

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE
AYAVIRI, PROVINCIA DE MELGAR - PUNO.**

TESIS

PRESENTADA POR:

EDWIN RICARDO PARICCAHUA HUANCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE AYAVIRI, PROVINCIA DE
MELGAR - PUNO.**

TESIS PRESENTADA POR:

EDWIN RICARDO PARICCAHUA HUANCA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:



PRESIDENTE:


M. Sc. ZENON MELLADO VARGAS

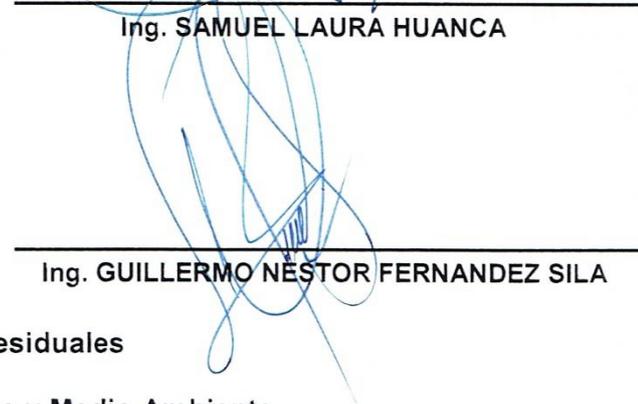
PRIMER MIEMBRO:


Ing. WALTER HUGO LIPA CONDORI

SEGUNDO MIEMBRO:


Ing. SAMUEL LAURA HUANCA

DIRECTOR / ASESOR:


Ing. GUILLERMO NÉSTOR FERNANDEZ SILA

Tema : Tratamiento de Aguas Residuales

Área : Hidráulica

Línea de investigación: Hidráulica y Medio Ambiente

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 28 DE DICIEMBRE DEL 2018

DEDICATORIA

A mis padres Tomas David Pariccahua Quenta y Rosayda Huanca Quispe, por brindarme su apoyo incondicional, su forma de educarme, el amor y cariño que me dieron para poder luchar por mis sueños y conseguirlos, y así poder ser un hombre de bien y ser útil a la sociedad.

A mis hermanos mayores David Wilar y Ronald Humberto por su apoyo y comprensión en todo momento, y muy en especial a mi hermanito menor Jesús Oliver, que me de esas ganas de seguir esforzándome y luchar por los objetivos; y como olvidar a mi angelito David Ruso que está en el cielo que siempre me protege y ayuda.

A una persona muy especial, que me daba los ánimos para continuar luchando por mis metas y no desfallecer.

A Dios, por darme salud y fuerzas, y así poder llevar adelante las metas trazadas.

Edwin Ricardo Pariccahua Huanca

AGRADECIMIENTO

Nuestro más profundo agradecimiento y reconocimiento:

A la Universidad Nacional del Altiplano, por habernos acogido en sus claustros universitarios contribuyendo en nuestra formación profesional.

A la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, en particular a mi querida Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por brindarme la oportunidad de formarme en sus aulas y ser profesional.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil; que contribuyeron en cada etapa de mi formación profesional, inculcándome enseñanzas y valores para mi formación.

A mi familia por el apoyo brindado no solo durante el desarrollo de la presente investigación sino a lo largo de toda mi formación universitaria.

A mi asesor, quien encamino el desarrollo del presente, aportando con su conocimiento y experiencia profesional.

A mis compañeros y amigos, con quienes compartimos incontables experiencias, con quienes aprendí mucho.

Gracias de manera general a todas aquellas personas que nos brindaron su apoyo y colaboración desinteresada.

Edwin Ricardo Paricahua Huanca

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|----|
| DEDICATORIA | 3 |
| AGRADECIMIENTO | 4 |
| ÍNDICE GENERAL | 5 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 9 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 12 |
| ÍNDICE DE ACRÓNIMOS..... | 14 |
| RESUMEN | 15 |
| ABSTRACT..... | 16 |
| CAPÍTULO I | 17 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 17 |
| 1.1. OBJETIVOS. | 19 |
| 1.1.1. Objetivo General. | 19 |
| 1.1.2. Objetivos Específicos. | 19 |
| 1.2. DELIMITACIÓN TEMÁTICA. | 20 |
| 1.2.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL. | 20 |
| 1.2.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL. | 22 |
| 1.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 22 |
| CAPITULO II | 24 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA | 24 |
| 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... | 24 |
| 2.2. MARCO LEGAL..... | 25 |
| 2.3. ALCANCES TEÓRICOS. | 26 |
| 2.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES..... | 26 |
| 2.3.2. Demanda química de oxígeno (DQO)..... | 42 |
| 2.3.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). | 42 |
| 2.3.4. Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) domesticas. | 43 |
| 2.3.5. Estándar de Calidad Ambiental (ECA). | 44 |
| 2.3.6. Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales..... | 45 |
| 2.3.7. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales..... | 47 |
| 2.3.7.1. Tratamiento preliminar..... | 49 |
| 2.3.7.2. Tratamiento primario..... | 50 |

| | |
|---|-----------|
| 2.3.7.3. Tratamiento secundario | 51 |
| 2.3.7.4. Tratamiento Terciario..... | 54 |
| 2.3.7.5. Desinfección..... | 55 |
| 2.3.7.5.1. Clorador..... | 56 |
| 2.3.7.5.2. Disposición de Efluentes | 58 |
| CAPÍTULO III..... | 64 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS | 64 |
| 3.1. TOMA DE DATOS Y EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD PARA LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE | 64 |
| 3.1.1. Descripción y cobertura del área de influencia..... | 64 |
| 3.1.1.1. Definición del área de influencia..... | 65 |
| 3.1.2. Condiciones en las cuales se está brindando el servicio de alcantarillado | 66 |
| 3.1.2.1. Proporción de aguas residuales | 66 |
| 3.1.2.2. Resultados de la EPS. Aguas del Altiplano SRL. De la salida del PTAR . | 67 |
| 3.1.3. Diagnóstico del sistema de alcantarillado actual..... | 68 |
| 3.1.3.1. Características y estado de los elementos del sistema de alcantarillado sanitario | 69 |
| 3.1.3.1.1. Red de colectores principales y secundarios | 69 |
| 3.1.3.1.2. Cámara de bombeo de aguas residuales | 70 |
| 3.1.3.1.3. Línea de impulsión de aguas residuales | 71 |
| 3.1.4. Monitoreo y evaluación de la operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales existente..... | 72 |
| 3.1.4.1. Descripción..... | 72 |
| 3.1.4.2. Muestreo | 73 |
| 3.1.4.2.1. Toma de muestras..... | 76 |
| 3.1.4.2.2. Aforo de aguas residuales..... | 79 |
| 3.1.4.2.3. Medición de la temperatura en las muestras..... | 80 |
| 3.1.4.2.4. Análisis de laboratorio..... | 81 |
| 3.1.4.2.4.1. Resultados de laboratorio | 82 |
| 3.1.4.3. Condiciones actuales de funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales..... | 89 |
| 3.1.4.4. Evaluación del sistema | 124 |
| 3.1.4.4.1. Evaluación del tratamiento preliminar | 125 |
| 3.1.4.4.2. Evaluación de desgrasador y sedimentadores. | 129 |

| | |
|---|-----|
| 3.1.4.4.3. Lagunas de Maduración Primaria y Secundaria..... | 131 |
| 3.1.4.4.4. Evaluación de corto circuito hidráulico..... | 132 |
| 3.1.4.4.5. Evaluación de cámara de contacto | 134 |
| 3.1.4.1.6. Evaluación del dispositivo de descarga final..... | 135 |
| 3.1.4.5. Cálculo y análisis de la operatividad | 138 |
| 3.1.4.6. Reporte de resultados | 139 |
| 3.1.4.6.1. Caudal..... | 140 |
| 3.1.4.6.2. Dotación | 140 |
| 3.1.4.6.3. Periodo de retención | 142 |
| 3.1.4.6.4. Remoción de coliformes..... | 143 |
| 3.1.4.6.5. Remoción de parámetros convencionales: DBO, DQO y SS..... | 143 |
| 3.1.4.6.6. Calidad de agua del efluente y del cuerpo receptor..... | 144 |
| 3.2. Solución del sistema de la planta de tratamiento de aguas residuales. | 145 |
| 3.2.1. Diseño recomendado para la PTAR Ayaviri. | 145 |
| 3.2.1.1. Determinación de la dotación | 145 |
| 3.2.1.2. Cálculo del caudal de diseño | 146 |
| 3.2.1.2.1. Caudal de diseño..... | 148 |
| 3.2.1.3. Diseño hidráulico del Pre Tratamiento..... | 148 |
| 3.2.1.3.1. Diseño hidráulico de la cámara de rejillas | 148 |
| 3.2.1.3.2. Diseño hidráulico del desarenador | 154 |
| 3.2.1.3.3. Diseño hidráulico del medidor Parshall | 158 |
| CAPÍTULO IV. | 161 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 161 |
| 4.1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD | 161 |
| 4.2. RESULTADOS OBTENIDOS | 163 |
| 4.2.1. Datos obtenidos en laboratorio | 163 |
| 4.2.2. Grado de contaminación..... | 164 |
| 4.2.3. Vertimiento de aguas residuales..... | 167 |
| 4.3. PROPUESTA Y ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN..... | 170 |
| 4.4. RECOMENDACIONES PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA..... | 170 |
| 4.4.1. Cámara de rejillas..... | 171 |
| 4.4.2. Desarenador | 171 |
| 4.4.3. Medidor parshall | 172 |

| | |
|---|-----|
| 4.4.4. Sedimentadores..... | 172 |
| 4.4.5. Disposición de lodos..... | 173 |
| 4.4.6. Rampa de acceso..... | 173 |
| 4.4.7. Lagunas de maduración..... | 173 |
| 4.4.8. Caceta de Dosificación de Cloración..... | 174 |
| 4.5. Operación y mantenimiento de las lagunas..... | 174 |
| 4.5.1. Operación básica..... | 174 |
| 4.5.1.1. Del sistema de lagunas..... | 174 |
| 4.5.1.2. Medición de caudales..... | 175 |
| 4.5.1.3. Control de niveles de agua..... | 175 |
| 4.5.1.4. Medición de la profundidad de lodos..... | 176 |
| 4.5.2. Mantenimiento rutinario..... | 176 |
| 4.5.2.1. Rejillas..... | 177 |
| 4.5.2.2. Desarenadores..... | 177 |
| 4.5.2.3. Remoción de natas y solidos flotantes..... | 177 |
| 4.5.2.4. Céspedes, vegetación y malezas..... | 178 |
| 4.5.2.5. Mosquitos, moscas, roedores y otros animales..... | 178 |
| 4.5.2.6. Taludes..... | 178 |
| 4.5.2.7. Cercos y caminos..... | 179 |
| 4.5.3. Medidas higiénicas y seguridad para los operadores de la PTAR..... | 179 |
| CAPÍTULO V..... | 181 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 181 |
| CAPÍTULO VI..... | 184 |
| 6. RECOMENDACIONES..... | 184 |
| CAPÍTULO VII..... | 187 |
| 7. REFERENCIAS..... | 187 |
| ANEXOS..... | 191 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura N° 01: Ubicación de Ayaviri. | 21 |
| Figura N° 02: Vista aérea de la laguna de estabilización. | 22 |
| Figura N° 03: Esquema de un tren de tratamiento de aguas residuales. | 48 |
| Figura N° 04: reactor continuo para desinfección de cloro (Clorador). | 57 |
| Figura N° 05: Curva de déficit de oxígeno. | 60 |
| Figura N° 06: Curva de Deficit y Desoxigenacion. | 63 |
| Figura N° 07: Área de estudio sistema de Alcantarillado. | 65 |
| Figura N° 08: Área de Influencia. | 66 |
| Figura N° 09: Ubicación de Bombeo De Aguas Residuales De La Ciudad De Ayaviri. | 70 |
| Figura N° 10: Cámara de bombeo de aguas residuales. | 71 |
| Figura N° 11: Línea de impulsión. | 71 |
| Figura N° 12: Línea de impulsión del proyecto original. | 72 |
| Figura N° 13: Vista aérea de la laguna de estabilización. | 73 |
| Figura N° 14: Esquema de ubicación de puntos de muestreo. | 77 |
| Figura N° 15: Disipador de Energía de la PTAR. | 90 |
| Figura N° 16: Llegada de agua residual rebombada a la PTAR. | 91 |
| Figura N° 17: Cámara de reunión de la PTAR. | 92 |
| Figura N° 18: Tuberías de llegada en la Cámara de reunión de la PTAR. | 92 |
| Figura N° 19: Tuberías de salida directa hacia lagunas de maduración en PTAR. | 93 |
| Figura N° 20: Desarenador de la PTAR. | 93 |
| Figura N° 21: Compuertas del Desarenador de la PTAR. | 94 |
| Figura N° 22: Compuertas del Desarenador de la PTAR. | 94 |
| Figura N° 23: Suciedad encontrada en el Desarenador de la PTAR. | 95 |
| Figura N° 24: La cámara de rejillas de la PTAR. | 96 |
| Figura N° 25: La cámara de rejillas de la PTAR. | 97 |
| Figura N° 26: La cámara de rejillas de la PTAR. | 97 |
| Figura N° 27: La cámara de rejillas de la PTAR. | 98 |
| Figura N° 28: Desgrasado de la PTAR. | 99 |
| Figura N° 29: Sedimentador Primario de la PTAR. | 100 |
| Figura N° 30: Sedimentadores Secundarios de la PTAR. | 101 |
| Figura N° 31: Esquema de Sedimentadores Secundarios de la PTAR. | 101 |
| Figura N° 32: falla de muros de Sedimentadores Secundarios de la PTAR. | 102 |

