>Filtración:</b> Recuperar aislamiento, Cambio de rodamientos, Cambio de kit Básico (O ring, sellos), Metalizado del eje, Cambio de aceite, Cambio de Retenes.			<b>X</b>	
<b>Desinfección:</b> Limpieza de los balastros, Cambio o reparación de Balastros, Cambio de Lámparas UV, inspección y/o cambio de tarjeta electrónica del medidor de Caudal.			<b>X</b>	
<b>Sistema de Bombeo de Servicio:</b> Recuperar aislamiento, Cambio de rodamientos, Cambio de kit Básico (O ring, sellos), Metalizado del eje.			<b>X</b>	
<b>Espesador de Lodos:</b> Recuperar aislamiento, Cambio de rodamientos, Cambio de kit Básico (O ring, sellos), Metalizado del eje, Cambio de aceite, Cambio de Retenes.				<b>X</b>
<b>Digestor de Lodos:</b> Recuperar aislamiento, Cambio de rodamientos, Cambio de kit Básico (O ring, sellos), Metalizado del eje, Cambio de aceite, Cambio de Retenes.				<b>X</b>
<b>Deshidratación de Lodos:</b> Recuperar aislamiento, Cambio de rodamientos, Cambio de kit Básico (O ring, sellos), Metalizado del eje, Cambio de aceite, Cambio de Retenes.				<b>X</b>
<b>Tableros eléctricos:</b> Cambios o reparaciones de componentes del tablero según evaluación y diagnóstico.				<b>X</b>

## Eficiencia del equipamiento electromecánico de la PTAR

A continuación se detalla la eficiencia de los motores eléctricos de los equipos de Tratamiento antes y después de efectuar las propuestas de mantenimiento las cuales se determinaron en base a las muestras tomadas de los parámetros de operación y datos de placa de los equipos electromecánicos. Se empleó la siguiente fórmula para hallar la eficiencia a motores trifásicos de corriente alterna:

$$Ef = \frac{H.P \times 746}{\sqrt{3} \times V_{L-L} \times I \times F.p}$$

Donde:

Ef: eficiencia

HP: Potencia caballos de fuerza

V: Voltaje de línea

I: Amperaje

F.p: Factor de potencia (Cos  $\phi$ )

Mediante hojas de cálculo se hallaron las eficiencias del equipamiento electromecánico antes y después de efectuar las propuestas de mantenimiento las cuales se detallan en las siguientes tablas:

**Tabla 25:**

Eficiencia de Motores Electricos de Equipos de Tratamiento antes de efectuar las Propuestas de Mantenimiento					
Equipos por Area	Potencia (HP)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Factor de Potencia (Cos $\phi$ )	Eficiencia (%)
Bomba Sumergible N° 1 - Ingreso a la PTAR	-	-	-	-	-
Bomba Sumergible N° 2 - Ingreso a la PTAR	6.5	382	13	0.77	73.30%
Motor Tamiz - Pretratamiento	1	382	2.5	0.75	60.20%
Motor desarenador Vertical - Pretratamiento	0.75	381	1.8	0.75	62.88%
Motor desarenador Horizontal - Pretratamiento	0.75	381	1.7	0.75	66.58%
Motor desengrasador - Pretratamiento	0.5	379	1.3	0.7	62.51%
Soplador N° 1 - Tratamiento Biologico	40	385	62	0.9	80.29%
Soplador N° 2 - Tratamiento Biologico	40	384	61	0.9	81.82%
Motor Decantador N° 1 - Tratamiento Biologico	0.34	381	0.9	0.7	61.08%
Motor Decantador N° 2 - Tratamiento Biologico	0.34	381	0.88	0.7	62.47%
Bomba de Lodos N° 1 - Tratamiento Biologico	3	383	7.2	0.82	57.21%
Bomba de Lodos N° 2 - Tratamiento Biologico	3	382	7.6	0.82	54.34%
Bomba Sumergible N° 1 - Ecuilizacion	3	382	6	0.84	67.19%
Bomba Sumergible N° 2 - Ecuilizacion	3	382	6.1	0.84	66.09%
Filtro Rotadisk - Filtracion	1	381	2.3	0.78	63.09%
Equipo de Desinfeccion UV - Desinfeccion	3.15	381	6.7	0.85	62.60%
Electrobomba N° 1 - Sistema de Bombeo de Servicio	2	385	4	0.8	70.00%
Electrobomba N° 2 - Sistema de Bombeo de Servicio	2	384	3.9	0.8	71.98%

**Interpretación:** en la Tabla 25, antes de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos de la PTAR, la eficiencia de los motores eléctricos de los equipos de tratamiento se encontraron con un nivel de eficiencia muy bajo el cual repercute en un no adecuado proceso de tratamiento del agua residual.

**Tabla 26:**

Eficiencia de Motores Electricos de Equipos de Tratamiento despues de efectuar las Propuestas de Mantenimiento					
Equipos por Area	Potencia (HP)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Factor de Potencia (Cos $\phi$ )	Eficiencia (%)
Bomba Sumergible N° 1 - Ingreso a la PTAR	6.5	380	11.4	0.77	84.03%
Bomba Sumergible N° 2 - Ingreso a la PTAR	6.5	381	11.5	0.77	83.08%
Motor Tamiz - Pretratamiento	1	381	1.9	0.75	79.42%
Motor desarenador Vertical - Pretratamiento	0.75	381	1.5	0.75	75.45%
Motor desarenador Horizontal - Pretratamiento	0.75	381	1.45	0.75	78.05%
Motor desengrasador - Pretratamiento	0.5	380	1.1	0.7	73.69%
Soplador N° 1 - Tratamiento Biologico	40	382	58	0.9	86.50%
Soplador N° 2 - Tratamiento Biologico	40	381	57	0.9	88.25%
Motor Decantador N° 1 - Tratamiento Biologico	0.34	380	0.75	0.7	73.49%
Motor Decantador N° 2 - Tratamiento Biologico	0.34	381	0.77	0.7	71.39%
Bomba de Lodos N° 1 - Tratamiento Biologico	3	380	5.7	0.82	72.84%
Bomba de Lodos N° 2 - Tratamiento Biologico	3	381	5.6	0.82	73.94%

Bomba Sumergible N° 1 - Ecuallizacion	3	380	5.5	0.84	73.69%
Bomba Sumergible N° 2 - Ecuallizacion	3	381	5.4	0.84	74.85%
Filtro Rotadisk - Filtracion	1	382	1.9	0.78	76.17%
Equipo de Desinfeccion UV - Desinfeccion	3.15	380	5.2	0.85	80.87%
Electrobomba N° 1 - Sistema de Bombeo de Servicio	2	381	3.6	0.8	78.60%
Electrobomba N° 2 - Sistema de Bombeo de Servicio	2	380	3.5	0.8	81.06%

**Interpretación:** en la Tabla N° 26, después de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos de la PTAR, los motores eléctricos de los equipos de tratamiento mejoraron su nivel de eficiencia y desempeño el cual repercute en significativamente en la mejora del proceso de tratamiento del agua residual.

## Disponibilidad del equipamiento electromecánico de la PTAR – Aplao

A continuación se detalla el cálculo de la disponibilidad del equipamiento de la planta de tratamiento antes y después de efectuar las propuestas de mantenimiento. Se empleó la siguiente fórmula para hallar la disponibilidad de la planta:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

Donde:

**Horas totales:** Horas calendario mensual respecto al funcionamiento.

**Horas de parada por mantenimiento:** Horas por parada de mantenimiento + Horas por parada de fallas y/o imprevistos + Horas por paradas operacionales.

Mediante hoja de cálculo se determinaron los siguientes resultados:

**Tabla 27**

Disponibilidad del equipamiento de la PTAR - APLAO					
Disponibilidad	Horas Calendario del periodo a evaluar Horas totales Mensuales	Horas por parada de mantenimiento	Horas por parada de fallas y/o imprevistos	Horas por paradas operacionales	
Antes de efectuar las propuestas de mantenimiento	74%	720	48	120	72
Después de efectuar las propuestas de mantenimiento	86%	720	96	0	12

Fuente: Datos del investigador

**Interpretación:** en la Tabla 27 se aprecia la diferencia de la disponibilidad del equipamiento de la planta entre el antes y el después de efectuar las propuestas de mantenimiento, en la cual hubo una mejora del 12% por lo que esta situación repercute significativamente en el proceso de tratamiento del agua residual.

### **Fiabilidad del equipamiento electromecánico de la PTAR – Aplao**

A continuación se detalla el cálculo de la fiabilidad del equipamiento de la planta de tratamiento antes y después de efectuar las propuestas de mantenimiento. Se empleó la siguiente fórmula para hallar la fiabilidad de la planta:

$$Fiabilidad = \frac{Horas\ Totales - Horas\ parada\ por\ mantenimiento\ no\ programado}{Horas\ Totales}$$

Donde:

**Horas totales:** Horas calendario mensual respecto al funcionamiento.

**Horas de parada por mantenimiento no programado:** horas de parada inmediata de la planta en un plazo inferior o igual a 48 horas.

Mediante hoja de cálculo se determinaron los siguientes resultados:

**Tabla 28**

<b>Fiabilidad del equipamiento de la PTAR - APLAO</b>			
	<b>Fiabilidad</b>	<b>Horas Calendario del periodo a evaluar Horas totales Mensuales</b>	<b>Horas por parada de mantenimiento no programado</b>
Antes de efectuar las propuestas de mantenimiento	93%	720	48
Despues de efectuar las propuestas de mantenimiento	99%	720	6

Fuente: Datos del investigador

**Interpretación:** en la Tabla 28 se aprecia la diferencia de la fiabilidad del equipamiento de la planta entre el antes y el después de efectuar las propuestas de mantenimiento, en la cual hubo una mejora del 6% por lo que esta situación repercute significativamente en el proceso de tratamiento del agua residual.

**6.1.3. Situación, descripción y análisis de las muestras del agua residual antes y después de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

A continuación detallamos las muestras Post-tratamiento con los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua residual antes de efectuar las propuestas de mantenimiento. Se efectuaron un total de 30 muestras uno por día los cuales se efectuaron del 15 de Mayo del 2018 al 13 de Junio del 2018.

**Tabla 29 (Resultado de las muestras post tratamiento del agua residual antes de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos).**

N° de Muestras	Oxígeno disuelto (mg/L)	Solidos suspendidos totales (mg/L)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	Coliformes Totales (NMP/100 ml)
M1	20	120	60	200	45500
M2	4	24	14	90	950
M3	28	40	62	500	43000
M4	19	118	32	950	42500
M5	3	20	72	80	900
M6	22	110	12	820	47000
M7	24	121	69	700	48500
M8	15	15	45	200	41500
M9	2	125	10	580	40500
M10	17	117	50	95	980
M11	21	116	52	600	45000
M12	24	11	55	500	32500
M13	29	114	11	150	47500
M14	4	112	75	350	48000
M15	28	113	57	70	850
M16	25	14	70	450	46000
M17	21	118	14	420	47000
M18	5	120	69	250	50000
M19	20	125	68	320	50500
M20	23	25	64	110	45000

M21	27	127	8	380	49500
M22	29	128	62	75	800
M23	30	121	67	350	52000
M24	4	13	66	200	50000
M25	31	113	65	150	45000
M26	22	120	9	520	37500
M27	24	114	57	95	970
M28	26	20	60	350	47500
M29	29	108	13	500	35000
M30	25	119	78	146	51200

Fuente: Datos del investigador.

Estas muestras fueron medidas con instrumentos especiales y también analizadas por un laboratorio el cual está acreditado por INACAL. Estas mediciones se realizaron con el fin de evaluar cuál es el estatus de los equipos de tratamiento antes de efectuar las propuestas de mantenimiento y ver qué tan eficiente es el proceso de tratamiento del agua residual. Según los LMP para los Estándares de Calidad ambiental para el agua (ECA) según DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM la mayoría de las muestras tomadas no cumplen con los siguientes parámetros:

**Tabla 30**

ECA PARA EL AGUA - LMP AGUA RESIDUAL PARA RIEGO DE VEGETALES VERTIMIENTO A CUERPOS DE AGUA - DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM	
Oxígeno disuelto (mg/L)	<= 4
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	<= 25
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	15
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	100
Coliformes Totales (NMP/100 ml)	1000

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-Ministerio del Ambiente

**Tabla 31:** Estadísticas del Muestreo antes de efectuar las propuestas de Mantenimiento.

	Oxígeno disuelto (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	Coliformes Totales (NMP/100 ml)
N° de Muestras Validas	30	30	30	30	30
Media	20.03	88.7	48.2	340.03	36438.33
Mediana	22.5	114	58.5	335	45000
Moda	4	120	60	200	45000
Desviación estándar	9.16	46.06	24.31	235.64	18617.38
Coefficiente de Variación	46%	52%	50%	69%	51%

**Interpretación:** en la Tabla 31 se puede apreciar los resultados de los parámetros estadísticos por cada parámetro físico-químico y microbiológico de las 30 muestras efectuadas antes de poner en marcha las propuestas de mantenimiento a los equipos electromecánicos de la PTAR.

## Tablas de Frecuencia

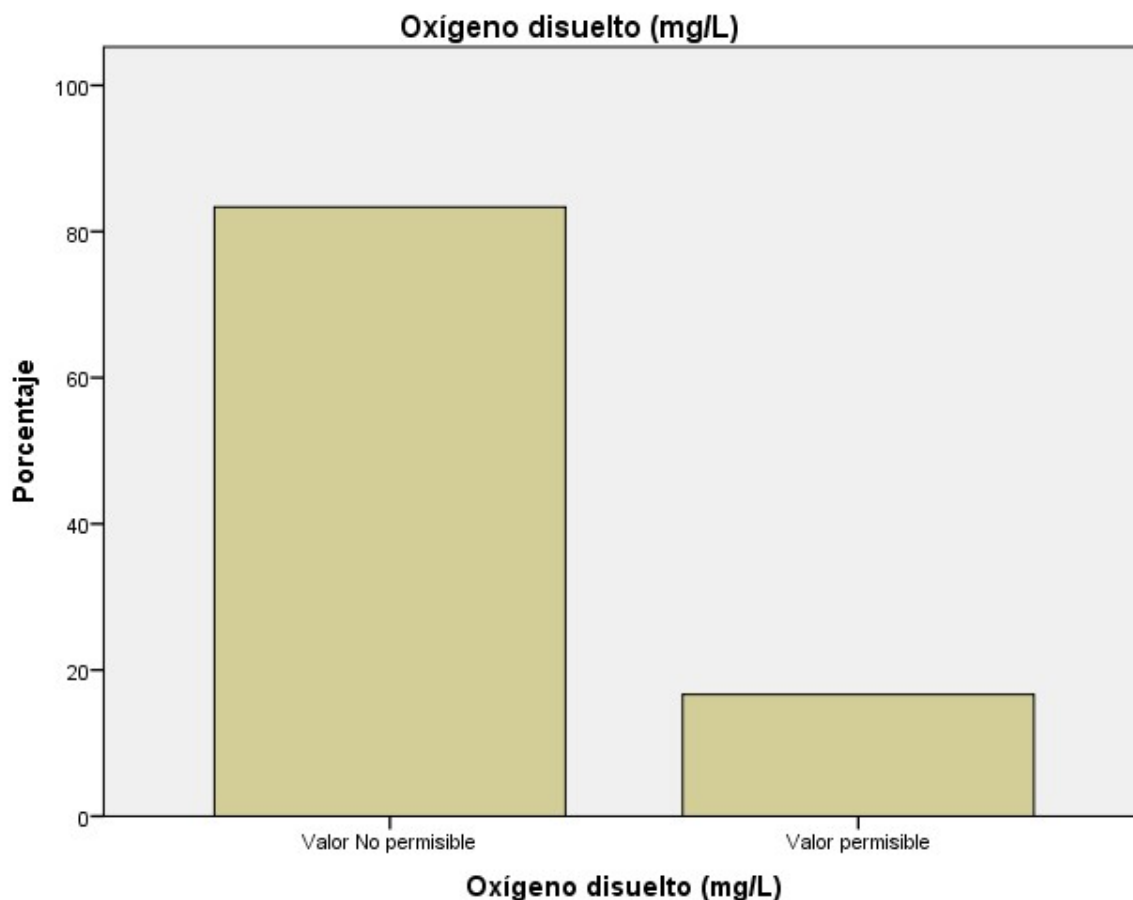
**Tabla 32: Muestras de Oxígeno disuelto tomadas a la salida de la PTAR antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

### Oxígeno disuelto (mg/L)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Muestras Validas	Valor No permisible	25	83.3	83.3	83.3
	Valor permisible	5	16.7	16.7	100.0
	Total	30	100.0	100.0	

Fuente: Datos del investigador.

**Grafico 1:** Muestras Post Tratamiento de Oxígeno disuelto con los porcentajes de los valores permisibles y no permisibles antes de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos de la PTAR Aplao, mayo-junio 2018.



Fuente: Tabla 32

**Interpretación:** Del gráfico 1 se observa que el mayor porcentaje (83.3%) de muestras de Oxígeno Disuelto tienen un valor no permisible el cual no cumple con los ECA y en un menor porcentaje (16.7%) son muestras que tienen valores permisibles y que si cumplen con los ECA.

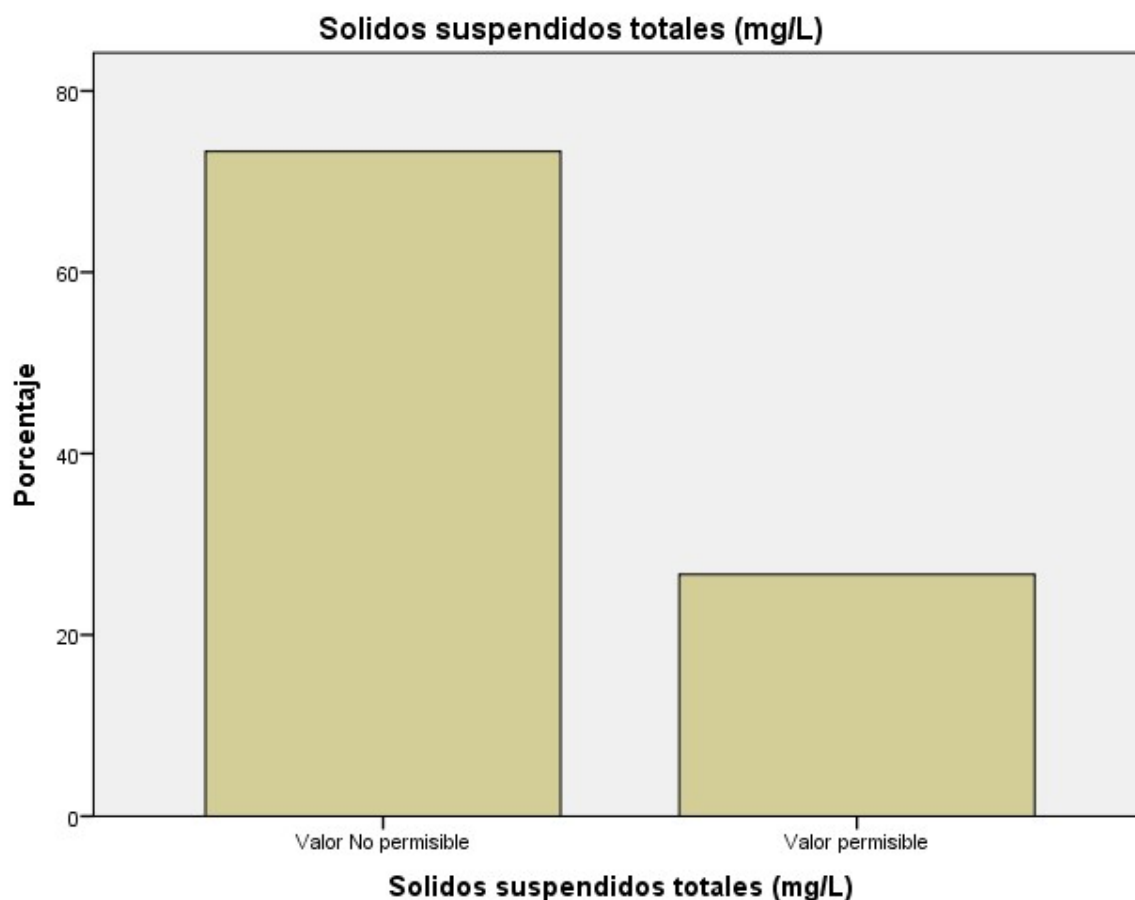
**Tabla 33: Muestras de Solidos suspendidos totales tomadas a la salida de la PTAR antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

**Solidos suspendidos totales (mg/L)**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Muestras Validas	Valor No permisible	22	73.3	73.3	73.3
	Valor permisible	8	26.7	26.7	100.0
	Total	30	100.0	100.0	

Fuente: Datos del investigador.

**Grafico 2:** Muestras Post Tratamiento de Solidos suspendidos totales con los porcentajes de los valores permisibles y no permisibles antes de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos de la PTAR Aplao, mayo-junio 2018.



Fuente: Tabla 33

**Interpretación:** Del gráfico 2 se observa que el mayor porcentaje (73.3%) de muestras de Solidos suspendidos totales tienen un valor no permisible el cual no cumple con los ECA y en un menor porcentaje (26.7%) son muestras que tienen valores permisibles y que si cumplen con los ECA.

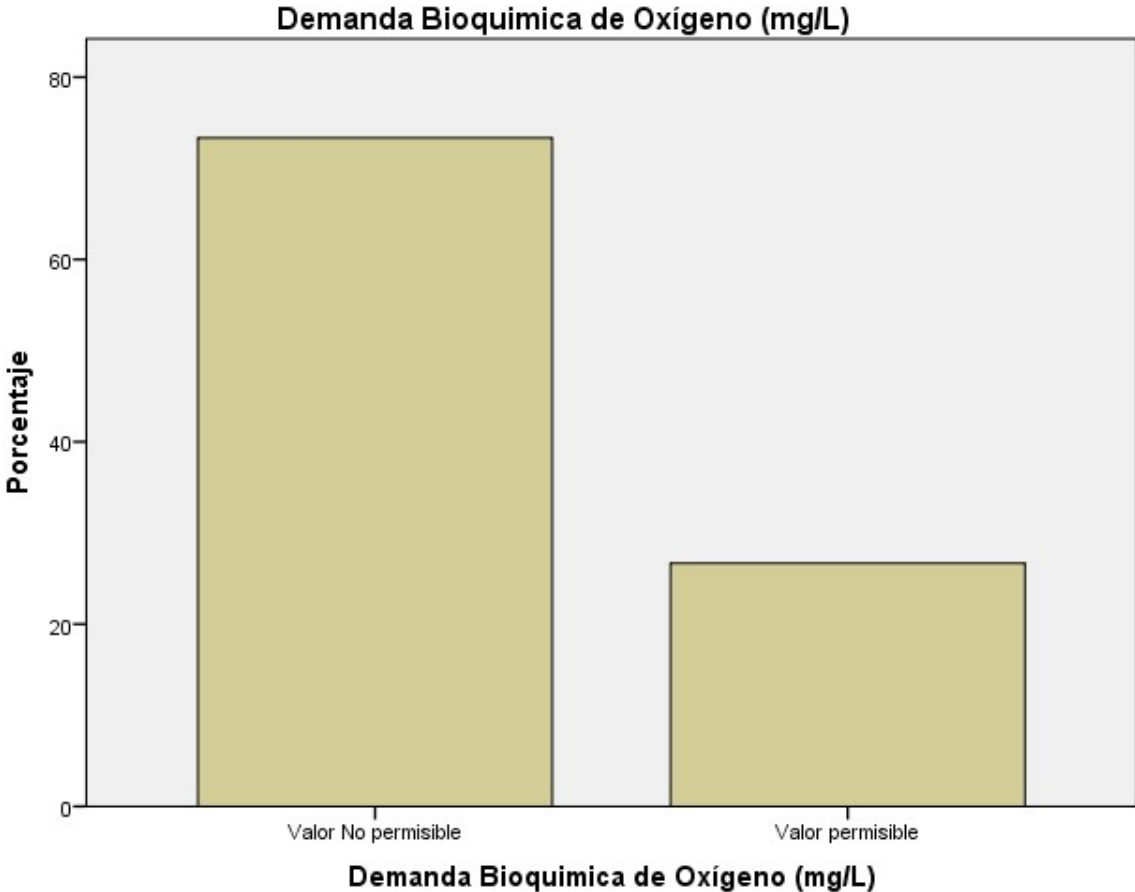
**Tabla 34: Muestras de Demanda Bioquímica de Oxígeno tomadas a la salida de la PTAR antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Muestras Validas	Valor No permisible	22	73.3	73.3	73.3
	Valor permisible	8	26.7	26.7	100.0
	Total	30	100.0	100.0	

Fuente: Datos del investigador

**Grafico 3:** Muestras Post Tratamiento de la Demanda bioquímica de oxígeno con los porcentajes de los valores permisibles y no permisibles antes de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos de la PTAR Aplao, mayo-junio 2018.



Fuente: Tabla 34

**Interpretación:** Del gráfico 3 se observa que el mayor porcentaje (73.3%) de muestras de Demanda Bioquímica de Oxígeno tienen un valor no permisible el cual no cumple con los ECA y en un menor porcentaje (26.7%) son muestras que tienen valores permisibles y que si cumplen con los ECA.