| | |
|--|-----|
| Figura N° 33: Colapso de muro cuarto Sedimentador Secundario de la PTAR | 103 |
| Figura N° 34: Tercer sedimentador inoperativo de la PTAR..... | 104 |
| Figura N° 35: Tercer sedimentador inoperativo, tapa improvisada para redireccionamiento..... | 104 |
| Figura N° 36: Pase provisional, entre el tercer sedimentador y laguna de maduración. | 105 |
| Figura N° 37: zona de colapso. | 105 |
| Figura N° 38: Digestor de Lodos de la PTAR | 106 |
| Figura N° 39: estructura colapsada, abajo válvulas de control. | 107 |
| Figura N° 40: Digestor de Lodos sin cobertura. | 107 |
| Figura N° 41: Digestor de Lodos sin cobertura. | 108 |
| Figura N° 42: Derrumbe de Sedimentador Secundario..... | 109 |
| Figura N° 43: Digestor de Lodos sin cobertura. | 109 |
| Figura N° 44: Laguna de maduración primario de la PTAR | 110 |
| Figura N° 45: caja de distribución de agua residual. | 111 |
| Figura N° 46: encima de la corona las cajas de distribución. | 111 |
| Figura N° 47: Ubicación de las salidas existentes. | 112 |
| Figura N° 48: Encima de la corona de laguna de maduración primaria. | 112 |
| Figura N° 49: Laguna de maduración secundaria de la PTAR | 113 |
| Figura N° 50: Corona intermedia de las lagunas de maduración..... | 114 |
| Figura N° 51: Corona lateral de laguna de maduración secundaria..... | 114 |
| Figura N° 52: Levantamiento de la geomembrana. | 115 |
| Figura N° 53: acumulación de gases dentro de la geomembrana | 115 |
| Figura N° 54: ingreso intermedio colapsado..... | 116 |
| Figura N° 55: Cámara de Cloración de la PTAR..... | 117 |
| Figura N° 56: Caja de reunión de aguas tratadas. | 118 |
| Figura N° 57: caja de reunión de aguas tratadas. | 118 |
| Figura N° 58: caja de reunión de aguas tratadas. | 119 |
| Figura N° 59: tubería de salida de la PTAR..... | 120 |
| Figura N° 60: caja de reunión de aguas tratadas. | 120 |
| Figura N° 61: Punto de entrega al cuerpo receptor. | 121 |
| Figura N° 62: Soportes de cerco perimétrico caídos..... | 122 |
| Figura N° 63: Parantes improvisados..... | 122 |
| Figura N° 64: Imagen en época de lluvia..... | 123 |

| | |
|--|-----|
| Figura N° 65: Caja de reunión de aguas tratadas. | 123 |
| Figura N° 66: Tratamiento preliminar..... | 129 |
| Figura N° 67: Desgrasador y sedimentador primario. | 130 |
| Figura N° 68: Estructura colapsada..... | 131 |
| Figura N° 69: Laguna primaria y secundaria. | 132 |
| Figura N° 70: Zona de ubicación del corto circuito hidráulico..... | 133 |
| Figura N° 71: Zona de ubicación del corto circuito hidráulico-laguna primaria. | 133 |
| Figura N° 72: Zona de ubicación del corto circuito hidráulico-laguna secundaria..... | 134 |
| Figura N° 73: Zona de ubicación del corto circuito hidráulico-laguna secundaria..... | 135 |
| Figura N° 74: Punto de salida, contacto de agua tratada con el cuerpo receptor. | 136 |
| Figura N° 75: Encuentro del efluente tratado con el cuerpo receptor..... | 136 |
| Figura N° 76: Salida del efluente tratado al río..... | 137 |
| Figura N° 77: Aguas debajo de la PTAR, después de la entrega..... | 137 |
| Figura N° 78: Planta y Sección de un Canal Parshall típico | 160 |
| Figura N° 79: tratamiento preliminar de referencia PTAR Chucuito. | 172 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla N° 01: Contaminantes importantes de interés en el tratamiento de las aguas residuales. | 33 |
| Tabla N° 02: Clasificación de los microorganismos..... | 37 |
| Tabla N° 03: Cuadro comparativo de procesos..... | 39 |
| Tabla N° 04: Límites máximos permisibles..... | 43 |
| Tabla N° 05: Categoría 4: conservación del ambiente acuático | 44 |
| Tabla N° 06: Unidades de tratamiento de aguas residuales..... | 48 |
| Tabla N° 07: Dosis típica de cloro en desinfección. | 57 |
| Tabla N° 08: Ingreso de aguas residuales durante el periodo 2018 | 66 |
| Tabla N° 09: Análisis del vertimiento de aguas residuales..... | 67 |
| Tabla N° 10: Categoría de usuarios de los servicios de agua potable y alcantarillado al 31 de setiembre del año 2018 | 68 |
| Tabla N° 11: Fechas de muestreo de agua residual en la ciudad de Ayaviri. | 76 |
| Tabla N° 12: Caudales aproximados según datos de consumo de agua. | 80 |
| Tabla N° 13: Temperatura de agua | 81 |
| Tabla N° 14: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, primer muestreo - entrada. 21 de setiembre del 2018 – muestra 01 | 82 |
| Tabla N° 15: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, primer muestreo - salida. 21 de setiembre del 2018 – muestra 02 | 82 |
| Tabla N° 16: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, segundo muestreo - entrada. 25 de setiembre del 2018 – muestra 01 – b..... | 83 |
| Tabla N° 17: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, segundo muestreo - salida. 25 de setiembre del 2018 – muestra 02 – b. | 83 |
| Tabla N° 18: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, tercer muestreo - entrada. 26 de setiembre del 2018 – muestra 03..... | 84 |
| Tabla N° 19: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, tercer muestreo - salida. 26 de setiembre del 2018 – muestra 04 | 84 |
| Tabla N° 20: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, cuarto muestreo - entrada. 31 de setiembre del 2018 – muestra 03 – b..... | 85 |
| Tabla N° 21: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, cuarto muestreo - salida. 31 de setiembre del 2018 – muestra 04 – b. | 85 |
| Tabla N° 22: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, quinto muestreo - entrada. 01 de octubre del 2018 – muestra 05. | 86 |
| Tabla N° 23: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, quinto muestreo - salida. 01 de octubre del 2018 – muestra 06..... | 86 |

| | |
|---|-----|
| Tabla N° 24: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, sexto muestreo - entrada. 04 de octubre del 2018 – muestra 07. | 87 |
| Tabla N° 25: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, sexto muestreo - salida. 04 de octubre del 2018 – muestra 08. | 87 |
| Tabla N° 26: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, séptimo muestreo - entrada. 20 de octubre del 2018 – muestra 05 – b. | 88 |
| Tabla N° 27: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, séptimo muestreo - salida. 20 de octubre del 2018 – muestra 06 – b. | 88 |
| Tabla N° 28: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, cuerpo receptor – Rio Ayaviri. 29 de noviembre del 2018 – muestra 15. | 89 |
| Tabla N° 29: Proceso de tratamiento y remoción. | 125 |
| Tabla N° 30: Biodegradabilidad. | 139 |
| Tabla N° 31: Calculo del caudal en función al volumen de aguas residuales producidas. | 140 |
| Tabla N° 32: Población total. por sexo y ámbito geográfico del distrito de ayaviri | 141 |
| Tabla N° 33: Resultado de coliformes ingreso y salida, EPS. Aguas del Altiplano SRL. | 143 |
| Tabla N° 34: Resultado de coliformes ingreso y salida, según el monitoreo de la investigación | 143 |
| Tabla N° 35: Velocidad de canal antes de las barras | 148 |
| Tabla N° 36: Coeficiente de rugosidad de manning. | 150 |
| Tabla N° 37: Dimensiones estandarizadas de canales parshall. | 159 |
| Tabla N° 38: LMP para entrada de PTAR. | 163 |
| Tabla N° 39: LMP para salida de PTAR. | 163 |
| Tabla N° 40: Comparación de la norma y resultados obtenidos promedio comparación de LMP vs resultados de laboratorio. | 165 |

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**ECA**

Estándares de calidad Ambiental: 18, 44, 59, 74, 161, 167, 170, 181.

DBO

Demanda Bioquímica de Oxígeno: 23, 24, 25, 33, 42, 43, 44, 52, 53, 62, 63, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 124, 125, 138, 139, 143, 144, 161, 162, 163, 164, 165, 167, 168, 169, 170, 181, 185.

DQO

Demanda Química de Oxígeno: 23, 24, 25, 33, 42, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 138, 139, 143, 144, 161, 162, 163, 181, 185.

PH

Potencial de Hidrógeno: 23, 24, 44, 58, 67, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 124, 163, 165, 166, 181, 185.

MINAM

Ministerio de Ambiente: 18, 23, 25, 26, 43, 44, 45, 59, 67, 74, 144, 162, 164, 170, 181, 188.

LMP

Límite Máximo Permisible: 25, 43, 67, 144, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 181, 186.

INEI

Instituto Nacional de Estadística e Informática: 68.

OMA

Oficina de Medio Ambiente: 77, 78, 185.

OMS

Organización Mundial de la Salud: 161, 179, 188.

PTAR

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales: 15, 22, 43, 64, 67, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 108, 109, 110, 113, 117, 120, 124, 137, 139, 140, 142, 144, 145, 162, 163, 165, 172, 179, 181, 182, 184, 185, 186.

R.N.E.

Reglamento Nacional de Edificaciones: 26, 79, 123, 125, 126, 127, 128, 129, 145, 146, 149, 151, 154, 158, 182.

SS

Solidos Suspendidos: 143, 155.

SST

Solidos Suspendidos Totales: 52.

RUPAP

Registro Único para el Proceso de Adecuación Progresiva: 18.

RESUMEN

La presente investigación denominada: “Evaluación de la Operatividad de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Distrito de Ayaviri, Provincia de Melgar - Puno”. Tiene como principal objetivo evaluar la operatividad de la PTAR de la ciudad de Ayaviri, desde su funcionamiento con respecto a la eliminación de contaminante, así como también su operación y mantenimiento para la cual, se realizó recolección de datos en campo, se continuo con la extracción de muestras, para tener resultados y compararlos con las normas y estándares establecidos. Así también se realizó una descripción y análisis, de cada componente del tren de tratamiento existente, para ver si se está realizando una operación y mantenimiento óptimo, cumpliéndose con lo requerido y establecido en las normas peruanas, y así cumplir con la reducción de contaminación que causa el sistema actual de tratamiento. Para su mejora y ha fin que cumpla los parámetros Límites Máximos Permisibles y Estándares de Calidad Ambientales. Se mantendrá su tren de tratamiento original, realizando mejoras en algunas estructuras para su óptimo tratamiento, y se fortalecerá con las recomendaciones respectivas, para su funcionamiento adecuado, la metodología utilizada en la presente investigación es del tipo descriptivo.