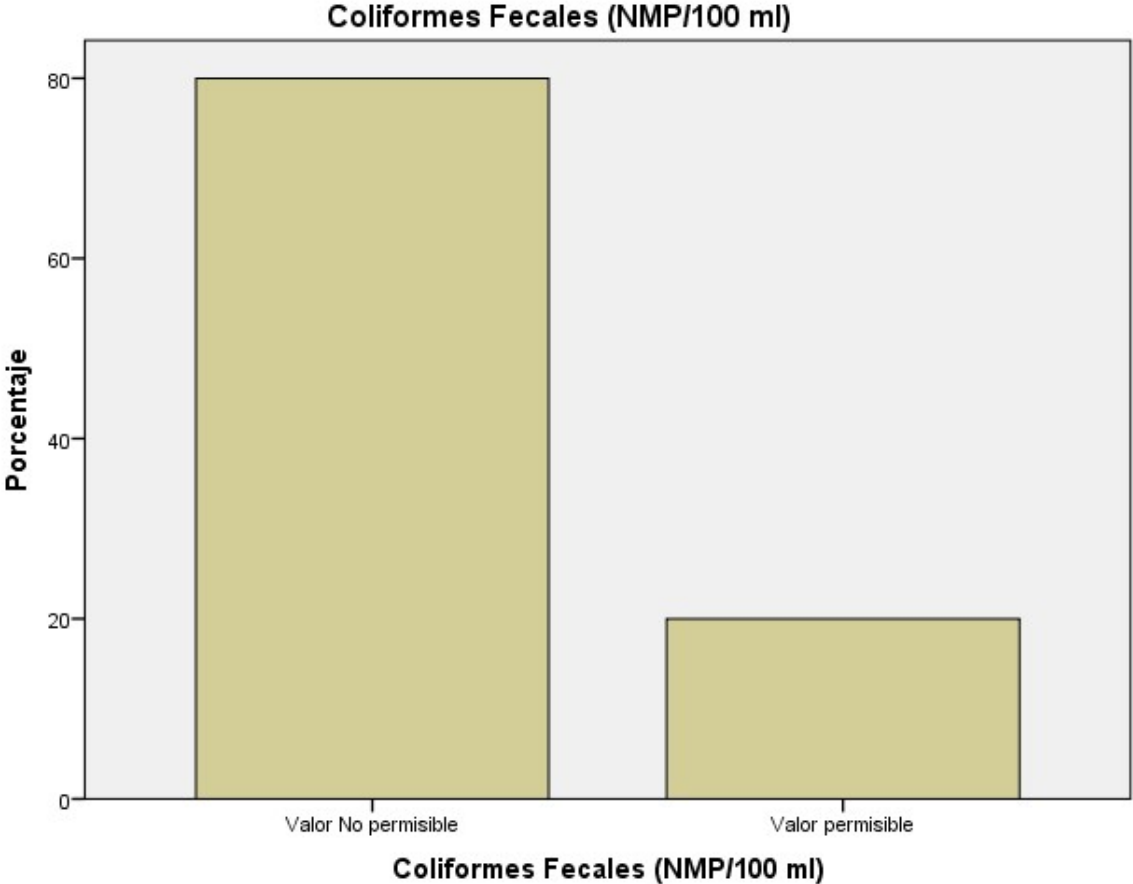
**Tabla 35: Muestras de Coliformes Fecales tomadas a la salida de la PTAR antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

**Coliformes Fecales (NMP/100 ml)**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Muestras Validas	Valor No permisible	24	80.0	80.0	80.0
	Valor permisible	6	20.0	20.0	100.0
	Total	30	100.0	100.0	

Fuente: Datos del investigador

**Grafico 4:** Muestras Post Tratamiento de Coliformes Fecales con los porcentajes de los valores permisibles y no permisibles antes de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos de la PTAR Aplao, mayo-junio 2018.



Fuente: Tabla 35

**Interpretación:** Del gráfico 4 se observa que el mayor porcentaje (80.0%) de muestras de Coliformes Fecales tienen un valor no permisible el cual no cumple con los ECA y en un menor porcentaje (20.0%) son muestras que tienen valores permisibles y que si cumplen con los ECA.

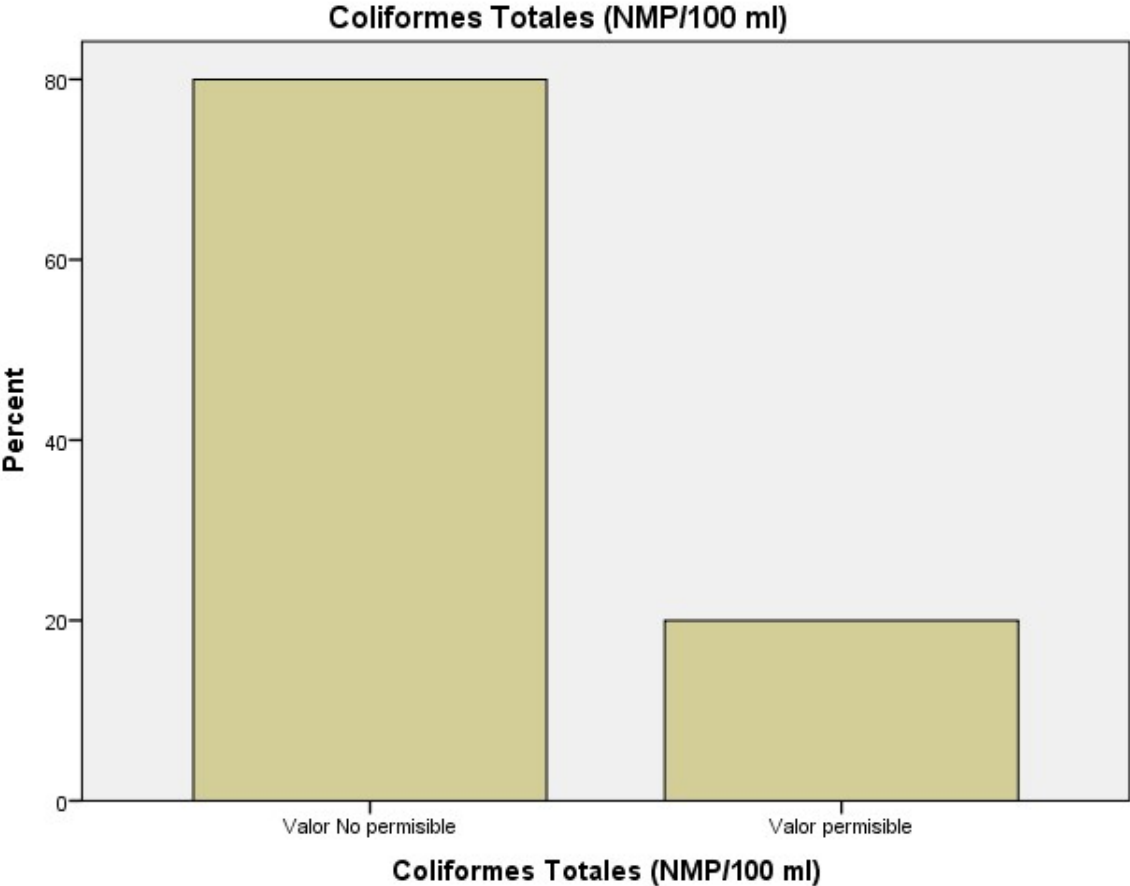
**Tabla 36: Muestras de Coliformes Totales tomadas a la salida de la PTAR antes de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

**Coliformes Totales (NMP/100 ml)**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Muestras Validas	Valor No permisible	24	80.0	80.0	80.0
	Valor permisible	6	20.0	20.0	100.0
	Total	30	100.0	100.0	

Fuente: Datos del investigador

**Grafico 5:** Muestras Post Tratamiento de Coliformes totales con los porcentajes de los valores permisibles y no permisibles antes de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos de la PTAR Aplao, mayo-junio 2018.



Fuente: Tabla 36

**Interpretación:** Del gráfico 5 se observa que el mayor porcentaje (80.0%) de muestras de Coliformes Totales tienen un valor no permisible el cual no cumple con los ECA y en un menor porcentaje (20.0%) son muestras que tienen valores permisibles y que si cumplen con los ECA.

A continuación detallamos las muestras Post-tratamiento con los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua residual después de efectuar las propuestas de mantenimiento. Se efectuaron un total de 30 muestras, uno por día los cuales se efectuaron del 03 de julio al 01 de agosto del 2018.

**Tabla 37 (Resultados de las muestras post tratamiento del agua residual después de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos).**

N° de Muestras	Oxígeno disuelto (mg/L)	Solidos suspendidos totales (mg/L)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	Coliformes Totales (NMP/100 ml)
M1	2	0	4	70	920
M2	4	1	3	73	850
M3	3	0	5	69	870
M4	4	2	4	70	860
M5	4	1	5	105	1050
M6	3	1	6	68	820
M7	2	1	6	69	870
M8	3	27	4	74	850
M9	5	2	18	73	810
M10	2	1	4	72	860
M11	3	0	4	69	920
M12	1	0	4	70	910
M13	1	1	4	71	900
M14	4	1	5	72	870
M15	2	2	6	75	850
M16	3	2	5	67	830
M17	1	1	4	68	810
M18	4	2	5	69	800
M19	4	1	6	71	790
M20	3	2	5	70	850
M21	3	0	4	69	910
M22	2	2	5	68	850
M23	2	2	5	110	1040
M24	4	1	4	71	890
M25	5	1	20	73	900
M26	1	0	6	72	880

M27	2	0	4	75	850
M28	4	2	3	69	900
M29	3	1	5	72	870
M30	2	2	4	71	900

Fuente: Datos del investigador

Estas muestras fueron medidas con instrumentos especiales y también analizadas por un laboratorio el cual está acreditado por INACAL. Estas mediciones se realizaron con el fin de evaluar cuál es el estatus de los equipos de tratamiento después de efectuar las propuestas de mantenimiento y ver en cuanto ha mejorado el proceso de tratamiento del agua residual.

Según los LMP para los Estándares de Calidad ambiental para el agua (ECA) según DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM (Ver Tabla N° 39), la mayoría de las muestras tomadas si cumplen con los límites permisibles según la norma.

**Tabla 38:** Estadísticas del Muestreo después de efectuar las propuestas de Mantenimiento.

	Oxígeno disuelto (mg/L)	Solidos suspendidos totales (mg/L)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	Coliformes Totales (NMP/100 ml)
N° de Muestras Validas	30	30	30	30	30
Media	2.87	1.97	5.57	73.17	876
Mediana	3	1	5	71	870
Moda	2	1	4	69	850
Desviación estándar	1.17	4.79	3.76	9.58	58.05
Coefficiente de Variación	41%	24%	67%	13%	7%

**Interpretación:** en la Tabla 38 se puede apreciar los resultados de los parámetros estadísticos por cada parámetro físico-químico y microbiológico de las 30 muestras efectuadas después de poner en marcha las propuestas de mantenimiento a los equipos electromecánicos de la PTAR.

### Tablas de Frecuencia

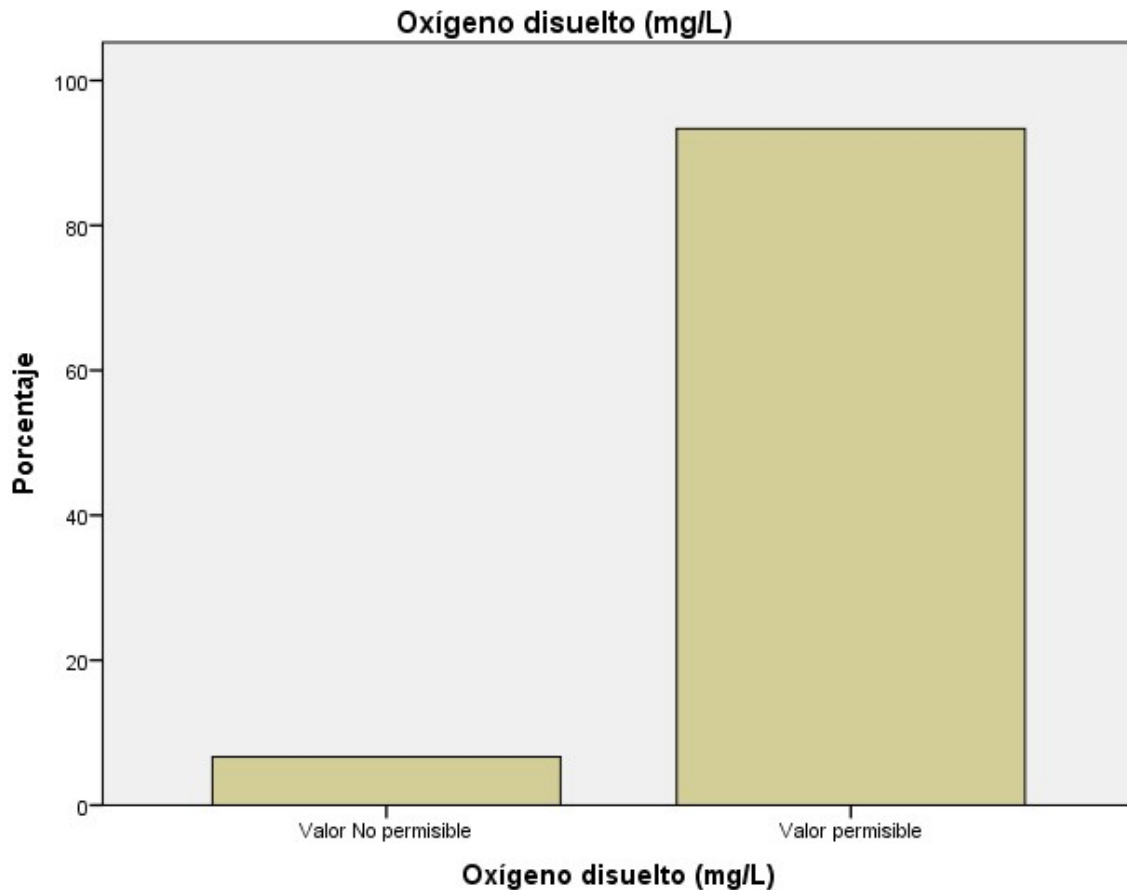
**Tabla 39: Muestras de Oxígeno disuelto tomadas a la salida de la PTAR después de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

#### Oxígeno disuelto (mg/L)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Muestras Validas	Valor No permisible	2	6.7	6.7	6.7
	Valor permisible	28	93.3	93.3	100.0
	Total	30	100.0	100.0	

Fuente: Datos del investigador

**Grafico 6:** Muestras Post Tratamiento de Oxígeno disuelto con los porcentajes de los valores permisibles y no permisibles después de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos de la PTAR Aplao, julio-agosto 2018.