Palabras clave: Eficiencia, Evaluación, Mantenimiento, Operatividad, Tratamiento.

ABSTRACT

This research called: "Evaluation of the Operability of the Wastewater Treatment Plant of the District of Ayaviri, Province of Melgar - Puno". Its main objective is to evaluate the operability of the WWTP of the city of Ayaviri, from its operation with respect to the elimination of contaminants, as well as its operation and maintenance for which, data collection was carried out in the field, it was continued with the extraction of samples, to have results and compare them with the established codes and standards. In this way, a description and analysis was made of each component of the existing treatment train, to see if an optimal operation and maintenance is being carried out, complying with what is required and established in the Peruvian standards, and thus comply with the reduction of pollution that causes the current treatment system. For its improvement and has to comply with the parameters Maximum Permissible Limits and Environmental Quality Standards. Its original treatment train will be maintained, making improvements in some structures for its optimal treatment, and will be strengthened with the respective recommendations, for its proper functioning, the methodology used in the present investigation is of the descriptive type.

Keywords: Efficiency, Evaluation, Maintenance, Operation, Treatment.

CAPÍTULO I.

1. INTRODUCCIÓN

El río Ayaviri se encuentra contaminado a causa del vertido de las aguas residuales, provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad al río Ayaviri en forma directa y sin realizar su adecuado tratamiento.

El problema está localizado en la planta de tratamiento de aguas residuales, ubicada en la parte sur-este de la ciudad, dicha planta de tratamiento de aguas residuales, en la actualidad no viene siendo operada y mantenida de forma óptima, es por esta causa que las aguas residuales que son vertidas directamente al río Ayaviri, no cumplen los estándares para el vertimiento, que se encuentra normado.

Los afectados directamente son las personas que habitan en las riberas y a lo largo del río Ayaviri. La no solución del problema produce la incidencia de enfermedades diarreicas, parasitarias, enfermedades infecciosas intestinales y la contaminación ambiental del mismo río.

La falta de un buen mantenimiento de dicha planta de tratamiento de aguas residuales ha generado la desconfianza de su buen funcionamiento, por la ineficiencia de remoción de materia orgánica que tiene la planta de tratamiento de aguas residuales.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la localidad de Ayaviri, se encuentra en funcionamiento; pero a falta de mantenimiento, el crecimiento poblacional y la mala ejecución de las estructuras existentes, ha generado que el sistema de tratamiento colapse, en tal sentido se tiene un efluente que no cumple con los límites máximos permisibles, así como también el agua residual es parcialmente tratada, según la evaluación efectuada a todo el sistema de tratamiento, esto se detalla en capítulos

posteriores; se verificó que las aguas residuales son vertidos directamente al cuerpo receptor que es Rio Ayaviri, llegando a contaminar el medio acuático y medio ambiente.

La E. P. S. Aguas del Altiplano S. R. L., responsable de la operación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Ayaviri, hasta la fecha no fue multada, por el vertimiento de aguas residuales, a pesar de no cumplir con los Límites Máximos Permisibles establecidos mediante D.S. N° 003-2010-MINAM. Esto se debe a que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se encuentra registrada en el Registro Único para el Proceso de Adecuación Progresiva (RUPAP), los cuales se encuentran amparados por el D.L. 1285, que modifica el artículo 79 de la Ley 29338, Ley de recursos hídricos, teniendo un plazo para la adecuación progresiva de la prestación de servicios de saneamiento y la autorización de los vertimientos sin el control de los Límites Máximos Permisibles y ECAs, debido a esto la entidad que monitorea dicha planta de tratamiento debe realizar un plan para el mejoramiento y el levantamiento de observaciones y así cumplir con lo establecido en la normatividad pertinente.

Con fecha 05 de junio del 2018, la E. P. S. Aguas del Altiplano S. R. L., realizó una inspección y análisis del afluente y efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, para la verificación y control de las aguas residuales tratadas. Dichos resultados de análisis físico-químico y microbiológico, dan como conclusión que sobrepasan los Límites Máximos Permisibles establecidos mediante D.S. N° 003-2010-MINAM., dichos análisis se evaluarán en capítulos posteriores.

En el Informe Técnico N° 016-2018-EPS AGUAS DEL ALTIPLANO S.R.L./GCSF. De fecha 11 de Julio del 2018, se hace un análisis y comparación con el D.S. N° 003-2010-MINAM., solicitándose la implementación de programas de limpieza y

mantenimiento a causa de que se superaron los límites Máximos Permisibles, con el fin de regular la descarga de aguas residuales.

La presente investigación pretende hacer un aporte significativo a este sistema de tratamiento de aguas residuales, analizándolo de acuerdo a su funcionamiento actual y posteriormente plantear una alternativa de solución y recomendaciones para su funcionamiento adecuado. De esta manera, asegurar una eficiente operación y adecuada calidad del efluente en cuanto al uso al que se le destina.

Por estos motivos, se presenta este proyecto de investigación denominada: “EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE AYAVIRI, PROVINCIA DE MELGAR - PUNO.”.

1.1. OBJETIVOS.

1.1.1. Objetivo General.

Evaluar la operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Ayaviri,

1.1.2. Objetivos Específicos.

- Evaluar los parámetros físico-químicos y microbiológicos, en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Ayaviri.
- Describir el funcionamiento de cada componente existente, en el tren de tratamiento actual, de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Ayaviri.

1.2. DELIMITACIÓN TEMÁTICA.

El presente proyecto de investigación contemplará la evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales existente, el cual, al no tener una buena operación y mantenimiento, no realiza un óptimo tratamiento, el cual analizare con los ensayos que se realizará, y con la descripción de los componentes del sistema actual, y posteriormente se realizará un planteamiento como alternativa de solución y recomendaciones para un funcionamiento adecuado; para la disminución de contaminante y remoción de material orgánico, de una forma más óptima.

1.2.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL.

La presente investigación, el cual es la evaluación de la operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales, está ubicada en la ciudad de Ayaviri, distrito de Ayaviri, provincia de Melgar, en el departamento de Puno.

La ciudad de Ayaviri se encuentra en la parte nor-oeste de la región Puno, y a su vez al sur-este de la provincia de Melgar, Ayaviri es la capital de la provincia, se encuentra entre la cordillera oriental y occidental de la cordillera de los andes del sur, dentro de la Hoya Hidrográfica del Titicaca.

Geográficamente la ciudad de Ayaviri, se ubica en la zona central del distrito, entre las siguientes coordenadas geográficas:

- Longitud Oeste: 72° 52`y 73° 25”
- Latitud Sur: 14° 22` y 15° 6”

Ubicación

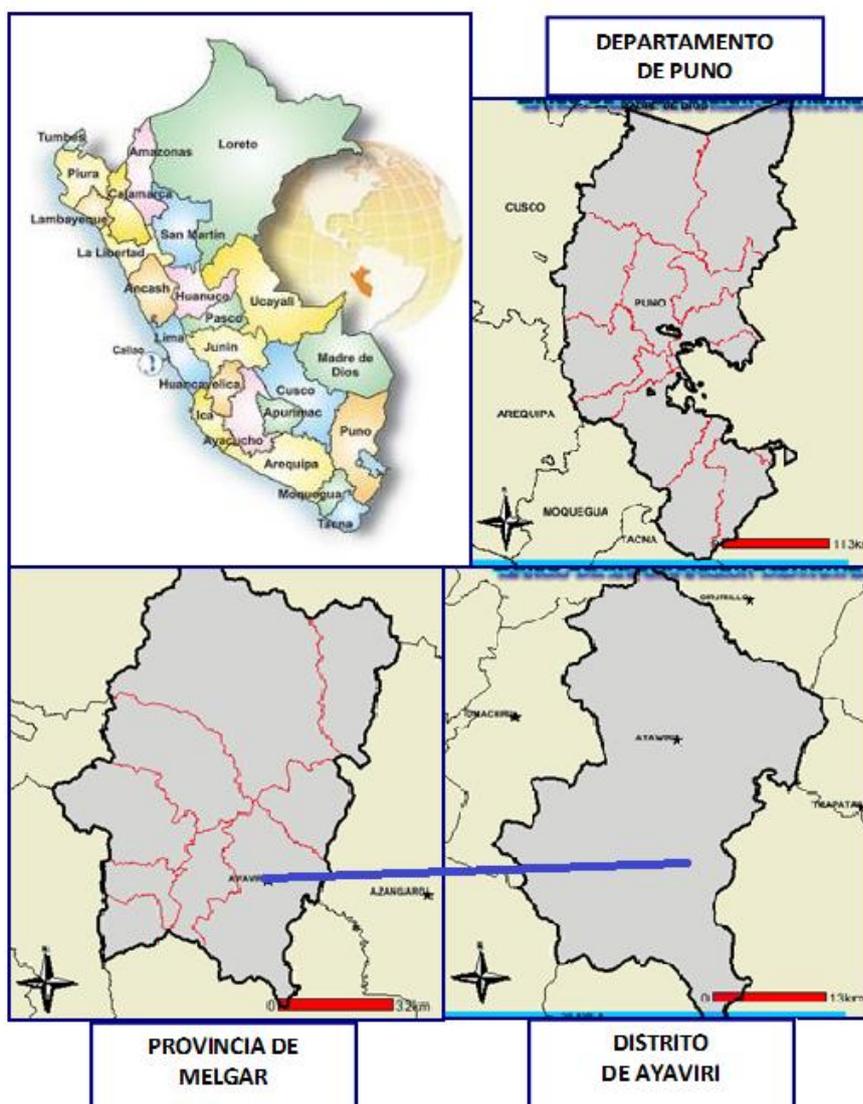


Figura N° 01: Ubicación de Ayaviri.

Fuente: Expediente técnico

De la planta de tratamiento de aguas residuales, se encuentra al sur-este de la ciudad de Ayaviri, en una zona aislada detrás del cementerio general de la ciudad de Ayaviri, cerca al río Ayaviri, el cual es el cuerpo receptor de dicha planta de tratamiento de aguas residuales.

Ubicación de la PTAR Ayaviri:



Figura N° 02: Vista aérea de la laguna de estabilización.

Fuente: CNES/Airbus (21/05/2016).

1.2.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL.

El presente proyecto de investigación contemplará solo la evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales existentes, se realizó, inicialmente con la recolección de datos el presente año, luego la extracción de muestras en periodos semanales, y para la descripción, una evaluación por cada estructura existente, en cada visita a la planta de tratamiento de aguas residuales, por un lapso de tres meses, y el último mes, se trabajó en gabinete, para la obtención de resultados y realizar las comparaciones.

1.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente proyecto de investigación se ubica en un enfoque cualitativo y cuantitativo de la investigación, por lo que se plantea un problema de estudio delimitado y concreto.

El trabajo de investigación es del tipo no experimental debido a que la variable independiente no se manipula. El método de investigación utilizado es el descriptivo. El

diseño es transeccional o transversal recolectando datos en un solo momento, en un tiempo único.

La investigación se divide en 2 etapas:

La primera etapa corresponde a evaluar el sistema de tratamiento de aguas residuales. En esta etapa se utilizará la técnica de recolección de información de datos poblacional, históricos, meteorológicos, hidráulico y la caracterización de las aguas residuales, esta mediante el muestreo de las aguas residuales, además las muestras serán caracterizadas de acuerdo a la normativa vigente Límites Máximos Permisibles y Estándares de Calidad Ambientales, para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales, con DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM como son: Aceites y grasas, Coliformes termotolerantes, DBO, DQO, PH, Sólidos totales en suspensión, Temperatura. Las mismas que serán certificadas por el laboratorio de química de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano y alternando los resultados en otro laboratorio de la región; así como también la descripción del funcionamiento de cada componente del tren de tratamiento existente.

En la segunda etapa se hará la propuesta del planteamiento de la alternativa de solución y recomendaciones para su adecuado funcionamiento, con un tratamiento de las mismas cualidades y mejorando algunas estructuras necesarias las que son Disposición de Lodos y Caseta de Cloración, esta alternativa de solución se planteará con los datos obtenidos en la etapa de evaluación del sistema de tratamiento y realizando más óptimo el tratamiento de aguas residuales.

CAPITULO II.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

Benavides (2006) realizó un estudio para evaluar el sistema de tratamiento de aguas residuales de la central de sacrificio de Túquerres (Nariño), utilizando un método experimental por muestreo, en sus conclusiones menciona lo siguiente: que la mejora del sistema de tratamiento, se logra definitivamente con la implementación de un sistema de pretratamiento, (rejillas, tamices, filtros), como es claro a pesar de que se instalaron rejas dentro de la planta, es necesario retener una mayor cantidad de sólidos. Podría proponer además que se reubicaran ciertas unidades del sistema como son la criba mecánica y el separador de coalescencia (fundirse con otras en una sola). Así como la limpieza continúa y periódica de las unidades contempla uno de los parámetros claves dentro de la operación de la planta.

Olea (2013) en un estudio realizado para evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales municipales por lagunas de estabilización de Coatepec, Veracruz, México, empleando el método del muestreo en la planta de tratamiento, la caracterización de las aguas residuales del proceso, la determinación de los parámetros de operación de la planta y la discusión de los resultados obtenidos. Concluyó que los parámetros de efluentes analizados cumplieron con la normativa y se observa una menor eficiencia de la planta (75%), que la marcada por el balance ideal (100%) , la entrada a la planta mostró un comportamiento dentro de lo típico para las descargas de agua doméstica, en lo referente al pH es posible concluir que no se encontraron valores extremos; en el afluente los resultados varían de 7 a 7.5 lo que permite un tratamiento eficaz puesto que está dentro de los parámetros recomendados, la DBO y la DQO en el afluente presentaron valores dentro del rango de lo típico, y mantuvieron una relación

constante, salvo en marcadas ocasiones; también concluyo que la relación se puede comprobar con los valores de la DBO/DQO, ya que concuerdan con lo marcado por la literatura y significa que el agua es fácilmente degradable y el tratamiento biológico es adecuado para ella, las eficiencias de las distintas lagunas, a pesar de haber tenido algunos valores bajos en términos de lo reportado por las distintas bibliografías y también en comparación el balance de masa realizado, se pueden considerar aceptables, ya que la eficiencia de todo el conjunto fluctuó del 60 al 79%, para finalizar es posible concluir que la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Coatepec opera de manera correcta porque cumple tanto con la normatividad de la materia como con los estándares establecidos en la bibliografía.

2.2. MARCO LEGAL.

El Protocolo de Monitoreo es un instrumento de gestión ambiental de cumplimiento obligatorio para efectuar el Evaluación, supervisión y fiscalización ambiental, así como para la verificación del cumplimiento de los LMP y de los Instrumentos de Gestión Ambiental aprobados, de conformidad con lo establecido en el Artículo 4 del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM que aprueba los límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. También es de obligatorio cumplimiento para la evaluación y seguimiento de la eficiencia de las Planta de tratamiento de aguas residuales. En este sentido estas acciones están vinculadas a la aplicación e implementación de las siguientes normas:

- **Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM**, Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de Tratamiento de Aguas residuales Domésticas o Municipales.
- **Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM**, Aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

- **Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM**, aprueba disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.
- **Decreto Supremo N° 011 – 2012 – VIVIENDA**, R.N.E. OS.070 Redes De Aguas Residuales.
- **Decreto Supremo N° 011 – 2012 – VIVIENDA**, R.N.E. OS.090 Plantas de Tratamiento de aguas residuales.
- **Decreto Supremo N° 011 – 2012 – VIVIENDA**, R.N.E. OS.100 Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructura Sanitaria.
- **Ley N° 29338**, Ley de Recursos Hídricos.
- **Ley N° 28611**, Ley General del Ambiente.
- **Ley N° 28245**, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
- **Ley N° 29325**, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- **Decreto Legislativo N° 1285**, El cual modifica el Artículo 79 de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos y establece disposiciones para la adecuación progresiva a la autorización de vertimientos y a los instrumentos de gestión ambiental.

2.3. ALCANCES TEÓRICOS.

2.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua, que provienen de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual.

Según Lozano (2012) las aguas residuales son aquellas aguas de desecho que contienen una gran cantidad de sustancias contaminantes y que han sido empleadas en alguna actividad humana sea doméstica, industrial, pecuaria, agrícola o recreativa.

Panca (2016) menciona que las aguas residuales, se puede definir como el agua desechado, por la actividad humana, con materiales orgánicos, inorgánicos, sólidos, nutrientes entre otros, según la clasificación de su origen; que luego es conducida a un lugar apropiado para su tratamiento.

Según el origen, las aguas residuales se pueden clasificar en:

- ✓ Domésticas: estas provienen de residuos líquidos de viviendas, zonas residenciales, establecimientos comerciales o institucionales.
 - Aguas Negras: aguas que transportan heces y orina, provenientes del inodoro.
 - Aguas Grises: aguas jabonosas que pueden contener grasas también, provenientes de la ducha, tina, lavamanos, lavaplatos, lavadero y lavadora.
- ✓ Industriales: Son generados en los procesos industriales; estos contienen residuos de productos industriales, que incluso pueden tener origen agrícola o pecuario.
- ✓ Municipales o Urbana: es la unión de aguas domesticas e industriales y son transportados por el alcantarillado.
- ✓ Infiltración y caudal adicional: penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de tubería, tuberías defectuosas, cajas de paso, registros, buzones, etc.

- ✓ Pluviales: estas son las aguas de lluvia, que ingresan al alcantarillado por medio de domicilios e infiltraciones por la tapa de los buzones o directamente a los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales; generando un aumento del caudal de diseño.

Panca (2015) menciona que la temperatura de las aguas residuales, es superior a las aguas de abastecimiento para consumo humano en zonas frías, esto se debe a la contribución de líquidos calientes en zonas frías.

Por otro lado también; Dueñas (2015) menciona la temperatura de las aguas residuales es mayor que la de las aguas no contaminadas, debido a la energía liberada en las reacciones bioquímicas, que se presentan en la degradación de la materia orgánica. Las descargas calientes son otra causa de este aumento de temperatura.

2.3.1.1. Características Físico-químico y Microbiológico.

En general, las aguas residuales, están compuestas por un 99.9% de agua y un 0.1% de materiales en suspensión y solución que le imparten características indeseables. Las sustancias que se han agregado al agua durante su uso comprenden (Ayala & Gonzales, 2008):

- Materia orgánica (que demanda oxígeno para su oxidación).
- Sólidos en suspensión, que sedimentan al fondo de los cuerpos de agua.
- Metales pesados y compuestos tóxicos que afectan la biota.
- Color y turbiedad que reducen la penetración de la luz.
- Nitrógeno y fósforo que favorecen el crecimiento masivo de organismos y trastornan el equilibrio ecológico de ríos y lagos.
- Compuestos que imparten olor y sabor al agua.

- Grasas, aceites y material flotante que interfieren la transferencia de oxígeno de la atmósfera.
- Compuestos refractarios, en ocasiones tóxicos que no se descomponen, permanecen en el agua y se acumulan en las comunidades acuáticas y el hombre. Es necesario prevenir los efectos desfavorables del vertimiento directo de las aguas residuales a ríos o lagos mediante un tratamiento para remover los compuestos objetables.

La característica cualitativa, representa las propiedades o particularidades que se le atribuye a las aguas residuales, y se dividen en tres aspectos de caracterización, físicos, químicos y biológicos.

2.3.1.1.1. Características Físicas.

Ayala & Gonzales (2008) “Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad”.

❖ Sólidos totales.

Analíticamente se define el contenido de sólidos totales como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación con una temperatura entre 103 a 105 °. No se define como sólida aquella materia que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión de vapor.

Los sólidos sedimentables se definen como aquellos que sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica conocida como el cono de Imhoff, en

el transcurso de un periodo de 60 minutos. Los sólidos sedimentables expresados en unidades de mg/l, constituyen una medida aproximada de la cantidad de fango que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual (Ayala & Gonzales, 2008).

❖ **Olores.**

Normalmente, los olores son debidos a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual resiente tiene un olor peculiar, algo desagradable, que resulta más tolerable que el agua residual séptica. El olor más peculiar del agua residual séptica es el debido a la presencia de sulfuro de hidrogeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios. Las aguas residuales industriales pueden contener compuestos olorosos en sí mismos, o compuestos con tendencia a producir olores durante los diferentes procesos de tratamientos (Ayala & Gonzales, 2008).

❖ **Temperatura.**

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua del suministro, hecho principalmente debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y los diferentes usos industriales. Dado el calor específico del agua es mucho mayor que el del aire, las temperaturas registradas de las aguas residuales son más altas que la temperatura del aire durante la mayor parte del año, y solo son menores que ella durante los meses más calurosos del verano. En función de la situación geográfica, la temperatura media anual del agua residual varía entre 10 y 21 °C, pudiéndose tomar 15.6 °C como valor representativo.

La temperatura es un parámetro importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como sobre la aptitud del agua para ciertos usos útiles. Por otro lado, el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría. El aumento en las velocidades de reacciones químicas que produce un aumento de temperatura, combinado con la reducción del oxígeno presente en las aguas superficiales, es causa frecuente de agotamiento de las concentraciones de oxígeno disuelto durante los meses de verano. Estos efectos se ven amplificadas cuando se vierten cantidades considerables de agua caliente a las aguas naturales receptoras (Ayala & Gonzales, 2008).

❖ **Densidad.**

Se define la densidad de un agua residual como su masa por unidad de volumen, expresada en Kg/m^3 . Es una característica física importante del agua residual dado que de ella depende la potencial formación de corrientes de densidad en fangos de sedimentación y otras instalaciones de tratamiento. La densidad de las aguas residuales domesticas que no contengan grandes cantidades de residuos industriales es prácticamente la misma que la del agua a la misma temperatura. En ocasiones, se emplea como alternativa a la densidad el peso específico del agua residual, obtenido como cociente entre la densidad del agua residual y la densidad del agua. Ambos parámetros, la densidad y el peso específico, dependen de la temperatura y varían en función de la concentración total de sólidos en el agua residual (Ayala & Gonzales, 2008).

❖ Color.

Históricamente, para la descripción de un agua residual, se empleaba el término condición junto con la composición y la concentración. Este término se refiere a la edad del agua residual, que puede ser determinada cualitativamente en función de su color y su olor. El agua residual resiente suele tener un color grisáceo. Sin embargo, al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al desarrollarse condiciones más próximas a las anaerobias, el color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir color negro. Llegado este punto, suele clasificarse el agua residual como séptica. Algunas aguas residuales industriales pueden añadir color a las aguas residuales domésticas. En la mayoría de los casos, el color gris, gris oscuro o negro del agua residual es debido a la formación de sulfuros metálicos por reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias con los metales presentes en el agua residual (Ayala & Gonzales, 2008).

❖ Turbiedad.

La turbiedad, como medida de las propiedades de transmisión de la luz de un agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. La medición de la turbiedad se lleva a cabo mediante la comparación entre la intensidad de la luz dispersada en la muestra y la intensidad registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones. La materia coloidal dispersa o absorbe la luz, impidiendo su transmisión. Aun así, no es posible afirmar que exista una relación entre la turbiedad y la concentración de sólidos en suspensión de un agua no tratada.

No obstante, si están razonablemente ligados la turbiedad y los sólidos en suspensión en el caso de los efluentes procedentes de la decantación secundaria en el proceso de fangos activados (Ayala & Gonzales, 2008).