Fuente: Tabla 39

**Interpretación:** Del gráfico 6 se observa que el mayor porcentaje (93.3%) de muestras de Oxígeno disuelto tienen un valor permisible el cual si cumple con los ECA y en un menor porcentaje (6.7%) son muestras que tienen valores no permisibles y que no cumplen con los ECA.

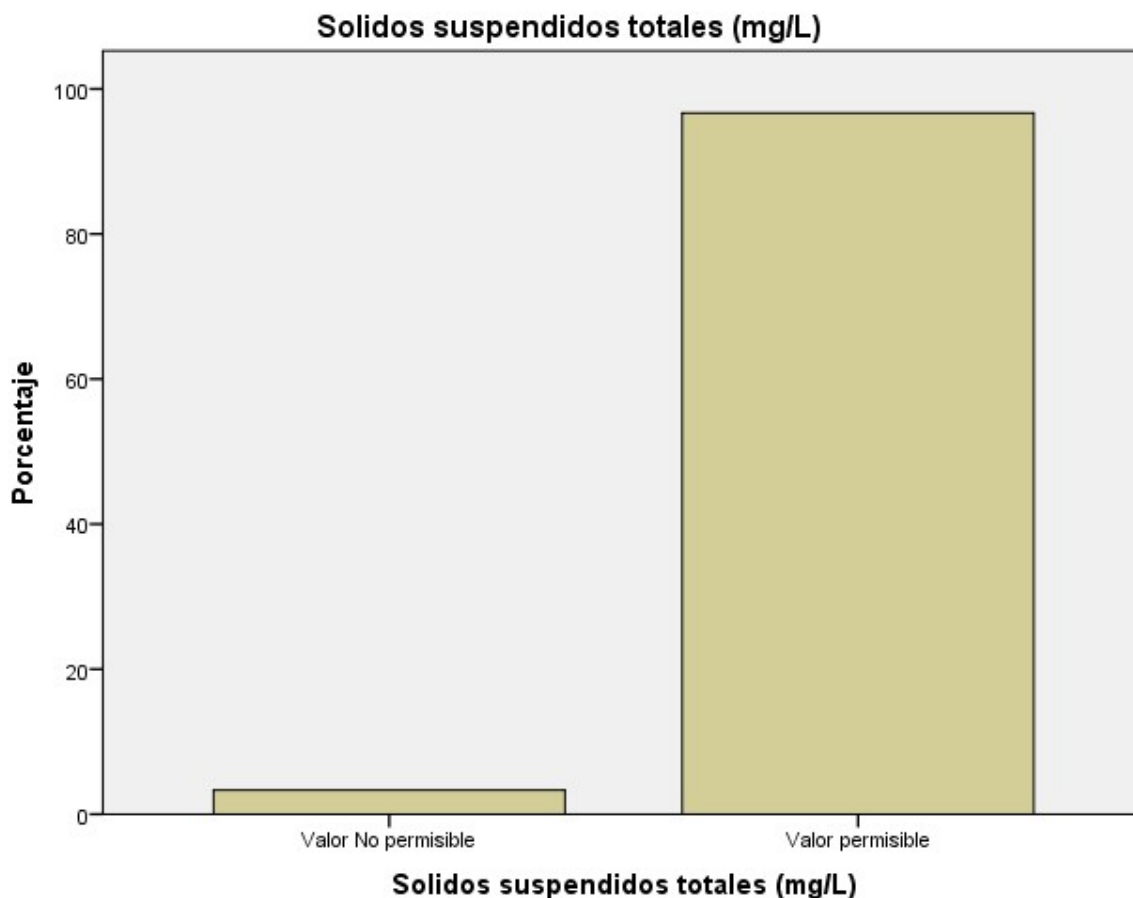
**Tabla 40: Muestras de Solidos suspendidos totales tomadas a la salida de la PTAR después de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

**Solidos suspendidos totales (mg/L)**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Muestras Validas	Valor No permisible	1	3.3	3.3	3.3
	Valor permisible	29	96.7	96.7	100.0
	Total	30	100.0	100.0	

Fuente: Datos del investigador

**Grafico 7:** Muestras Post Tratamiento de Solidos suspendidos totales con los porcentajes de los valores permisibles y no permisibles después de efectuar las propuestas de mantenimiento – PTAR Aplao, julio-agosto 2018.



Fuente: Tabla 40

**Interpretación:** Del gráfico 7 se observa que el mayor porcentaje (96.7%) de muestras de Solidos suspendidos totales tienen un valor permisible el cual si cumple con los ECA y en un menor porcentaje (3.3%) son muestras que tienen valores no permisibles y que no cumplen con los ECA.

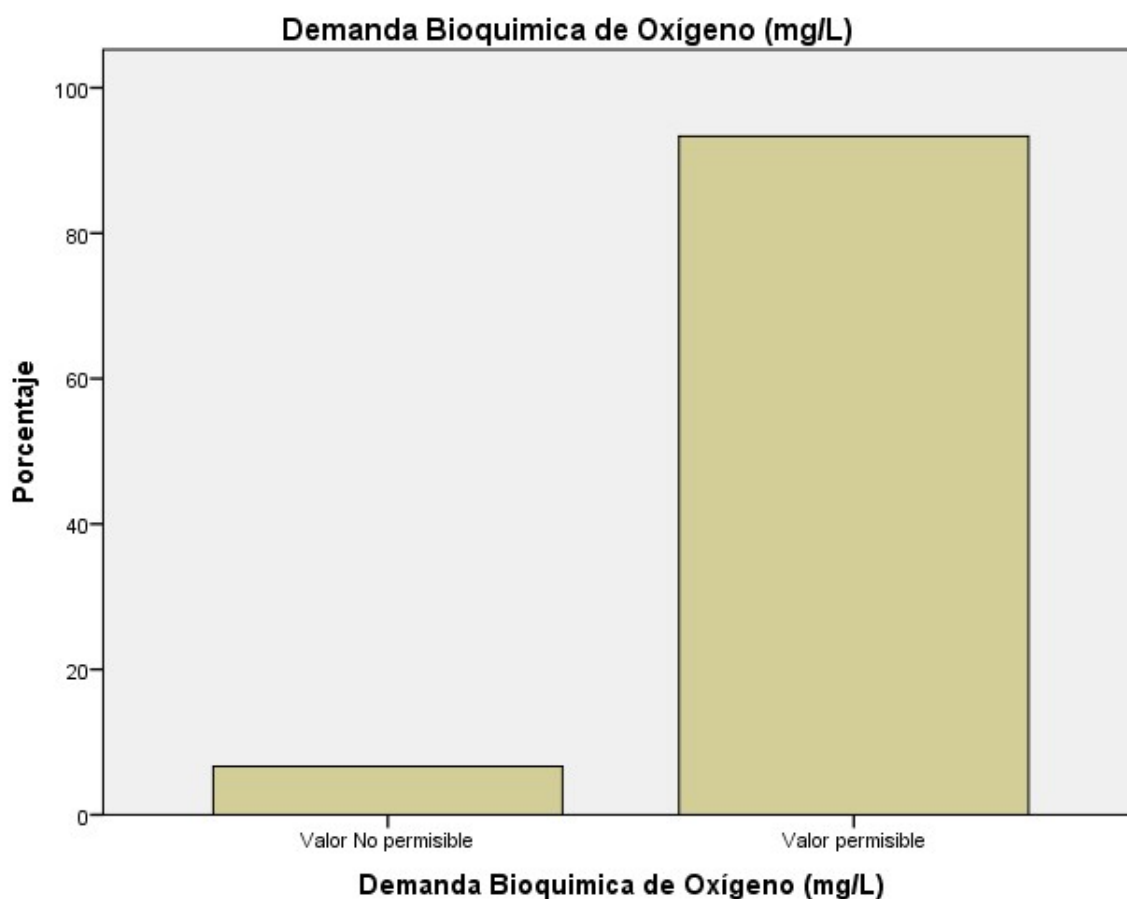
**Tabla 41: Muestras de Demanda Bioquímica de Oxígeno tomadas a la salida de la PTAR después de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Muestras Validas	Valor No permisible	2	6.7	6.7	6.7
	Valor permisible	28	93.3	93.3	100.0
	Total	30	100.0	100.0	

Fuente: Datos del investigador

**Grafico 8:** Muestras Post Tratamiento de la Demanda bioquímica de oxígeno con los porcentajes de los valores permisibles y no permisibles después de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos de la PTAR Aplao, julio-agosto 2018.



Fuente: Tabla 41

**Interpretación:** Del gráfico 8 se observa que el mayor porcentaje (93.3%) de muestras de Demanda Bioquímica de oxígeno tienen un valor permisible el cual si cumple con los ECA y en un menor porcentaje (6.7%) son muestras que tienen valores no permisibles y que no cumplen con los ECA.

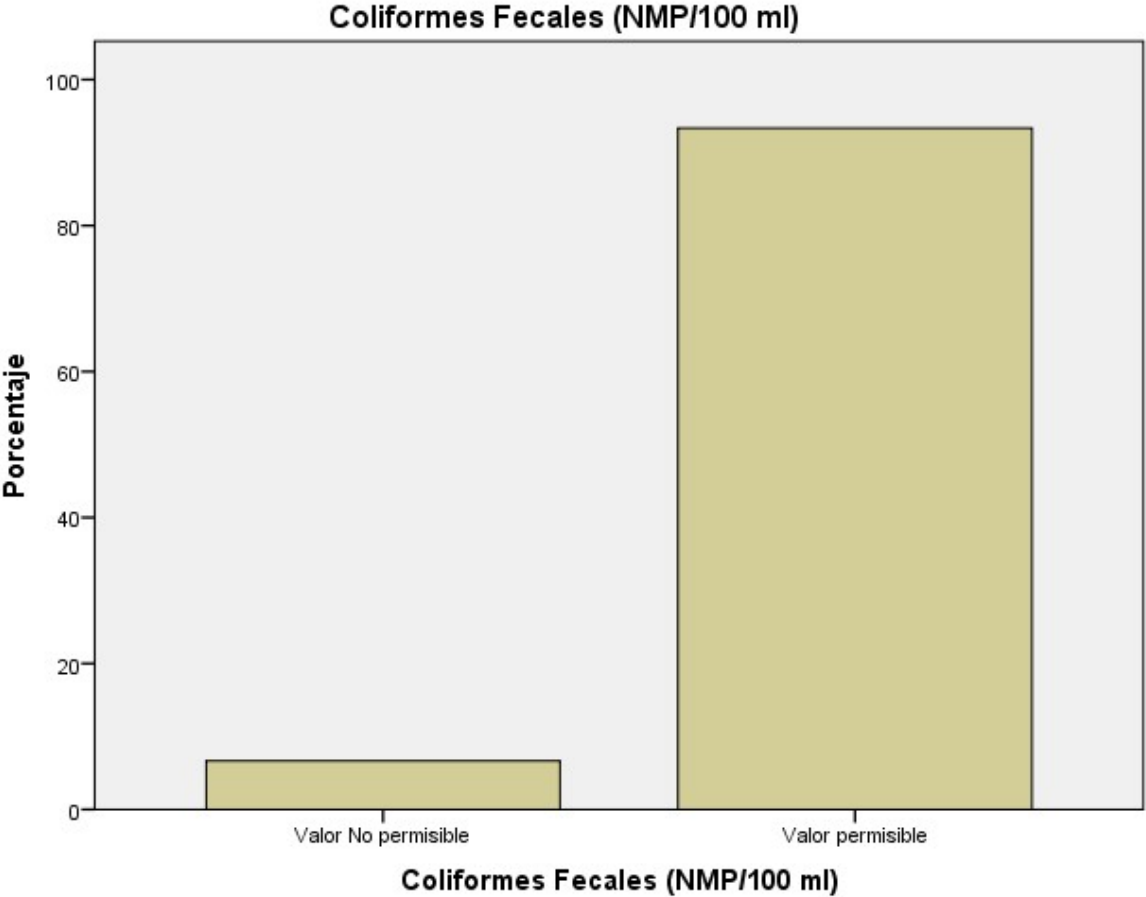
**Tabla 42: Muestras de Coliformes fecales tomadas a la salida de la PTAR después de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

**Coliformes Fecales (NMP/100 ml)**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Muestras Validas	Valor No permisible	2	6.7	6.7	6.7
	Valor permisible	28	93.3	93.3	100.0
	Total	30	100.0	100.0	

Fuente: Datos del investigador

**Grafico 9:** Muestras Post Tratamiento de Coliformes fecales con los porcentajes de los valores permisibles y no permisibles después de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos de la PTAR Aplao, julio-agosto 2018.



Fuente: Tabla 42

**Interpretación:** Del gráfico 9 se observa que el mayor porcentaje (93.3%) de muestras de Coliformes fecales tienen un valor permisible el cual si cumple con los ECA y en un menor porcentaje (6.7%) son muestras que tienen valores no permisibles y que no cumplen con los ECA.