Tabla N° 01: Contaminantes importantes de interés en el tratamiento de las aguas residuales.

| contaminantes | motivo de su importancia |
|---------------------------------------|---|
| sólidos suspendidos | Los sólidos suspendidos pueden llevar al desarrollo de depósitos de lodo y condiciones anaerobias, cuando los residuos no tratados son lanzados en el ambiente acuático. |
| materia orgánica biodegradable | Compuestos principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas; por lo general, se mide en términos de DBO y DQO. Si es descargada sin tratamiento al medio ambiente, su estabilización biológica puede llevar al consumo de las fuentes de oxígeno natural y al desarrollo de condiciones. |
| microorganismos patógenos | Los organismos patógenos existentes en las aguas residuales pueden transmitir enfermedades. |
| nutrientes | Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto al carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando son lanzados en el ambiente acuático, pueden llevar al crecimiento de vida acuática indeseable. Cuando son lanzados en cantidades excesivas en el suelo, pueden contaminar también el agua subterránea. |
| contaminantes importantes | Compuestos orgánicos e inorgánicos seleccionados en función de su conocimiento o sospecha de carcinogenicidad, mutanogénesis, teratogénesis o elevada toxicidad. Muchos de esos compuestos se encuentran en las aguas residuales. |
| materia orgánica refractaria | Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales. Ejemplos típicos incluyen detergentes, fenoles y pesticidas agrícolas. |
| metales pesados | Los metales pesados son normales a resistir los métodos convencionales de tratamiento de aguas comerciales e industriales, debiendo ser removidos si se va usar nuevamente el agua residual. |
| sólidos inorgánicos disueltos | Componentes inorgánicos, como calcio, sodio y sulfatos, son adicionados a los sistemas domésticos de abastecimiento de agua, debiendo ser removidos si se va a usar nuevamente el agua residual. |

Fuente: (Romero, 1999)

2.3.1.1.2. Características Químicas.

Ayala & Gonzales (2008) “El estudio de las características químicas de las aguas residuales se aborda en los siguientes cuatro apartados: Materia orgánica, La materia inorgánica, Los gases presentes en el agua residual”.

❖ **Materia orgánica.**

Son sólidos que provienen de los reinos animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con las síntesis de compuestos orgánicos.

Los compuestos orgánicos están formados normalmente por combinaciones de carbono, hidrogeno y oxígeno, con la presencia en determinados casos de nitrógeno. También pueden estar presentes otros elementos como el azufre, fósforo o hierro. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas, hidratos de carbono, grasas y aceites. Otro compuesto orgánico con importante presencia en el agua residual es la urea, principal constituyente de la orina. No obstante, debido a la velocidad del proceso de descomposición de la urea, raramente está presente en aguas residuales que no sean muy recientes.

Junto con las proteínas, los hidratos de carbono, las grasas, los aceites y la urea, el agua residual también contiene pequeñas cantidades de gran número de moléculas orgánicas sintéticas cuya estructura puede ser desde muy simple a extremadamente compleja (Ayala & Gonzales, 2008).

❖ **Materia inorgánica.**

Son varios los componentes inorgánicos de las aguas residuales y naturales que tienen importancia para la determinación y control de la calidad del agua. Las concentraciones de las sustancias inorgánicas en el agua aumentan tanto por el contacto del agua con las diferentes formaciones geológicas, como por

las aguas residuales, tratadas o sin tratar, que a ella se descargan. Las aguas naturales disuelven parte de las rocas y minerales con los que entran en contacto. Las aguas residuales, salvo en caso de determinados residuos industriales, no se suelen tratar con el objetivo específico de eliminar los constituyentes inorgánicos que se incorporan durante el ciclo del uso.

Las concentraciones de constituyentes inorgánicos aumentan, igualmente, debido al proceso natural de evaporación que elimina parte del agua superficial y deja las sustancias inorgánicas en el agua. Puesto que las concentraciones de los diferentes constituyentes inorgánicos pueden afectar mucho a los usos del agua, conviene examinar la naturaleza de algunos de ellos, especialmente aquellos que han sido incorporados al agua superficial durante su ciclo de uso (Ayala & Gonzales, 2008).

❖ **Gases presentes en el agua residual.**

Dueñas (2015) define que: Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en aguas residuales brutas son el nitrógeno, el oxígeno, el dióxido de carbono, el sulfuro de hidrogeno, el amoniaco y el metano. Los tres primeros son gases de común presencia en la atmósfera, y se encuentran en todas las aguas en contacto con la misma. Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales. Si bien no se encuentran en el agua residual sin tratar, existen otros gases como por ejemplo del cloro y el ozono (desinfección y control de olores), y los óxidos de azufre y nitrógeno (procesos de combustión).

- **Oxígeno disuelto.** - Es el más importante, y es un gas que va siendo consumido por la actividad química y biológica. La presencia de oxígeno disuelto en el agua residual evita la formación de olores

desagradables. La cantidad de oxígeno disuelto depende de muchos factores, como temperatura, altitud, actividad biológica, actividad química, etc.

- **Ácido sulfhídrico.** - Se forma por la descomposición de la materia orgánica que contiene azufre o por la reducción de sulfitos y sulfatos minerales. Su presencia, que se manifiesta fundamentalmente por los olores que produce, es un indicativo de la evolución y estado de un agua residual.
- **Anhídrido carbónico.** - Se produce en la fermentación de los compuestos orgánicos de las aguas residuales negras
- **Metano.** - Se forma en la descomposición anaerobia de la materia orgánica por la reducción bacteriana de CO₂.
- **Otros gases.** - Se producen además gases malolientes, como ácidos grasos volátiles y otros derivados del nitrógeno.

2.3.1.1.3. Características Microbiológicas.

Se debe estar familiarizado con los siguientes temas:

- Principales grupos de microorganismos biológicos presentes, tanto en aguas superficiales como residuales, así como aquellos que intervienen en los tratamientos biológicos
- Organismos patógenos presentes en las aguas residuales
- Organismos utilizados como indicadores de contaminación y su importancia
- Métodos empleados para determinar los organismos indicadores
- Métodos empleados para determinar la toxicidad de las aguas tratadas.

Los principales grupos de organismos presentes tanto en aguas residuales como superficiales se clasifican en organismos eucariotas, eubacterias y arqueobacterias como se muestra en el cuadro 2, la mayoría de los organismos pertenecen al grupo de eubacterias. La categoría protista, dentro de los organismos eucariotas, incluye las algas, los hongos y los protozoos. Las plantas tales como los helechos, los musgos, las plantas hepáticas y las plantas de semilla están clasificadas como eucariotas multicelulares. Los vertebrados y los invertebrados están clasificados como animales eucariotas multicelulares. Los virus, también presentes en el agua residual, se clasifican en función del sujeto infectado.

Tabla N° 02: Clasificación de los microorganismos.

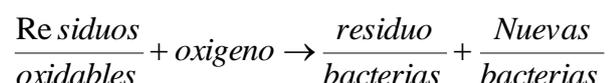
| Grupo | Estructura celular | Caracterización | Miembros representativos |
|------------------------|---------------------------|---|--|
| <i>Eucariotas</i> | Eucariota | Multicelular, con gran diferenciación de las células y el tejido. | Plantas (plantas de semillas, musgos, helechos) Animales (vertebrados e invertebrados) |
| <i>Eubacterias</i> | Procariota | Unicelular o coenocítica o micelial; con escasa o nula diferenciación de tejidos. | Protistas (algas, hongos protozoos). |
| <i>Arqueobacterias</i> | Procariota | Química celular parecida a las eucariotas. | La mayoría de las bacterias. |
| | | Química celular distintiva | Metanogenos, halofilos, termacidofilos. |

Fuente: (Ayala & Gonzales, 2008)

A su vez estas bacterias de las aguas residuales, según su tipo, realizan 2 diferentes procesos biológicos para la depuración u oxidación de la materia orgánica presente en las aguas residuales, las cuales podemos mencionar:

- **Proceso Aerobio.**

El proceso aerobio es un proceso de respiración de oxígeno en el cual el oxígeno libre es el único aceptador final de electrones; el oxígeno es reducido y el carbono es oxidado, al igual que la materia orgánica o inorgánica. Todos los organismos que usan oxígeno libre como aceptador de electrones son aerobios. Este proceso se puede ver en la ecuación verbal.



Usualmente, las bacterias son los organismos más importantes en el tratamiento aerobio de las aguas residuales porque son excelentes oxidadores de la materia orgánica y crecen bien en aguas residuales, siendo capaces de formar una capa floculenta gelatinosa de muy buenas características para la remoción de la materia orgánica. Tanto en los procesos de lodos activados como filtros percoladores son comunes: *zooglea ramigera*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium* y *Alcaligenes* (Mamani, 2017).

- **Proceso Anaerobio.**

El proceso anaerobio o fermentación lo definió Pasteur como la vida sin aire. Es la descomposición u oxidación de compuestos orgánicos, en ausencia de oxígeno libre, para obtener la energía requerida para el crecimiento y mantenimiento de los organismos anaerobios. El proceso anaerobio es menos eficiente en producción de energía que el aerobio, puesto que la mayoría de la energía liberada en el catabolismo anaerobio proviene de la sustancia descompuesta aún permanece en los productos finales orgánicos reducidos como el metano, generándose una cantidad de biomasa mucho menor que la producida en el proceso aerobio.

Entre las principales bacterias no metanogénicas aisladas de digestores anaerobios se encuentran: *Clostridium spp.*, *Peptococcus anaerobus*, *Bifidobacterium spp.*, *Desulphovibrio spp.*, *Corynebacterium spp.*, *Lactobacillus*, *Actinomyces*, *Staphylococcus* y *Escherichia coli*. Las bacterias metanogénicas son semejantes a las encontradas en el estómago de animales rumiantes y en sedimentos de lagos y ríos; los géneros principales son *methanobacterium*, *methanococcus*, *methanosarcina* y *methanobacillus*. Todas las bacterias metanogénicas son de crecimiento muy lento y, por lo tanto, el tiempo de retención celular debe ser lo suficientemente largo para permitir su crecimiento e impedir la extracción del sistema. Este proceso se puede apreciar en las ecuaciones verbales (Mamani, 2017).

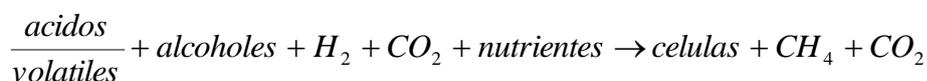
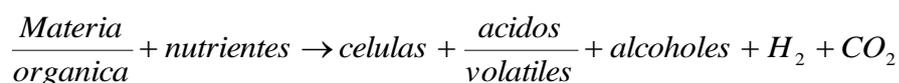


Tabla N° 03: Cuadro comparativo de procesos.

| Tratamiento Aerobio | Tratamiento Anaerobio |
|--|---|
| ➤ Mayor eficiencia de remoción. | ➤ menor eficiencia en remoción de MO (aprox.80%). |
| ➤ 50% de C es convertido en CO ₂ ; 40-50% es incorporado dentro de la masa microbiana. | ➤ 95% de C es convertido en biogás; 5% es transformado en biomasa microbiana. |
| ➤ 60% de la energía es almacenada en la nueva biomasa, 40% es liberado como calor. | ➤ 90% de la energía es retenida como CH ₄ , 3-5% es liberado como calor, 5-7% es almacenada en la biomasa. |
| ➤ Ingreso de elevada energía para aireación, que deben ser suministrados por aireadores o compresores. | ➤ Bajo consumo de energía; no se requiere aporte de O ₂ posibilidad de recuperar y utilizar CH ₄ como combustible (caro). |
| ➤ Limitación de cargas orgánicas. | ➤ Acepta altas y bajas cargas orgánicas. |
| ➤ Se requiere adición de nutrientes. | ➤ Requerimiento bajo de nutrientes. |

| | |
|---|--|
| ➤ Necesidad de grandes extensiones de terrenos. | ➤ Se requiere pequeña área superficial. |
| ➤ Sensible a economía de escala. | ➤ Menores costos de operación. |
| ➤ Periodos de arranque cortos. | ➤ Largo período de arranque, si no se utiliza inóculo (4-6 meses). |
| ➤ Los lodos producidos en el tratamiento aerobio son de 5 a 10 veces superiores en cantidad a los anaeróbios debido a la gran producción de materia orgánica celular degradable que contienen (por verificarse en estos una mayor síntesis celular), además de deshidratarlos deben incinerarse para evitar polución. | ➤ Menor producción de lodos. |
| ➤ Operatividad comprobada. | ➤ Sensibilidad a variación de condiciones ambientales. |
| ➤ Tecnología establecida. | ➤ El lodo obtenido es un lodo ya estabilizado. |

Fuente: (Marquez, 2008)

- **Las Bacterias** según, (Dueñas, 2015), juegan un papel muy fundamental en la descomposición y descomposición de la materia orgánica. Pueden clasificarse en base a su metabolismo, en heterótrofas y autótrofas. Las bacterias autótrofas son aquellas que se nutren de compuestos inorgánicos, tomando la energía necesaria para su biosíntesis a partir de la luz (bacterias fotosintéticas: familia THIORHODACEAE, CHLOROBIAECEAE) o a partir de ciertas reacciones químicas (bacterias quimio sintéticas: NITROBACTER, NITROSOMONAS, HYDRO- GENOMONAS, THIOTRIX). En el tratamiento biológico de las aguas residuales, las bacterias heterótrofas constituyen el grupo más importante, por su necesidad de compuestos orgánicos para el carbono celular. Las bacterias autótrofas y heterótrofas pueden dividirse, a su vez, en anaerobias, aerobias, o facultativas, según su necesidad de oxígeno.

- ✓ Bacterias anaerobias. - son las que consumen oxígeno procedente de los sólidos orgánicos e inorgánicos y la presencia de oxígeno disuelto no les permite subsistir. Los procesos que provocan son anaerobios, caracterizados por la presencia de malos olores.
- ✓ Bacterias aerobias. - son aquellas que necesitan oxígeno procedente del agua para su alimento y respiración. El oxígeno disuelto que les sirve de sustento es el oxígeno libre (molecular) del agua, y las descomposiciones y degradaciones que provocan sobre la materia orgánica son procesos aerobios, caracterizados por la ausencia de malos olores.
- ✓ Bacterias facultativas. - algunas bacterias aerobias y anaerobias pueden llegar a adaptarse al medio opuesto, es decir, las aerobias a medio oxígeno disuelto y las anaerobias a aguas con oxígeno disuelto.
- ✓ Bacterias coliformes. - bacterias que sirven como indicadores de contaminantes y patógenos. Son usualmente encontradas en el tracto intestinal de los seres humanos y otros animales de sangre caliente. Las bacterias coliformes incluyen los géneros *ESCHERICHIA* y *AEROBACTER*.

Algas. En los estanques de estabilización, son un valioso elemento por que producen oxígeno a través del mecanismo de la fotosíntesis.

Las algas, al igual que sucede con otros microorganismos, requieren compuestos inorgánicos para reproducirse. A parte del anhídrido carbónico, los principales nutrientes necesarios son el nitrógeno y el fosforo. También son muy importantes vestigios de otros elementos (oligoelementos) como hierro, cobre, etc. Las algas pueden presentar el inconveniente de

reproducirse rápidamente, debido al enriquecimiento del agua (eutrofización) y crear grandes colonias flotantes originando problemas a las instalaciones y al equilibrio del sistema.

Los tipos más importantes de algas de agua dulce son: verdes (chlorophyta), verdes móviles (Volvocales euglenophyta), Verdi amarillas o marrón dorado (Chrysophyta) y Verdi azules (Cyanophyta) (Dueñas, 2015).

2.3.2. Demanda química de oxígeno (DQO).

Según (011-2012-Vivienda, 2012), Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma OS.090, define que la DQO, es la medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química del material orgánico del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio.

Por otro lado (Dueñas, 2015) define que es la cantidad de oxígeno requerida para oxidar químicamente los materiales orgánicos presentes en una muestra de agua. Esta oxidación degrada el material orgánico biodegradable y no biodegradable.

2.3.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

Según (011-2012-Vivienda, 2012), Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma OS.090, define que la DBO, es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20 °C).

Por otro lado (Dueñas, 2015) menciona que el parámetro de polución orgánica más utilizado y aplicable a las aguas residuales y superficiales es la DBO a los 5 días DBO5. Supone esta determinación la media del oxígeno di- suelto

utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de materia orgánica biodegradable. La medida de la DBO es importante en el tratamiento de agua residuales y para la gestión técnica de la calidad de agua por que se utiliza para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica.

2.3.4. Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) domesticas.

Según las normas legales del estado, el DECRETO SUPREMO N° 003-2010- MINAM, aprueba los Límites Máximos Permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas domesticas o municipales, las mismas que se muestran en la Tabla N° 04.

Por otro lado, los LMPs, es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

Para la presente investigación la caracterización se realizará según los parámetros que indica en la norma de los LMP. Se adjunta ANEXO B.

Tabla N° 04: Límites máximos permisibles.

| LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR | | |
|---|---------------|---|
| PARÁMETRO | UNIDAD | LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS. |
| Aceites y Grasas | mg/L | 20 |
| Coliformes Termotolerantes. | NMP/100mL | 10 000 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno. | mg/L | 100 |
| Demanda Química de Oxígeno. | mg/L | 200 |

| | | |
|---------------------------------------|--------|-----------|
| pH | unidad | 6.5 - 8.5 |
| Solidos Totales en Suspensión. | mg/L | 150 |
| Temperatura. | °C | <35 |

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM

2.3.5. Estándar de Calidad Ambiental (ECA).

Según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, aprueban estándares de calidad ambiental (ECA), para agua y establecen disposiciones complementarias, se adjunta ANEXO C.

Tabla N° 05: Categoría 4: conservación del ambiente acuático

| Parámetros | Unidad de medida | E2: Ríos | | | E3: | |
|------------------------|------------------|---------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | | E1: Lagunas y lagos | Costa sierra | y Selva | Estuarios | Marinos |
| FÍSICOS- | | | | | | |
| 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 | | | | | |
| Clorofila A | mg/L | 0,008 | ** | ** | ** | ** |
| Conductividad (DBO5) | (µS/cm) | 1 000 | 1 000 | 1 000 | ** | ** |
| | 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 -) (c) | mg/L | 13 | 13 | 13 | 200 | 200 |
| Amoniaco Total (NH) | mg/L | (1) | (1) | (1) | (2) | (2) |
| Nitrógeno Total | mg/L | 0,315 | ** | ** | ** | ** |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | ≥ 5 | ≥ 5 | ≥ 5 | ≥ 4 | ≥ 4 |
| Potencial de Hidrógeno | Unidad de | 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 | mg/L | ≤ 25 | ≤ 100 | ≤ 400 | ≤ 100 | ≤ 30 |
| Sulfuros | mg/L | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| Temperatura | °C | Δ 3 | Δ 3 | Δ 3 | Δ 2 | Δ 2 |
| INORGÁNICOS | | | | | | |
| 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 |

| | | | | | | |
|---------------------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| <i>Cobre</i> | mg/L | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,05 | 0,05 |
| <i>Cromo VI</i> | mg/L | 0,011 | 0,011 | 0,011 | 0,05 | 0,05 |
| <i>Mercurio</i> | mg/L | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| <i>Níquel</i> | mg/L | 0,052 | 0,052 | 0,052 | 0,0082 | 0,0082 |
| <i>Plomo</i> | mg/L | 0,0025 | 0,0025 | 0,0025 | 0,0081 | 0,0081 |
| <i>Selenio</i> | mg/L | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,071 | 0,071 |
| <i>Talio</i> | mg/L | 0,0008 | 0,0008 | 0,0008 | ** | ** |
| <i>Zinc</i> | mg/L | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,081 | 0,081 |
| ORGÁNICOS | | | | | | |
| Compuestos Orgánicos Volátiles | | | | | | |
| <i>Hidrocarburos</i> | | | | | | |
| <i>Hexaclorobutadieno</i> | mg/L | 0,0006 | 0,0006 | 0,0006 | 0,0006 | 0,0006 |
| BTEX | | | | | | |
| <i>Benceno</i> | mg/L | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Hidrocarburos Aromáticos | | | | | | |
| <i>Benzo(a)Pireno</i> | mg/L | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| <i>Antraceno</i> | mg/L | 0,0004 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0004 |
| <i>Fluoranteno</i> | mg/L | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| Bifenilos | | | | | | |
| <i>Bifenilos</i> | mg/L | 0,000014 | 0,000014 | 0,000014 | 0,00003 | 0,00003 |
| PLAGUICIDAS | | | | | | |
| Organofosforados | | | | | | |
| <i>Malatión</i> | mg/L | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| <i>Paratión</i> | mg/L | 0,000013 | 0,000013 | 0,000013 | ** | ** |
| Organoclorados | | | | | | |
| <i>Aldrín</i> | mg/L | 0,000004 | 0,000004 | 0,000004 | ** | ** |
| <i>Clordano</i> | mg/L | 0,0000043 | 0,0000043 | 0,0000043 | 0,000004 | 0,000004 |
| DDT (Suma de | | | | | | |
| <i>Dieldrín</i> | mg/L | 0,000056 | 0,000056 | 0,000056 | 0,0000019 | 0,000001 |
| <i>Endosulfán</i> | mg/L | 0,000056 | 0,000056 | 0,000056 | 0,0000087 | 0,000008 |
| <i>Endrin</i> | mg/L | 0,000036 | 0,000036 | 0,000036 | 0,0000023 | 0,000002 |
| <i>Heptacloro</i> | mg/L | 0,0000038 | 0,0000038 | 0,0000038 | 0,0000036 | 0,000003 |
| Lindano | | | | | | |
| <i>Lindano</i> | m | 0,00095 | 0,00095 | 0,0009 | * | * |
| <i>Pentaclorofenol</i> | m | 0 | 0,001 | 0 | 0,0 | 0,001 |
| Carbamato | | | | | | |
| <i>Aldicarb</i> | m | 0,001 | 0,001 | 0 | 0,0 | 0,00015 |
| MICROBIOLÓGICA | | | | | | |
| <i>Coliformes</i> | NMP/1 | 1 | 2 000 | 2 | 1 | 2 |

Fuente: DS N° 004-2017-MINAM

2.3.6. Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Según (Guevara, 1996) afirma que evaluar consiste en realizar un número de mediciones y análisis que, al compararlos con los parámetros, normas y métodos preestablecidos que permiten un control y manejo adecuado del proceso o sistema de tratamiento.

Evaluar incluye acciones de supervisión, inspección, vigilancia y control con el propósito de prevenir, mantener, corregir, mejorar y optimizar los procesos individuales y todo el sistema.

Los criterios para la evaluación son la calidad requerida del efluente y lo que se desea controlar; todo va a depender del tamaño de las instalaciones, infraestructura, recursos existentes, personal disponible, laboratorios, etc.

En el proceso de evaluación se realizan un número tal de mediciones y análisis que permitan un control y manejo adecuado del proceso de lagunas. Este tipo de evaluación es necesaria, aunque consume tiempo, requiere de personal con experiencia para interpretar los datos obtenidos; pero es el único medio para poder optimizar los sistemas lagunares, mejorar el diseño de estos sistemas, adecuándola a la región.

Por otro lado (Oakley, 2011), propone que para evaluar una laguna de estabilización de debe evaluar las características ambientales de la zona, además del tipo de obras presentes dentro del sistema, como estructuras para la medición de caudales, rejillas, desarenadores, tipo de entradas y salidas, interconexiones, etc. acompañando a esto estudios topográficos y batimétricos para poder definir bien las áreas y volúmenes de las lagunas y de los lodos depositados.

Así mismo propone evaluar los parámetros en el agua residual y en los lodos de las lagunas primarias (anaerobias y facultativa), efectuando análisis de campo y de laboratorio que definen el funcionamiento y comportamiento del sistema.

2.3.7. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

Al final del sistema de alcantarillado sanitario, es importante implementar una planta de tratamiento. Para seleccionar el tipo de tratamiento que se aplicara es importante considerar:

- Las leyes y normativas.
- Las metas de protección de la salud y el ambiente (podrían ir más allá que la ley).
- Factores económicos; recuperación de costos de construcción y operación.
- Terrenos disponibles, valores de terrenos.
- Capacidad de operación y mantenimiento.

Hay muchas alternativas al tratar las aguas residuales de una ciudad, ya sea mediante procesos biológicos o físico-químico. Sin embargo, actualmente casi todas las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas se conciben con base en procesos biológicos.

Las principales etapas en el proceso del tratamiento de las aguas residuales domesticas son: tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento terciario y desinfección (Ayala & Gonzales, 2008).

Estas etapas de los procesos de los tratamientos, se resume en el cuadro. El nivel de tratamiento recomendable, dependerá del uso final de las aguas tratadas y también se relacionará con el factor económico.