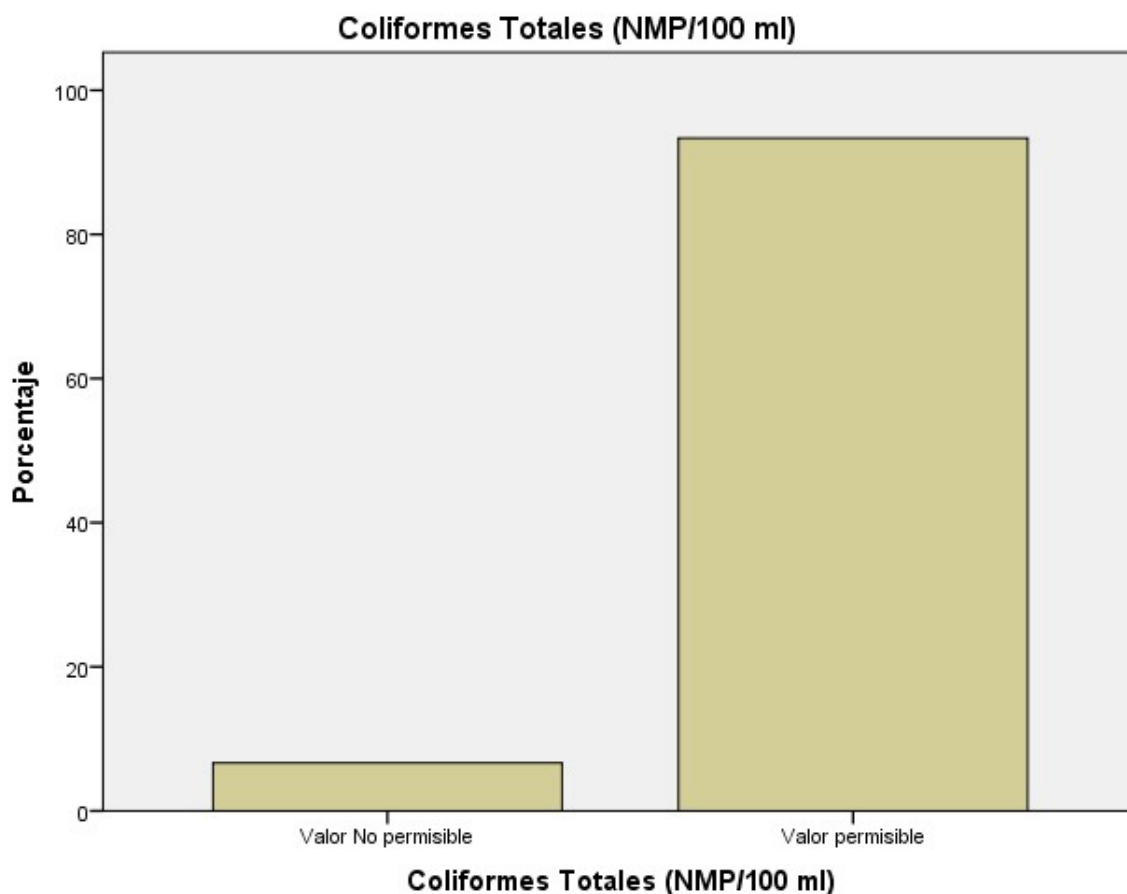
**Tabla 43: Muestras de Coliformes totales tomadas a la salida de la PTAR después de efectuar las propuestas de mantenimiento.**

**Coliformes Totales (NMP/100 ml)**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Muestras Validas	Valor No permisible	2	6.7	6.7	6.7
	Valor permisible	28	93.3	93.3	100.0
	Total	30	100.0	100.0	

Fuente: Datos del investigador

**Grafico 10:** Muestras Post Tratamiento de Coliformes totales con los porcentajes de los valores permisibles y no permisibles después de efectuar las propuestas de mantenimiento a los equipos de la PTAR Aplao, julio-agosto 2018.



Fuente: Tabla 43

**Interpretación:** Del gráfico 10 se observa que el mayor porcentaje (93.3%) de muestras de Coliformes totales tienen un valor permisible el cual si cumple con los ECA y en un menor porcentaje (6.7%) son muestras que tienen valores no permisibles y que no cumplen con los ECA.

## 6.2. Discusión de resultados

En cuanto a la hipótesis 1 se ha encontrado que existen un conjunto de factores asociados para verificar si son aceptables las propuestas de mantenimiento de los equipos electromecánicos y su relación con la calidad del tratamiento de las aguas Residuales en el Distrito de Aplao - Castilla - Arequipa - 2018. En primer lugar la aplicación de una propuesta de mantenimiento preventivo-predictivo y correctivo a los equipos electromecánicos influye significativamente en la calidad del agua tratada, de los cuales se dispone en las instalaciones de la Planta Tratamiento de Agua Residual. El contar con equipos adecuados para el tratamiento de las aguas servidas, repercute en la calidad del agua tratada de acuerdo a una buena eficiencia en el proceso de tratamiento del agua residual, la cual no afecta a los cultivos, la salud de la población y Medio Ambiente, ya que el agua que se vierte a los canales de regadío tendría un bajo porcentaje de parámetros microbiológicos, las cuales son permitidos para el Riego de vegetales y vertimiento a cuerpos de agua. Otro factor asociado es el de contar con el presupuesto para mantener este sistema adecuado y poder efectuar los mantenimientos respectivos, los cuales repercuten en una mayor necesidad de recursos económicos para la mantención y aplicación de estos procedimientos. Aparte la aplicación de técnicas de desinfección que cumpla los estándares de calidad permitidos, implica que los métodos de desinfección de las aguas residuales tienen que ser eficientes, garantizando la calidad del agua, respetando los estándares de calidad permitidos, por ende el aplicar un adecuado mantenimiento preventivo-

predictivo y correctivo indica un alto valor de eficiencia en el tratamiento del agua ya que estas propuestas contribuyeron a disminuir los agentes patógenos o toda vida microbiana en el proceso de tratamiento, el cual es un beneficio para la población y Medio Ambiente. Tal y como lo detalla el decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, la cual aprueba los estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el agua con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancia o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua en su condición de cuerpo receptor. En este decreto se establece que los estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el agua, son referente obligatorio para el otorgamiento de las autorizaciones del vertimiento de Agua Residuales y a su vez establece que la Autoridad Nacional del Agua a efecto de asignar la categoría a los cuerpos de agua respecto a su calidad deberá utilizar categoría establecidas en los ECA para aguas vigentes. Para el caso de aguas residuales está clasificado en la Categoría 3 la cual indica Riego de vegetales y bebida de animales, la cual se detalla en vegetales de tallo alto, tallo corto y bebida de animales y aparte la Categoría 4 el cual indica el vertimiento a cuerpos de agua (Ríos, Lagos, lagunas). Esto a la vez se relaciona con la ley de recursos hídricos N° 29338, que la ANA juntamente con sus Programa de Adecuación de Vertimientos y Reúso (PAVER), autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambientales y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización, todo esto

según el artículo 79 de esta ley de recursos hídricos. Según el artículo 82 de esta misma ley, se detalla que La Autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca, autoriza el reúso del agua residual tratada, según el fin para el que se destine la misma.

En cuanto a la hipótesis 2, se refiere a la eficiencia de la calidad del tratamiento de las aguas residuales ya que está relacionada con una cultura en aspectos técnicos, sanitarios y legales. Para la aplicación de un adecuado proceso de tratamiento de las aguas residuales, es más que todo al apoyo de conocimiento para el reúso de las aguas ya que como sucede actualmente las condiciones de la planta son las adecuadas para el tratamiento de aguas servidas ya que cumple con los estándares máximos permisibles para el proceso. Aparte de que se cuenta con un personal técnico adecuado para la operación de esta planta, los cuales han sido capacitados bajo criterios y conocimientos adecuados para la operación y procesamiento de las aguas servidas. Otro punto a detallar es el interés por parte de las autoridades ya que se toman acciones inmediatas por mejorar estos aspectos mínimos, las cuales repercuten en la calidad de vida de la población y el Medio Ambiente. Otro punto el cual también influye es el de contar con recursos económicos, las cuales repercuten en la mejora de todo este sistema. Con respecto a un adecuado mantenimiento, operación y monitoreo de la planta de tratamiento de aguas residuales es más que todo a la capacitación constante en la materia, pues con estos aportes se da los resultados que se espera, ya que realizar este tipo de procesos requiere de un entrenamiento exclusivo para el personal

quien operara, dará el mantenimiento y el monitoreo adecuado de esta planta. El respetar lo cronogramas de mantenimiento de todos los Equipos de PTAR garantizara una adecuada eficiencia en el proceso de tratamiento de las aguas servidas. El efectuar los mantenimientos de los equipos dentro de sus fechas estimadas de inspección, garantizará un óptimo desempeño de estos, evitando sobrecostos e inestabilidad en el momento de la Producción de la PTAR.

## CONCLUSIONES

- Sobre las propuestas de mantenimiento de los equipos estos influyen significativamente en la calidad del agua procesada en la planta de tratamiento de aguas residuales de Aplao, ya que aplicando las propuestas de mantenimiento preventivo-predictivo y correctivo se obtuvo un resultado óptimo pues al realizar las pruebas de laboratorio, los resultados del análisis de las muestras de este proceso fueron los adecuados ya que la carga microbiana presente fue mínima cumpliendo con los estándares de la calidad del agua.
- Sobre la calidad del tratamiento de las aguas residuales esta se relaciona con una cultura en aspectos legales, sanitarios y técnicos para la aplicación de un adecuado mantenimiento, operación y monitoreo de la planta de tratamiento ya que es la forma más frecuente en la que la calidad del agua procesada de la planta cumpla los límites máximos permisibles ya que con la capacitación constante e instrucción que se brindó al personal de la PTAR, se mantengan los procesos adecuados para una óptima operación, mantenimiento y monitoreo. El cumplir con los cronogramas de mantenimiento de los equipos implica que la planta se encuentre en óptimas condiciones, además el cumplir con los cronogramas de mantenimiento de los equipos influye significativamente en el desempeño y/o funcionamiento de estos y posteriormente en el proceso de las aguas servidas.

- Los resultados de esta investigación permiten determinar que la calidad del agua residual procesada en el Distrito de Aplao es la adecuada ya que cumple con los estándares Máximos Permisibles establecidos por la ECA y el MINAM.

## RECOMENDACIONES

- Utilizar e implementar adecuadas propuestas de mantenimiento que cumplan los estándares de calidad permitidos en los procesos de tratamiento de los cuales se obtengan resultados con parámetros admisibles en las aguas procesadas. El contar hoy en día con este tipo de mantenimiento es muy rentable ya que prolongara la vida útil de los equipos evitando sobrecostos y mejora la eficiencia de la planta al momento de procesar las aguas residuales. El organizar y efectuar los mantenimientos respectivos, respetando los cronogramas de mantenimiento de los equipos influenciara en el desempeño adecuado y óptima eficiencia en su funcionamiento.
- Capacitar, orientar y formar al personal para que estos ejecuten una adecuada operación, mantenimiento y monitoreo de la planta con el fin de obtener un buen procesamiento de las aguas servidas. Además efectuar trabajos de remodelación y mantenimiento de las estructuras de la planta para optimizar el procesamiento de las aguas residuales. Sugerir a los operadores de la planta que tengan en cuenta cumplir todos los procedimientos y pasos para la operación y mantenimiento de la PTAR y obtener una buena producción de agua tratada.

- Difundir la magnitud del problema de la calidad en los procesos de tratamiento de aguas residuales en la toda la Región de Arequipa y el resto del país ya que las propuestas de mantenimiento que se implementaron son los adecuados, el cual evita los efectos negativos tanto en la población como al medio ambiente. Priorizar esta situación y sensibilizar a las autoridades a tomar cartas en el asunto ya que es un problema de impacto ambiental y salud pública.

## FUENTES DE INFORMACION

- ADALBERTO NOYOLA - (2008) - Innovaciones en el tratamiento de Aguas Residuales Domesticas en Latinoamérica.
- Marín Ocampo, Manuel Osés Pérez – (2008) - Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con el Proceso de Lodos Activados TOMO I y II. - Comisión Estatal de Agua de Jalisco México.<sup>(2)</sup>
- AUGUSTO SORREQUIETA - (2004) - Aguas Residuales: Reusó y tratamiento. Lagunas de estabilización un opción para Latinoamérica.
- Consorcio Lima Sur – 2012 - MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE PUCUSANA – Sedapal.<sup>(6)</sup>
- EDUARDO RONZANO; JOSÉ LUIS DAPENA - (1995) - Tratamiento biológico de las aguas residuales.
- ELIET VELIZ LORENZO, JOSÉ GUADALUPE LLANES OCAÑA, LIDIA ASELA FERNÁNDEZ Y MAYRA BATALLER VENTA - (2007) - Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola. Valoración crítica.
- Hernández-Sancho & Ramón Sala - (2007) - EFICIENCIA TÉCNICA Y ESTACIONALIDAD EN LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - Universidad de Valencia.<sup>(3)</sup>
- FRESENIUS, W.; SCHNEIDER, W.; BÖHNKE, B.; PÖPPINGHAUS, K.M. GTZ; CEPIS - (1991) - Manual de disposición de aguas residuales; origen, descarga, tratamiento y análisis de las aguas residuales.

- Goulds Pumps – Manual de Operación y Mantenimiento.<sup>(17)</sup>
- Ing. Ma. E. Velasco – (2010) - MODELACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS - Universidad de Baja California.<sup>(1)</sup>
- Ing. Fernández Estela – (2001) - AGUAS RESIDUALES EN EL PERÚ, PROBLEMÁTICA Y USO EN LA AGRICULTURA - Autoridad Nacional del Agua - Ministerio de Agricultura.<sup>(7)</sup>
- Ing. Julio Moscoso Cavallini – (2011) - ESTUDIO DE OPCIONES DE TRATAMIENTO Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES EN LIMA METROPOLITANA.<sup>(8)</sup>
- Ing. Pedro del Rio; Lic. Joaquín Gutiérrez Díaz - (2008) - MANEJO INTEGRADO DE LOS RECURSOS HIDRICOS EN EL RÍO CHILI – AREQUIPA, EVALUACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LOS NIVELES DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.<sup>(10)</sup>
- ING. JAIM KLEIN - (2008) - Tratamiento de Aguas Residuales y su Reúso en el Agro.
- Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos – (2005) – Calculo de Indicadores de Disponibilidad.<sup>(13)</sup>
- JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS - (2005) - Lagunas de estabilización de aguas residuales.
- JOSE MATOS MAR - (2003) - Aguas Residuales, Agricultura y Alimentación en la Gran Lima.

- LEANDRO OLALLA MERCADÉ; MIGUEL DÍAZ DÍEZ. - (2006) - Utilización de aguas residuales y lodos, depuración en agricultura.
- Lira Martínez Manuel Alejandro – (2009) - Diseño de sistema de tratamiento de aguas residuales con la aplicación de software Uralita en Poza Séptica – Instituto Tecnológico de Cancún.<sup>(14)</sup>
- MANUEL GIL RODRIGUEZ - (2006) - Depuración de aguas residuales: modelización de procesos de lodos activos.
- Grazia Rossi Luna – (2010) - OPORTUNIDADES DE MEJORAS AMBIENTALES POR EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL PERÚ - Fondo Nacional del Ambiente - Perú.<sup>(9)</sup>
- MARIANO SEOÁNEZ - (2012) - Manual de las Aguas Residuales Industriales.
- Metodología de mejora de Procesos – (2008) – Lean Six Sigma.<sup>(12)</sup>
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA. - (2013) - Sistematización sobre Tratamiento y Reúso de Aguas Residuales.
- NAPOLEON ZAMBRANO ALFONSO - (2007) - Recolección de Aguas Residuales.
- NELSON COBBA - (2011) - Métodos Normalizados para Análisis de Aguas Potables y Residuales.
- Portal Agrario. Perú – (2018).<sup>(42)</sup>
- Pro inversión – (2015) - SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA CUENCA DEL LAGO CIENEGUILLAS – ORCOPAMPA - AREQUIPA - Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.<sup>(11)</sup>

- Programa de Adecuación y Vertimientos y Reúso de Agua Residuales.<sup>(41)</sup>
- QUÍM. MARÍA LUISA CASTRO DE ESPARZA OFICIAL TÉCNICO / ING. ALBERTO FLÓREZ MUÑOZ - (1990) - Evaluación de riesgos para la salud por el uso de las aguas residuales en agricultura.
- M. Ayres & D. Duncan Mara – (1996) - EL ANÁLISIS DE LAS AGUAS RESIDUALES PARA SU USO EN LA AGRICULTURA - Departamento de Ingeniería Civil - Universidad de Leeds, Inglaterra.<sup>(4)</sup>
- RODRIGO BERNAL CUERVO - (2002) - Tratamiento y pos tratamiento de aguas residuales.
- Wikipedia - Número más Probable pies cúbicos por cada 100 ml de Agua.<sup>(43)</sup>
- Medrano Vargas – (2008) - EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE ALBA RANCHO (SEMAPA) CON FINES DE RIEGO - El Centro de Levantamientos Aeroespaciales y Aplicaciones SIG para el Desarrollo Sostenible de los Recursos Naturales (CLAS) - Universidad Mayor de San Simón.<sup>(5)</sup>

## REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- [//agua.org.mx/que-es/](http://agua.org.mx/que-es/) <sup>(29)</sup>
- [//conceptodefinicion.de/proceso.](http://conceptodefinicion.de/proceso.) <sup>(25)</sup>
- [//cordis.europa.eu/result/rcn/80805\\_es.html](http://cordis.europa.eu/result/rcn/80805_es.html). <sup>(31)</sup>
- [//educalingo.com/es/dic-es/electromecánico.](http://educalingo.com/es/dic-es/electromecánico.) <sup>(24)</sup>
- [//es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia.](http://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia.) <sup>(16)</sup>
- [//es.wikipedia.org/wiki/Equipamiento-industrial.](http://es.wikipedia.org/wiki/Equipamiento-industrial.) <sup>(21)</sup>
- [//es.wikipedia.org/wiki/Calidad.](http://es.wikipedia.org/wiki/Calidad.) <sup>(28)</sup>
- [//es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento.](http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento.) <sup>(26)</sup>
- [//es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales.](http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_de_aguas_residuales.) <sup>(30)</sup>
- [//es.wikipedia.org/wiki/Sedimentaci%C3%B3n.](http://es.wikipedia.org/wiki/Sedimentaci%C3%B3n.) <sup>(34)</sup>
- [//es.scribd.com/document/354334800/Aguas-Residuales.](http://es.scribd.com/document/354334800/Aguas-Residuales.) <sup>(35), (36)</sup>
- [//iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos.](http://iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos.) <sup>(27)</sup>
- [//neoquim.com/la-desinfección/](http://neoquim.com/la-desinfección/) <sup>(37)</sup>
- [//Nitrógeno \(N\), fósforo \(P\), y potasio \(K\) – Wikipedia.](#) <sup>(15)</sup>
- [//oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827.](http://oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827.) <sup>(32)</sup>
- [//peapt.blogspot.com/p/que-es-la-tecnologia.html.](http://peapt.blogspot.com/p/que-es-la-tecnologia.html.) <sup>(38)</sup>
- [//renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf](http://renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf) <sup>(18), (19), (20)</sup>
- [//renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf](http://renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf) <sup>(22)</sup>
- [//repository.udistrital.edu.co/bitstream/](http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/) <sup>(39)</sup>
- [//sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39054](http://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39054) <sup>(40)</sup>
- [//xylem.com/siteassets/sanitaire-resources/biologicaltreatmentprocess.](http://xylem.com/siteassets/sanitaire-resources/biologicaltreatmentprocess.) <sup>(33)</sup>
- [//200.11.208.195/blogRedDocente/alexisduran/wpcontent/uploads/2015/11/15confiabilidad.pdf](http://200.11.208.195/blogRedDocente/alexisduran/wpcontent/uploads/2015/11/15confiabilidad.pdf) <sup>(23)</sup>

## **ANEXOS**

### **ANEXO 1**

#### **MATRIZ DE CONSISTENCIA**

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

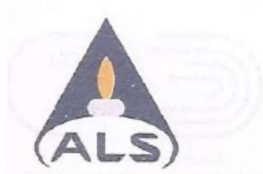
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>1. PROBLEMA</b></p> <p><b>1.1 Problema General</b></p> <p>¿La eficiencia en el mantenimiento de equipos influye en la calidad del tratamiento de las aguas residuales en el Distrito de Aplao – Castilla – Arequipa - 2018?</p> <p><b>1.2 Problemas específicos</b></p> <p>¿Es importante la eficiencia en el mantenimiento de equipos para el tratamiento de las aguas residuales en el distrito de Aplao – Castilla – Arequipa - 2018?</p> <p>¿Cómo se determina la calidad del tratamiento de las aguas residuales en el distrito de Aplao – Castilla – Arequipa - 2018?</p>	<p><b>2. OBJETIVOS</b></p> <p><b>2.1 Objetivo general.</b></p> <p>Determinar la influencia que existe en la Eficiencia del Mantenimiento de equipos con la calidad del tratamiento de las aguas residuales en el distrito de Aplao – Castilla – Arequipa – 2018</p> <p><b>2.2 Objetivos específicos.</b></p> <p>Determinar la importancia de la eficiencia del mantenimiento de los equipos para el tratamiento de las aguas residuales en el Distrito de Aplao – Castilla – Arequipa – 2018.</p> <p>Determinar la calidad del tratamiento de las aguas residuales en el Distrito de Aplao – Castilla – Arequipa – 2018.</p>	<p><b>3. HIPÓTESIS.</b></p> <p><b>3.1 Hipótesis General</b></p> <p>La Eficiencia en el mantenimiento de Equipos está relacionada significativamente con los Procedimientos de Trabajo que intervienen en la calidad del tratamiento de las aguas residuales en el Distrito de Aplao – Castilla – Arequipa - 2018.</p> <p><b>3.2 Hipótesis Específicas</b></p> <p>Es significativamente aceptable el mantenimiento de los equipos para el tratamiento de las aguas residuales en el distrito de Aplao – Castilla – Arequipa - 2018.</p> <p>Es significativamente eficiente la calidad del tratamiento de las aguas residuales en el distrito Aplao – Castilla – Arequipa - 2018.</p>	<p><b>4. VARIABLES E INDICADORES</b></p> <p><b>VI:</b> Eficiencia en el mantenimiento de equipos.</p> <p><b>Indicadores:</b></p> <p>-Aplicación de adecuados procedimientos de mantenimiento de equipos para el procesamiento de las aguas servidas</p> <p>- Capacitación permanente a los operadores.</p> <p><b>VD:</b> Calidad del Tratamiento de Aguas Residuales.</p> <p><b>Indicadores:</b></p> <p>-Presencia mínima de sólidos suspendidos Totales (TSS)</p> <p>- Presencia mínima de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)</p> <p>- Presencia mínima de Coliformes Fecales</p>	<p><b>5. Tipo de Investigación:</b> Aplicada.</p> <p><b>6. Nivel de estudio:</b> Descriptivo.</p> <p><b>7. Diseño:</b> Descriptivo Explicativo.</p> <p><b>8. Población:</b> La población para fines de estudio estuvo constituida por los parámetros de Operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Aplao – Castilla – Arequipa.</p> <p><b>9. Muestra:</b> La muestra estuvo conformada por los parámetros eléctricos, hidráulicos y mecánicos de los equipos en donde se verifico el estado en que se encontraban estos. Por otro lado la muestra también estuvo conformado por los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua residual en la cual se tomaron muestras tanto al ingreso como a la salida de la planta las cuales fueron llevadas a un laboratorio para su análisis.</p> <p><b>10. Instrumentos:</b> Medidores de OD y TSS y muestras analizadas en el laboratorio. Instrumentos de medición electromecánicos e hidráulicos.</p>

## **ANEXO 2**

**Análisis de Muestras tomadas en la Planta de Tratamiento de Aguas**

**Residuales de Aplao (Resultados de parámetros)**

**Análisis de Parámetros del agua residual antes de efectuar la mejora a la propuesta de mantenimiento de los equipos de tratamiento.**



LABORATORIO DE ENSAYO Y ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-029



INFORME DE ENSAYO: 507/2018

**Ing. Juan Eduardo Barrios Quintanilla**  
**PTAR APLAO**

Emitido por Felipe Campos Yauce

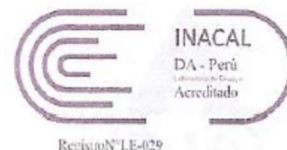
Impreso el 21/06/2018

  
ING. FELIPE CAMPOS YAUCE  
CIP: 136473  
JEFE DE LABORATORIO - SEDE AREQUIPA  
UNIDAD DE NEGOCIOS DE PERU  
CORPLAB SAC

Page 1 de 6

"EPA": U.S. Environmental Protection Agency "SM": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater "ASTM": American Society for Testing and Materials  
El presente documento es redactado íntegramente en Corplab, su alteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regirá por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de Corplab Peru Sacs; solo es válido para las muestras referidas en el presente informe.  
El Lote de muestras que incluyen el presente informe será descartado a los 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.  
El período de custodia de la muestra durante se establecerá en función al mantenimiento de las características evaluadas inicialmente en el producto así como su perecibilidad.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Ci. Russei 193 - Surquillo (Alt. Cdra. 40 Av. Aviación) Lima 34 - Perú Tel.Fax: (511) 204-2000  
Av. Dolores 167 José Luis Bustamante y Rivero - Arequipa Perú Tel.: (054) 424570  
e-mail : peru@corplab.net web: www.corplab.net



INFORME DE ENSAYO: 507/2018  
Muestra: 8972/2018 -1.0

Procedimiento de Muestreo:	Realizado por el cliente
Estación de Muestreo:	PTAR INGRESO
Ubicación Geográfica:	---
Descripción Procedencia de la Muestra:	Reservado por el cliente
Condición de la Muestra Ensayada:	Muestra en buen estado de conservación
Tipo de Muestra:	Agua Residual Doméstica
Fecha y Hora de Muestreo:	13/06/2018 14:50:00
Fecha y Hora de Recepción:	15/06/2018 11:00:00

Numeración de Coliformes Totales					
Parámetro	Unidad	Fecha de Análisis	Límite de Detección	Límite de Cuantificación	Resultado
Coliformes Totales	NMP/100mL	15/06/2018	1,8	1,8	140000

Numeración de Coliformes Fecales					
Parámetro	Unidad	Fecha de Análisis	Límite de Detección	Límite de Cuantificación	Resultado
Coliformes Fecales	NMP/100mL	15/06/2018	1,8	1,8	200

Sólidos Totales Suspendidos					
Parámetro	Unidad	Fecha de Análisis	Límite de Detección	Límite de Cuantificación	Resultado
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	15/06/2018	2	5	150

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)					
Parámetro	Unidad	Fecha de Análisis	Límite de Detección	Límite de Cuantificación	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15/06/2018	2	5	114

Observaciones					
ND = No Detectado					
La fecha de análisis de los parámetros perecibles indicados en el Informe de Ensayo corresponde a la fecha de ingreso de resultados al sistema.					