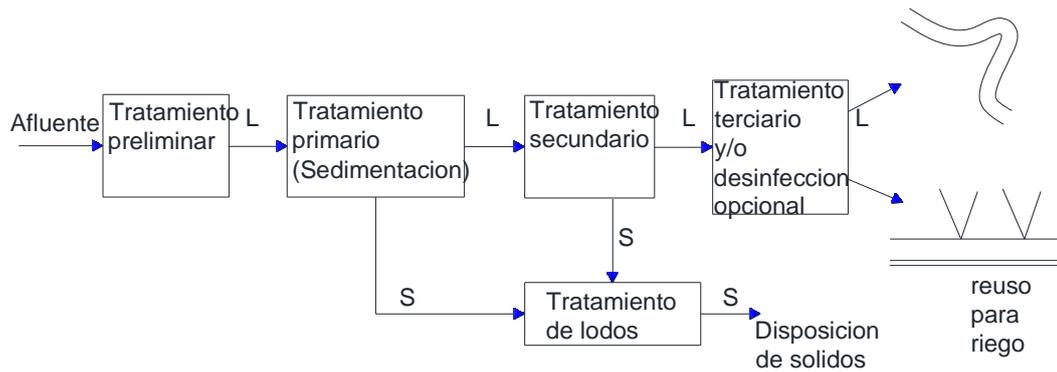


Figura N° 03: Esquema de un tren de tratamiento de aguas residuales.

S= Porción sólido.

L= Porción líquida.

Tabla N° 06: Unidades de tratamiento de aguas residuales.

| CLASIFICACIÓN | UNIDAD DE TRATAMIENTO | DESCRIPCIÓN |
|---|---|--|
| Tratamiento preliminar o pretratamiento | <ul style="list-style-type: none"> • Rejas • Desarenador | Es el conjunto de unidades que tiene como finalidad de eliminar materiales gruesos, que podrían perjudicar el sistema de conducción de la planta. |
| Tratamiento primario | <ul style="list-style-type: none"> • Tanque séptico • Tanque Imhoff | La finalidad es de remover sólidos suspendidos removibles por medio de sedimentación, filtración, flotación y precipitación. |
| Tratamiento secundario | <ul style="list-style-type: none"> • Reactor UASB¹ • Lagunas de estabilización² • Lodo activado convencional • Filtro percolador • Humedales • Filtro anaerobio • Zanja de oxidación • Biodisco | La finalidad es de remover material orgánico y en suspensión. Se utiliza procesos biológicos, aprovechando la acción de microorganismos, que en su proceso de alimentación degradan la materia orgánica. La presencia o ausencia de oxígeno disuelto en el agua residual, define dos grandes grupos o procesos de actividad biológica, los aerobios (en presencia de oxígeno) y los anaerobios (en ausencia de oxígeno). |
| Tratamiento terciario | <ul style="list-style-type: none"> • Microcribado • Coagulación-floculación • Filtros rápidos | Es el grado de tratamiento necesario para alcanzar una calidad físico-química biológica alto para cuerpos de agua receptores sensitivos o ciertos tipos de reuso. Normalmente se trata |

¹El reactor UASB también puede ser utilizado para realizar tratamiento primario.

² Las lagunas de estabilización pueden ser utilizado para realizar tratamiento primario.

| | | | |
|----------------------|--|-------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Adsorción química • Electrodiálisis • Intercambio iónico • Precipitación química • Nitrificación-desnitrificación • Precipitación con cal • etc. | Oxidación | de remover nutrientes (nitrógeno y fosforo) del agua, porque estos estimulan el crecimiento de las plantas acuáticas. |
| Desinfección | <ul style="list-style-type: none"> • Físicos: ebullición, rayos ultravioleta. • Químicos: Aplicación de cloro, bromo, yodo, ozono, etc. | Filtración, | Es el tratamiento adicional para remover patógenos. |
| Tratamiento de lodos | <ul style="list-style-type: none"> • Digestión anaerobia • Tratamiento con cal • Compostaje • Patio de secar | | Es el tratamiento de la porción “solida” (actualmente, más de 80 % agua) removido del agua contaminada. La finalidad del proceso es de secarlo y tratarlo como una combinación de tiempo y temperatura para matar los patógenos. |

Fuente: (Ayala & Gonzales, 2008).

2.3.7.1. Tratamiento preliminar.

El tratamiento preliminar de las aguas residuales se define según (Ayala & Gonzales, 2008), como el proceso de eliminación de los constituyentes de las aguas residuales, cuya presencia, pueda provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares.

Lozano (2012) describe como la eliminación de elementos que pueden causar descensos en la eficiencia del tratamiento y, quizá lo más importante, protege los equipos, partes y unidades de la depuradora de daños que pueden resultar funestos para el funcionamiento de la planta y del sistema de evacuación y transporte de aguas residuales, en general.

Las unidades o dispositivos son:

- ✓ **Cámara de Rejas.** se emplea para remover el material grueso, generalmente flotante, contenido en algunas aguas residuales crudas, que puede obstruir o dañar bombas, tuberías y equipos de las plantas de tratamiento o interferir con la buena operación de los procesos de tratamiento (Ayala & Gonzales, 2008).
- ✓ **Desarenador.** Se emplea para remover gravillas, arenas, cenizas y otros materiales inorgánicos presentes en las aguas residuales municipales que pueden causar abrasión o desgaste excesivo en los equipos mecánicos de una planta de tratamiento. El desarenador se ubica generalmente después del cribado (Ayala & Gonzales, 2008).
- ✓ **Desengrasador.** que los desengrasadores en general solo son empleados: Cuando hay desechos industriales conteniendo grandes cantidades de aceites y grasas (Ayala & Gonzales, 2008).
- ✓ **Canal Parshall.** Después de las cribas y desarenadores se debe incluir en forma obligatoria un medidor de caudal de régimen crítico, pudiendo ser del tipo Parshall o Palmer Bouwles, la construcción de un medidor de caudal; sin embargo, podría ser sustentada la no construcción de dicho componente, por el caudal mínimo, (011-2012-VIVIENDA, 2012).

2.3.7.2. Tratamiento primario.

Ayala & Gonzales (2008) menciona que: el tratamiento primario son los procesos, cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos y puede ser por: sedimentación o flotación. De estos procesos, el más utilizado y que mejor se ajusta a las características de las aguas residuales de pequeñas localidades es la sedimentación.

Para la norma (011-2012-VIVIENDA, 2012), es la remoción de una considerable cantidad de materia en suspensión sin incluir la materia coloidal y disuelta.

Aun cuando este tipo de tratamiento disminuye la cantidad de materia orgánica en las aguas residuales, ésta se limita a la fracción en suspensión y no a la disuelta, condición que determina su nombre a tratamiento primario. Estas unidades se diseñan para disminuir el contenido de sólidos suspendidos y, de grasas y aceites en las aguas residuales. Las unidades o dispositivos de tratamiento que utilizan el proceso de sedimentación son:

- ✓ Sedimentadores.
- ✓ Tanques Sépticos.
- ✓ Tanques Imhoff.

2.3.7.3. Tratamiento secundario

Este término comúnmente se utiliza para los sistemas de tratamiento del tipo biológico en los cuales se aprovecha la acción de microorganismos presentes en las aguas residuales, los cuales, en su proceso de alimentación, degradan la materia orgánica, convirtiéndola en material celular, productos inorgánicos o material inerte.

El tratamiento secundario, conocido también como depuración o tratamiento biológico de las aguas residuales (TBAR), es entendido como la eliminación de contaminantes mediante la actividad biológica de los microorganismos presentes en los reactores. (Lozano, 2012).

La norma (011-2012-VIVIENDA, 2012), menciona que; es el nivel de tratamiento que permite lograr la remoción de materia orgánica biodegradable y los sólidos suspendidos.

Aunque el tratamiento secundario es capaz de remover DBO y SST en valores cercanos al 85%, no eliminará significativamente nutrientes (N y P), ni metales pesados, ni patógenos, los cuales deben ser removidos posteriormente. (Lozano, 2012)

La presencia o ausencia de oxígeno disuelto en el agua residual, define dos grandes grupos o procesos de actividad biológica, los aerobios (en presencia de oxígeno) y los anaerobios (en ausencia de oxígeno). Dependiendo de la forma en que estén soportados los microorganismos, existen dos grandes tipos de procesos.

- **Con microorganismos en suspensión**

- ✓ **Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA).** El reactor es de flujo ascendente y en la parte superior cuenta con un sistema de separación de gas-liquido-solido, el cual evita la salida de los sólidos suspendidos en el efluente y favorece la evacuación del gas. Las unidades son tapadas para facilitar la recolección del gas que se genera en este proceso anaerobio, (Ayala & Gonzales, 2008).
- ✓ **Lagunas de estabilización.** Las lagunas de estabilización son depósitos de aguas servidas que permiten la generación de microorganismos aeróbicos y anaeróbicos, para efectuar la estabilización y desinfección de las aguas haciéndolas inocuas a la salud, por lo tanto, utilizables para otras actividades, (Ayala & Gonzales, 2008).

- ✓ **Lodo activado convencional.** Constituido principalmente de biomasa con algunas cantidades de sólidos inorgánicos que recircula del fondo del sedimentador secundario al tanque de aireación, (Ayala & Gonzales, 2008).
- **Con microorganismos fijos**
 - ✓ **Biodiscos.** Los biodiscos son reactores de biomasa fija con discos que giran sobre un eje. La biomasa tiene dos etapas continuas de contacto: con el agua y con el aire (alimentación y respiración). Es un proceso económico, muy empleado en pequeñas instalaciones y, con una desinfección posterior del efluente generado, suele bastar para la reutilización de las aguas, (Ayala & Gonzales, 2008).
 - ✓ **Filtro anaerobio.** Es un sistema complementario al tanque de decantación-digestión, altamente eficiente. Puede lograr reducciones de entre un 50 a 70% de DBO, sobre la remoción lograda previamente en el tanque séptico. Consiste en un tanque o cámara cerrada, compuesta por un lecho de grava y gravilla en donde el afluente proveniente del tanque séptico pasa de manera ascendente, a través de los intersticios y la película biológica que se forma sobre la superficie de este material granular, realiza un trabajo de digestión y reducción anaerobia, (Ayala & Gonzales, 2008).
 - ✓ **Filtros percoladores (rociadores).** Sistema en el que se aplica el agua residual sedimentada sobre un medio filtrante de piedra gruesa o material sintético. La película de microorganismos que se desarrolla sobre el medio filtrante estabiliza la materia orgánica del agua residual, (Ayala & Gonzales, 2008).
 - ✓ **Humedales.** Los humedales son áreas que se encuentran saturadas por aguas superficiales o subterráneas con una frecuencia y duración tales, que

sean suficientes para mantener condiciones saturadas. con plantas emergentes como espadañas, carrizos y juncos. La vegetación proporciona superficies para la formación de películas bacterianas, facilita la filtración y la adsorción de los constituyentes del agua residual, permite la transferencia de oxígeno a la columna de agua y controla el crecimiento de algas al limitar la penetración de luz solar, (Ayala & Gonzales, 2008).

2.3.7.4. Tratamiento Terciario.

Es el grado de tratamiento necesario para alcanzar una alta calidad física química - biológica, o sea, que son procesos por los cuales se le da un pulimento alto al agua. Las metas de tratamiento varían de acuerdo al reúso que se le pretenda dar a estas aguas. Normalmente el tratamiento terciario es para remover nutrientes (nitrógeno y fosforo) del agua. Generalmente no se utiliza el tratamiento terciario para aguas residuales municipales, a menos que el reúso de las aguas tenga alguna aplicación en la industria y en algunos casos en protección de un área ecológicamente sensitiva.

Para la norma (011-2012-VIVIENDA, 2012), es un proceso de tratamiento fisicoquímico o biológico para alcanzar un grado de tratamiento superior al tratamiento secundario. Puede implicar la remoción de varios parámetros como:

- Remoción de sólidos en suspensión (microbiano, clarificación química, filtración, etc).
- Remoción de complejos orgánicos disueltos (adsorción, oxidación química, etc).

- Remoción de compuestos inorgánicos disueltos (destilación, electrodiálisis, intercambio iónico, osmosis inversa, precipitación química, etc).
- Remoción de nutrientes (nitrificación-des nitrificación, desgasificación del amoníaco, precipitación química, asimilación. etc).