"EPA": U.S. Environmental Protection Agency "SM": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater "ASTM": American Society for Testing and Materials  
El presente documento es redactado íntegramente en Corplab, su alteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de Corplab Peru Snc; solo es válido para las muestras referidas en el presente informe.  
El Lote de muestras que incluyen el presente informe será almacenado a los 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.  
El periodo de custodia de la muestra únicamente se establecerá en función al mantenimiento de las características evaluadas inicialmente en el producto así como su perecibilidad.  
Los resultados de los análisis no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



INFORME DE ENSAYO: 507/2018

Muestra: 8973/2018 -1.0

Procedimiento de Muestreo:	Realizado por el cliente
Estación de Muestreo:	PTAR SALIDA
Ubicación Geográfica:	---
Descripción Procedencia de la Muestra:	Reservado por el cliente
Condición de la Muestra Ensayada:	Muestra en buen estado de conservación
Tipo de Muestra:	Agua Residual Doméstica
Fecha y Hora de Muestreo:	13/06/2018 15:35:00
Fecha y Hora de Recepción:	15/06/2018 11:00:00

Numeración de Coliformes Totales					
Parámetro	Unidad	Fecha de Análisis	Límite de Detección	Límite de Cuantificación	Resultado
Coliformes Totales	NMP/100mL	15/06/2018	1,8	1,8	51200

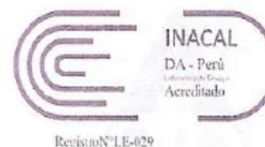
Numeración de Coliformes Fecales					
Parámetro	Unidad	Fecha de Análisis	Límite de Detección	Límite de Cuantificación	Resultado
Coliformes Fecales	NMP/100mL	15/06/2018	1,8	1,8	146

Sólidos Totales Suspendedos					
Parámetro	Unidad	Fecha de Análisis	Límite de Detección	Límite de Cuantificación	Resultado
Sólidos Totales Suspendedos	mg/L	15/06/2018	2	5	119

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)					
Parámetro	Unidad	Fecha de Análisis	Límite de Detección	Límite de Cuantificación	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15/06/2018	2	5	78

Observaciones					
ND = No Detectado					
La fecha de análisis de los parámetros percibibles indicados en el Informe de Ensayo corresponde a la fecha de ingreso de resultados al sistema.					

\* EPA: U.S. Environmental Protection Agency; "SM": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; "ASTM": American Society for Testing and Materials  
El presente documento es redactado íntegramente en Corplab, su elaboración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de Corplab Peru Snc, solo es válido para las muestras referidas en el presente informe.  
El lote de muestras que incluyen el presente informe será descartado a los 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.  
El período de custodia de la muestra directamente se establecerá en función al mantenimiento de las características evaluadas inicialmente en el producto así como su perechibilidad.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



INFORME DE ENSAYO: 507/2018

Metodologías Aplicadas				
Parámetro	Límite de Detección	Límite de Cuantificación	Método de Referencia	Descripción
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2	5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012	Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 Days BOD Test
Coliformes Totales	1,8	1,8	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 22nd Ed. 2012	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique
Coliformes Fecales	1,8	1,8	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 22nd Ed. 2012	Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure
Sólidos Totales Suspendidos	2	5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	Solids: Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
<b>Observaciones</b>				
Las metodologías de muestreo y análisis utilizadas por Corplab corresponden a las últimas versiones editadas.				

"EPA": U.S. Environmental Protection Agency "SM": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater "ASTM": American Society for Testing and Materials  
El presente documento es rescatado íntegramente en Corplab, su alteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de Corplab Perú Snc, solo es válido para las muestras referidas en el presente informe.  
El Lote de muestras que incluyen el presente informe será descartado a los 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.  
El periodo de custodia de la muestra durante se establecerá en función al mantenimiento de las características evaluadas inicialmente en el producto así como su perecibilidad.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



INFORME DE ENSAYO: 507/2018

Informe de Controles de Calidad: 2678/2018

Blanco de Sólidos Totales Suspendedos(TSS) (Agua)			
Código de Laboratorio	1240799		
Parámetros	Resultado	Unidad	Fecha de Análisis
Sólidos Totales Suspendedos	119	mg Sólidos Totales Suspendedos/L	15/06/2018

Estándar de Sólidos Totales Suspendedos(TSS) (Agua)	
Código de Laboratorio	1240800

Parámetros	Estándar de control	% R	Unidad	L.A. Exactitud (% R)	Fecha de Análisis
Sólidos Totales Suspendedos	25	96,0	%	90 - 110	15/06/2018

Estándar de Sólidos Totales Suspendedos(TSS) (Agua)	
Código de Laboratorio	1240801

Parámetros	Estándar de control	% R	Unidad	L.A. Exactitud (% R)	Fecha de Análisis
Sólidos Totales Suspendedos	250	104,8	%	90 - 110	15/06/2018

Informe de Controles de Calidad: 3313/2018

Blanco de Coliformes Totales 1,8 (Agua)			
Código de Laboratorio	1245300		
Parámetros	Resultado	Unidad	Fecha de Análisis
Coliformes Totales	51200	NMP/100 mL	15/06/2018

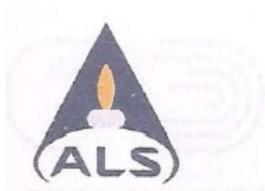
Control Positivo de Coliformes Totales 1,8 (Agua)	
Código de Laboratorio	1245361

Parámetros	Estándar de control	% R	Unidad	L.A. Exactitud (% R)	Fecha de Análisis
Coliformes Totales	Positivo	Positivo	NMP/100 mL		15/06/2018

Control Negativo de Coliformes Totales 1,8 (Agua)	
Código de Laboratorio	1245382

Parámetros	Estándar de control	% R	Unidad	L.A. Exactitud (% R)	Fecha de Análisis
Coliformes Totales	Negativo	Negativo	NMP/100 mL		15/06/2018

"EPA": U.S. Environmental Protection Agency "SM": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater "ASTM": American Society for Testing and Materials  
El presente documento es redactado íntegramente en Corplab, su alteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de Corplab Perú Snc; sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.  
El lote de muestras que incluyen el presente informe será descartado a los 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.  
El periodo de custodia de la muestra únicamente se establecerá en función al mantenimiento de las características evaluadas inicialmente en el producto así como su perecibilidad.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



**INFORME DE ENSAYO: 507/2018**  
**Informe de Controles de Calidad: 3319/2018**

Blanco de Coliformes Fecales (Termotolerantes) 1,8 (Agua)	
Código de Laboratorio	1245376

Control Positivo de Coliformes Fecales (Termotolerantes) 1,8 (Agua)	
Código de Laboratorio	1245377

Control Negativo de Coliformes Fecales (Termotolerantes) 1,8 (Agua)	
Código de Laboratorio	1245378

**Informe de Controles de Calidad: 3436/2018**

Blanco de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (Agua)	
Código de Laboratorio	1246070

Parámetros	Resultado	Unidad	Fecha de Análisis
Demanda Bioquímica de Oxígeno	78	mg/L	15/06/2018

Estándar de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (Agua)	
Código de Laboratorio	1246071

Parámetros	Estándar de control	% R	Unidad	LA. Exactitud (% R)	Fecha de Análisis
Demanda Bioquímica de Oxígeno	19,8	94,8	%	85 - 115	15/06/2018

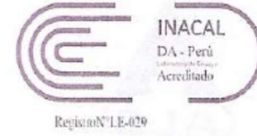
Estándar de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (Agua)	
Código de Laboratorio	1246072

Parámetros	Estándar de control	% R	Unidad	LA. Exactitud (% R)	Fecha de Análisis
Demanda Bioquímica de Oxígeno	198	102,9	%	85 - 115	15/06/2018

# Análisis de Parámetros del agua residual después de efectuar la mejora a la propuesta de mantenimiento de los equipos de tratamiento.



LABORATORIO DE ENSAYO Y ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-029



INFORME DE ENSAYO: 525 / 2018

Ing. Juan Eduardo Barrios Quintanilla  
PTAR APLAO

Emitido por Felipe Campos Yauce

Impreso el 11/07/2018

  
ING. FELIPE CAMPOS YAUCE  
CIP: 136473  
JEFE DE LABORATORIO - SEDE AREQUIPA  
UNIDAD DE NEGOCIOS DE PERU  
CORPLAB SAC

Page 1 de 6

\*EPA\*: U.S. Environmental Protection Agency \*SM\*: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater \*ASTM\*: American Society for Testing and Materials  
El presente documento es redactado íntegramente en Corplab, su alteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regirá por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de Corplab Peru Sacs; solo es válido para las muestras referidas en el presente informe.  
El lote de muestras que incluyen el presente informe será descartado a los 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.  
El período de custodia de la muestra durante se establecerá en función al mantenimiento de las características evaluadas inicialmente en el producto así como su perechibilidad.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

CI. Russe 193 - Surquillo (Alt. Cdra. 40 Av. Aviación) Lima 34 - Perú Tel.Fax: (511) 204-2000  
Av. Dolores 167 José Luis Bustamante y Rivero - Arequipa Perú Tel.: (054) 424570  
e-mail : peru@corplab.net web: www.corplab.net



## INFORME DE ENSAYO: 525 / 2018

Muestra: 9024 / 2018 - 1.0

Procedimiento de Muestreo:	Realizado por el cliente
Estación de Muestreo:	PTAR INGRESO
Ubicación Geográfica:	---
Descripción Procedencia de la Muestra:	Reservado por el cliente
Condición de la Muestra Ensayada:	Muestra en buen estado de conservación
Tipo de Muestra:	Agua Residual Doméstica
Fecha y Hora de Muestreo:	03/07/2018 14:50:00
Fecha y Hora de Recepción:	05/07/2018 11:00:00

Numeración de Coliformes Totales					
Parámetro	Unidad	Fecha de Análisis	Límite de Detección	Límite de Cuantificación	Resultado
Coliformes Totales	NMP/100mL	05/07/2018	1,8	1,8	141000

Numeración de Coliformes Fecales					
Parámetro	Unidad	Fecha de Análisis	Límite de Detección	Límite de Cuantificación	Resultado
Coliformes Fecales	NMP/100mL	05/07/2018	1,8	1,8	205

Sólidos Totales Suspendidos					
Parámetro	Unidad	Fecha de Análisis	Límite de Detección	Límite de Cuantificación	Resultado
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	05/07/2018	2	5	152

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)					
Parámetro	Unidad	Fecha de Análisis	Límite de Detección	Límite de Cuantificación	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	05/07/2018	2	5	115

Observaciones					
ND = No Detectado					
La fecha de análisis de los parámetros percibibles indicados en el informe de Ensayo corresponde a la fecha de ingreso de resultados al sistema.					



## INFORME DE ENSAYO: 525 / 2018

Muestra: 9025 / 2018 - 1.0

Procedimiento de Muestreo:	Realizado por el cliente
Estación de Muestreo:	PTAR SALIDA
Ubicación Geográfica:	---
Descripción Procedencia de la Muestra:	Reservado por el cliente
Condición de la Muestra Ensayada:	Muestra en buen estado de conservación
Tipo de Muestra:	Agua Residual Doméstica
Fecha y Hora de Muestreo:	03/07/2018 15:35:00
Fecha y Hora de Recepción:	05/07/2018 11:00:00

### Numeración de Coliformes Totales

Parámetro	Unidad	Fecha de Análisis	Límite de Detección	Límite de Cuantificación	Resultado
Coliformes Totales	NMP/100mL	05/07/2018	1,8	1,8	920

### Numeración de Coliformes Fecales

Parámetro	Unidad	Fecha de Análisis	Límite de Detección	Límite de Cuantificación	Resultado
Coliformes Fecales	NMP/100mL	05/07/2018	1,8	1,8	70

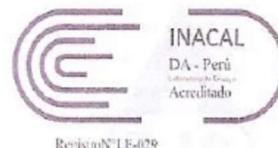
### Sólidos Totales Suspendedos

Parámetro	Unidad	Fecha de Análisis	Límite de Detección	Límite de Cuantificación	Resultado
Sólidos Totales Suspendedos	mg/L	05/07/2018	2	5	ND

### Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

Parámetro	Unidad	Fecha de Análisis	Límite de Detección	Límite de Cuantificación	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	05/07/2018	2	5	4

Observaciones
ND = No Detectado
La fecha de análisis de los parámetros perecibles indicados en el Informe de Ensayo corresponde a la fecha de ingreso de resultados al sistema.



## INFORME DE ENSAYO: 525 / 2018

Metodologías Aplicadas				
Parámetro	Límite de Detección	Límite de Cuantificación	Método de Referencia	Descripción
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2	5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012	Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 Days BOD Test
Coliformes Totales	1,8	1,8	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 22nd Ed. 2012	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
Coliformes Fecales	1,8	1,8	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 22nd Ed. 2012	Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure
Sólidos Totales Suspendedos	2	5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	Solids: Total Suspended Solids Dried at 103-105°C

### Observaciones

Las metodologías de muestreo y análisis utilizadas por Corplab corresponden a las últimas versiones editadas.



## INFORME DE ENSAYO: 525 / 2018

### Informe de Controles de Calidad: 2714 / 2018

Blanco de Sólidos Totales Suspensos(TSS) (Agua)			
Código de Laboratorio	1240799	Resultado	Unidad
Parámetros	Resultado	Unidad	Fecha de Análisis
Sólidos Totales Suspensos	ND	mg Sólidos Totales Suspensos/L	05/07/2018

Estándar de Sólidos Totales Suspensos(TSS) (Agua)	
Código de Laboratorio	1240800

Parámetros	Estándar de control	% R	Unidad	LA. Exactitud (% R)	Fecha de Análisis
Sólidos Totales Suspensos	25	96,0	%	90 - 110	05/07/2018

Estándar de Sólidos Totales Suspensos(TSS) (Agua)	
Código de Laboratorio	1240801

Parámetros	Estándar de control	% R	Unidad	LA. Exactitud (% R)	Fecha de Análisis
Sólidos Totales Suspensos	250	104,8	%	90 - 110	05/07/2018

### Informe de Controles de Calidad: 3386 / 2018

Blanco de Coliformes Totales 1,8 (Agua)			
Código de Laboratorio	1245360	Resultado	Unidad
Parámetros	Resultado	Unidad	Fecha de Análisis
Coliformes Totales	ND	NMP/100 mL	05/07/2018

Control Positivo de Coliformes Totales 1,8 (Agua)	
Código de Laboratorio	1245361

Parámetros	Estándar de control	% R	Unidad	LA. Exactitud (% R)	Fecha de Análisis
Coliformes Totales	Positivo	Positivo	NMP/100 mL		05/07/2018

Control Negativo de Coliformes Totales 1,8 (Agua)	
Código de Laboratorio	1245362

Parámetros	Estándar de control	% R	Unidad	LA. Exactitud (% R)	Fecha de Análisis
Coliformes Totales	Negativo	Negativo	NMP/100 mL		05/07/2018



LABORATORIO DE ENSAYO Y ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-029



Registro N° LE-029

## INFORME DE ENSAYO: 525 / 2018

Informe de Controles de Calidad: 3392 / 2018

Blanco de Coliformes Focales (Termotolerantes) 1,8 (Agua)	
Código de Laboratorio	1245376

Control Positivo de Coliformes Fecales (Termotolerantes) 1,8 (Agua)	
Código de Laboratorio	1245377

Control Negativo de Coliformes Fecales (Termotolerantes) 1,8 (Agua)	
Código de Laboratorio	1245378

## Informe de Controles de Calidad: 3495 / 2018

Blanco de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (Agua)	
Código de Laboratorio	1246070

Parámetros	Resultado	Unidad	Fecha de Análisis
Demanda Bioquímica de Oxígeno	ND	mg/L	05/07/2018

Estándar de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (Agua)	
Código de Laboratorio	1246071

Parámetros	Estándar de control	% R	Unidad	LA. Exactitud (% R)	Fecha de Análisis
Demanda Bioquímica de Oxígeno	19,8	94,8	%	85 - 115	05/07/2018

Estándar de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (Agua)	
Código de Laboratorio	1246072

Parámetros	Estándar de control	% R	Unidad	LA. Exactitud (% R)	Fecha de Análisis
Demanda Bioquímica de Oxígeno	198	102,9	%	85 - 115	05/07/2018

Page 6 de 6

"EPA": U.S. Environmental Protection Agency "SM": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater "ASTM": American Society for Testing and Materials  
El presente documento es redactado íntegramente en Corplab, su alteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regirá por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de Corplab Peru Snc; solo es válido para las muestras referidas en el presente informe.  
El lote de muestras que incluyen el presente informe será descartado a los 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.  
El periodo de custodia de la muestra durante se establecerá en función al mantenimiento de las características evaluadas inicialmente en el producto así como su perecibilidad.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Cl. Russel 193 - Surquillo (Alt. Cdra. 40 Av. Aviación) Lima 34 - Perú Tel.Fax: (511) 204-2000  
Av. Dolores 167 José Luis Bustamante y Rivero - Arequipa Perú Tel.: (054) 424570  
e-mail : peru@corplab.net web: www.corplab.net

**ANEXO 3**

**Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Categoría 3 y 4)**

**Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM**

## Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias

DECRETO SUPREMO  
N° 004-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para agua;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,

publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

### Artículo 1.- Objeto de la norma

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

### Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

### Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

#### 3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional

##### a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

##### - A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

##### - A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

##### - A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

##### b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente:

**- B1. Contacto primario**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

**- B2. Contacto secundario**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

**3.2 Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales****a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras**

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados.

**b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

**c) Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras**

Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

**d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas**

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

**3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales****a) Subcategoría D1: Riego de vegetales**

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

**- Agua para riego no restringido**

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

**- Agua para riego restringido**

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

**b) Subcategoría D2: Bebida de animales**

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno,

equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

**3.4 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático**

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

**a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos**

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

**b) Subcategoría E2: Ríos**

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

**- Ríos de la costa y sierra**

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

**- Ríos de la selva**

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

**c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos****- Estuarios**

Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

**- Marinos**

Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precítese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermiales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reuso.

**Artículo 4.- Asignación de categorías a los cuerpos naturales de agua**

4.1 La Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías establecidas en el presente Decreto Supremo atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.

4.2 En caso se identifique dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la Autoridad Nacional del Agua define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

**Artículo 5.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio**

5.1 Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.

b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.

c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos,

**Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoniaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH<sub>3</sub>)**

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

**Nota:**

(\*)El estándar de calidad de Amoniaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(\*\*)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoniaco-N (NH<sub>3</sub>-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoniaco (NH<sub>3</sub>).

**Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
<b>ORGÁNICO</b>				
<b>Bifenilos Policlorados</b>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
<b>PLAGUICIDAS</b>				
Paratión	µg/L	35		35
<b>Organoclorados</b>				
Aldrin	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrin	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
<b>Carbamato</b>				
Aldicarb	µg/L	1		11
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminths	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Nota 4:**

- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

## Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO <sub>3</sub> ) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH <sub>3</sub> )	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	$\geq$ 5	$\geq$ 5	$\geq$ 5	$\geq$ 4	$\geq$ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	$\leq$ 25	$\leq$ 100	$\leq$ 400	$\leq$ 100	$\leq$ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	$\Delta$ 3	$\Delta$ 3	$\Delta$ 3	$\Delta$ 2	$\Delta$ 2
<b>INORGÁNICOS</b>						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
<b>ORGÁNICOS</b>						
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles</b>						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
<b>BTEX</b>						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Bifenilos Policlorados</b>						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
<b>PLAGUICIDAS</b>						
<b>Organofosforados</b>						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
<b>Organoclorados</b>						
Aldrín	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrín	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrín	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,0000036	0,0000036

**ANEXO 4**  
**PANEL FOTOGRAFICO**

## SITUACION DE LOS EQUIPOS ELECTROMECANICOS ANTES DE EFECTUAR LAS PROPUESTAS DE MANTENIMIENTO

La mayoría de motores presentaban humedad dentro de la cámara de conexiones y estator así como desgaste de piezas.

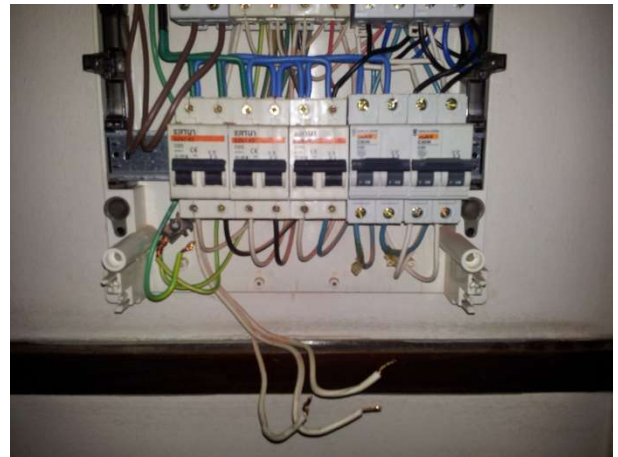
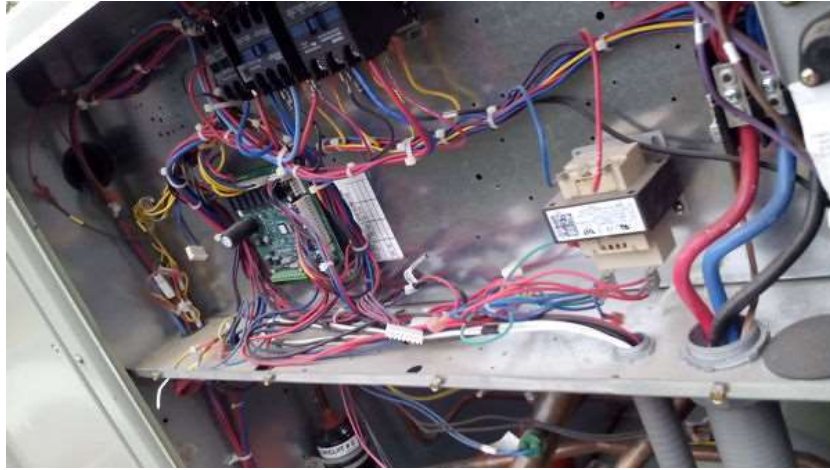




## Fugas de aceite en sopladores y electrobombas



Los componentes eléctricos de los tableros están sucios, con cables sueltos y algunos componentes dañados



**SITUACION DE LOS EQUIPOS ELECTROMECHANICOS DURANTE LA  
EJECUCION DE LAS PROPUESTAS DE MANTENIMIENTO**

**Mantenimiento de bombas sumergibles**



Mantenimiento a motores, recuperación de aislamiento, recuperación y reposición de piezas



## Mantenimiento a equipos de Tratamiento biológico



## Mantenimiento a componentes eléctricos





**SITUACION DE LOS EQUIPOS ELECTROMECHANICOS DESPUES DE  
EFECTUAR LAS PROPUESTAS DE MANTENIMIENTO**

**Fotos: Línea de Tratamiento de Agua de la PTAR**

**Ingreso de agua a la PTAR**

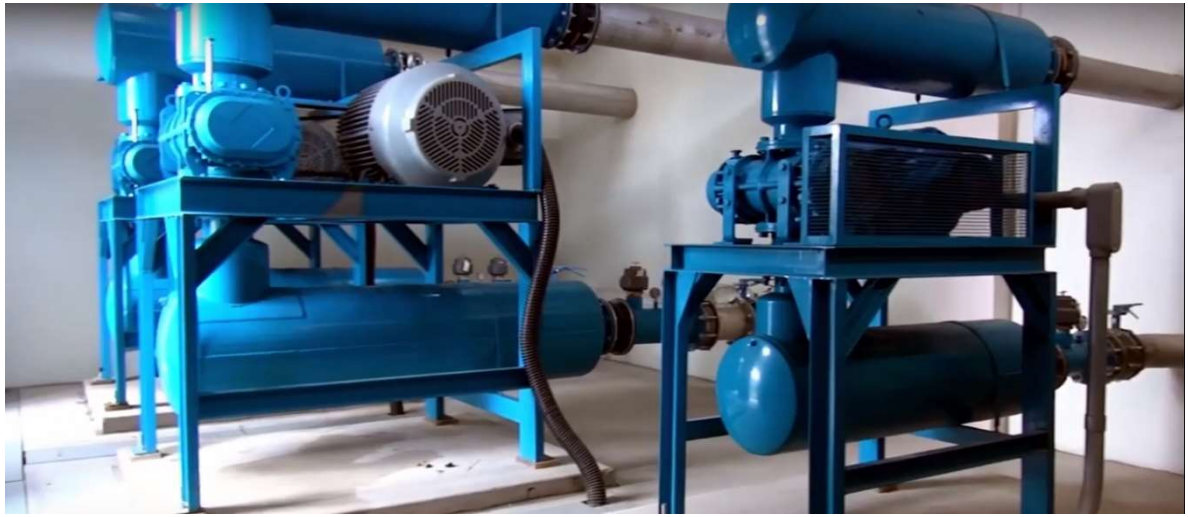


## Sistema de Tratamiento Preliminar – Tratamiento Primario



## Tratamiento Biológico – Tratamiento Secundario





## Ecuación



## Sistema de Filtración



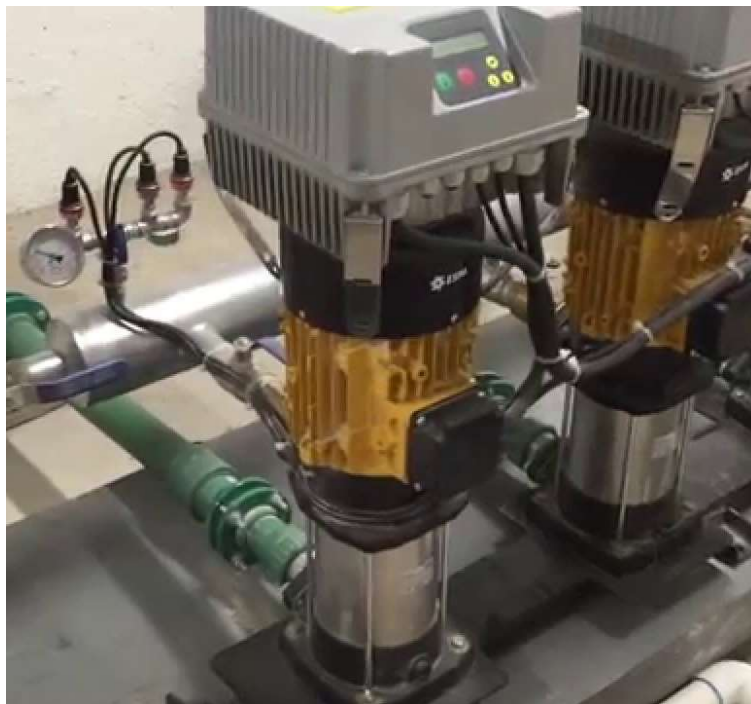
## Sistema de Desinfección



**Descarga Final de la Planta hacia el rio Majes (Agua Final Tratada)**



## Sistema de Bombeo de Servicio



## Tableros Eléctricos