2.3.7.5. Desinfección.

La desinfección de las aguas residuales es uno de los objetivos de los sistemas de tratamiento e incluye la destrucción de patógenos, virus, parásitos y demás organismos perjudiciales. Las lagunas de estabilización en serie proveen un medio de remoción natural de organismos coliformes fecales para satisfacer así el propósito de desinfectar las aguas residuales.

Cuando se descargan aguas residuales tratadas en cuerpos de agua que van a utilizarse, o que pueden ser utilizados como fuentes de abastecimiento público, o con propósitos recreativos, se requiere un tratamiento suplementario para destruir las bacterias, y minimizar riesgos para la salud humana debido a la alta contaminación de las aguas, tal tratamiento se conoce como desinfección. Si se utiliza una tecnología distinta a las lagunas de estabilización debe evaluarse la necesidad de utilizar este proceso en función al impacto en los usos del cuerpo receptor de los efluentes o al reuso de las aguas residuales. Existen varios métodos de desinfección:

- Físicos, tales como: filtración, ebullición, rayos ultravioleta.
- Químicos, aplicación de: cloro, bromo, yodo, ozono, iones plata, etc.

❖ **Cloración.**

El cloro y sus derivados son indudablemente los compuestos más importantes que existen para la desinfección del agua, dado su amplio uso, además se utilizan para:

- Eliminar olores.
- Decolorar.
- Ayudar a evitar la formación de algas.
- Ayudar a la oxidación de la materia orgánica.
- Ayudar a eliminar las espumas en los decantadores.

2.3.7.5.1. Clorador.

El último paso del tratamiento secundario del agua residual es la desinfección. El propósito de la desinfección del efluente es destruir cualquier organismo patógeno que pudiera haber sobrevivido al proceso de tratamiento, protegiendo así la salud pública. La desinfección del agua residual es particularmente importante cuando el efluente secundario es descargado en un cuerpo receptor usado para nadar o para el consumo humano por una comunidad localizada aguas abajo. En general, el agua residual se desinfecta con cloro, (Valdez & Vasquez, 2003).

Lozano (2012) menciona que; Existen tres grandes grupos de patógenos de origen entérico que causan la mayor parte de los problemas de salud pública relacionada con enfermedades gastrointestinales, son:

- Bacterias.
- Virus.
- Protozoos.

Existe una dosis efectiva para desinfección, el cual se presenta en la tabla siguiente:

Tabla N° 07: Dosis típica de cloro en desinfección.

| Efluente de: | Intervalo de dosificación (mg/l) |
|---|----------------------------------|
| Aguas residuales sin tratar (percolación) | 6.0 - 25.0 |
| Sedimentación Primaria | 5.0 - 20 |
| Planta de precipitación química | 2.0 - 6.0 |
| Filtro percolador | 3.0 - 15.0 |
| lodo activo | 2.0 - 8.0 |
| Filtro múltiple seguido de planta de lodos activados | 1.0 - 5.0 |

Fuente: Lozano Rivas (2012)

La eficiencia del cloro en la destrucción de distintos organismos corresponde a valores de k desde 0.24 a 6.3 (unidades min^{-1}), para el 99% de eliminación.

En la desinfección se utiliza una cámara de contacto continuo en la que se supone condiciones de equilibrio y de mezcla completa. Fig. **¡Error! Marcador no definido.**9. Normalmente, se colocan pantallas interceptando el camino del flujo.

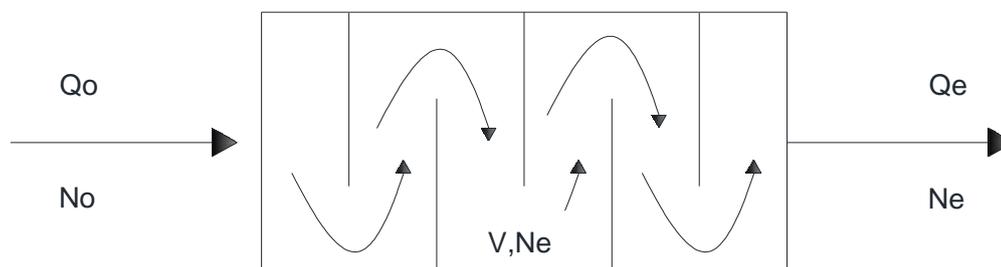


Figura N° 04: reactor continuo para desinfección de cloro (Clorador).

Aplicando la ley de Chick, obtenemos ecuaciones, con las cuales se determinará el tiempo de retención, primordial para la cloración.

$$N_e = \frac{N_o}{(1 + k \cdot t)}$$

$$t = \frac{V}{Q_o}$$

Donde:

N_o = es el recuento de bacterias a $t=0$, en CF.

N_e = el recuento de bacterias a tiempo t , en CF.

k = la constante de velocidad de eliminación, es en función del pH, de la temperatura y de la concentración aplicada de cloro, en min^{-1} .

t = tiempo de retención hidráulica, en min.

V = volumen, m^3 .

Q = el caudal de ingreso, en m^3/s .

2.3.7.5.2. Disposición de Efluentes

La disposición de residuos sobre el suelo, el aire o el agua, es una de las etapas inevitables de la transformación que sufre todo material en la naturaleza. Las aguas residuales se descargan finalmente sobre el suelo, sobre una fuente receptora o, en muy pocos casos, se reutilizan en forma directa, (Romero, 1999)

Los ríos y estuarios suelen tener una dimensión preponderante, constituyendo cuerpos de agua mucho más largo que anchos. Como consecuencia de ello, las aportaciones de efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales u otras fuentes se mezclan rápidamente en la sección transversal, lo cual justifica la adopción de modelos unidimensional, (Metcalf & Eddy, 1998).

El método más común de disposición de aguas residuales consiste en descargarlas sobre un río, un lago o el mar. El análisis de sus efectos contaminantes constituye uno de los problemas de mayor interés en la definición de políticas de manejo de los recursos hídricos, especialmente cuando se requiere aprovechar la capacidad de auto purificación del río en beneficio del desarrollo social y de la elevación del nivel de ingreso de una población aportante, al permitir el uso de la dilución en la asimilación de las cargas contaminantes.

El establecimiento racional de normas de calidad del agua para un uso beneficioso del río, o de estándares de descarga para aceptación de un afluente, requiere el estudio de los componentes del agua sometidos a transformación en el medio natural y la cuantificación de su concentración en la fuente receptora a partir de su descarga y dilución.

Los ECA's (Estándares de calidad del agua), tienen por objetivo el establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y competente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente, MINAM (2017)

El río como sistema de tratamiento.

El río, en condiciones normales, es un ecosistema híbrido que transporta oxígeno disuelto y soporta una flora y fauna acuática que incluye desde las bacterias y el plancton (vida animal y vegetal pequeña que nada o flota libremente en el agua), hasta las larvas de moscas y las diferentes especies de peces. El río tiene tramos lentos y rápidos sujetos a mayor o menor reaeración.

Y en general, no transporta un caudal tan excesivamente grande como para que por simple dilución sea capaz de absorber la carga contaminadora a que, por descarga, está sometida.

En forma descriptiva se puede pensar que cuando a un río, en condiciones normales, se le aplica una descarga de aguas residuales domésticas, sin ningún tratamiento se presenta una división arbitraria del río en cuatro zonas.

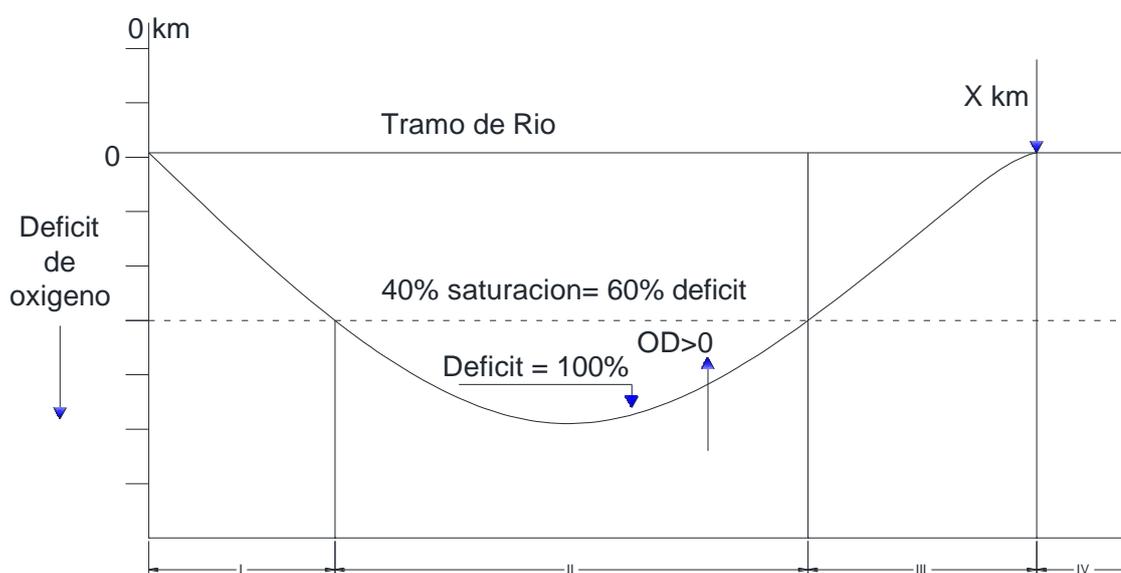


Figura N° 05: Curva de déficit de oxígeno.

Zona de descomposición (I).

En esta zona la descomposición de las aguas residuales inicia la disminución de OD. La turbiedad inhibe la radiación solar y las plantas verdes desaparecen. El agua se vuelve gris, disminuyen progresivamente las especies de organismos y proliferan las bacterias. Surgen los depósitos de lodos en el fondo del río y el crecimiento de lamas biológicas sobre las piedras, especialmente de *sphaerotilus natans*. El límite de la zona se supone que se alcanza cuando el OD

se reduce al 40 %, en general a un nivel de OD de 3 a 4 mg/L, considerándose este valor el límite crítico para los peces.

Zona de descomposición activa (II).

En esta zona el oxígeno continúa disminuyendo y puede agotarse por completo hasta llegar a cero. La vida acuática se reduce a las bacterias anaerobias y a unas pocas especies de protozoos anaerobios como los *Bonodiae*. El agua se vuelve negra, surgen problemas de lodos flotantes empujados por la acción de los gases producidos en las descomposiciones anaerobias, malos olores y otros indicadores biológicos de polución satisfaga el proceso de desoxigenación y aparezca nuevamente OD. Arbitrariamente se considera que la zona termina cuando el nivel del OD es igual de nuevo al 40 % de saturación.

Zona de recuperación (III).

En esta zona empiezan a aparecer las plantas y la vida acuática a medida que la zona progresa. Continúa la recuperación del OD, y se pueden presentar compuestos de nitrógeno como el amoníaco y los nitratos; se considera que la zona termina cuando se restablece el contenido normal de OD del río.

Zona de agua limpia (IV).

El contenido de OD ha vuelto a su valor original, la vida acuática se recupera, y pueden subsistir bacterias patógenas y un número alto de bacterias. El contenido de sólidos disueltos es elevado; han aumentado los nitratos, los cloruros y los sulfatos, pero en general el río vuelve a ser útil.

El punto más bajo de la *curva de déficit de oxígeno* representa el punto para el cual el agotamiento de sustrato permite a los procesos de re aireación

suministrar oxígeno a una tasa más rápida que la de satisfacción de DBO, o sea, el punto para el cual el río comienza a recuperar su OD.

Como puede verse en la figura, la satisfacción de la DBO da por resultado la desoxigenación de las aguas receptoras. La absorción de oxígeno procedente de la atmósfera y de las algas y plantas origina la reaeración de las aguas receptoras. La diferencia entre la desoxigenación y la reaeración produce el perfil de OD de un río, una curva en forma de cuchara llamada curva de déficit de oxígeno o **curva SAG**.

En la figura se representa dicha curva para cuando un río recibe una sola descarga de contaminación. Si el río está originalmente saturado con OD, la curva de DBO para la mezcla río-agua residuales coincidirá con la curva de desoxigenación acumulada. A medida que se ejerce la DBO, el OD cae por debajo del OD de saturación y se inicia la reaeración, hasta un punto crítico en el cual la tasa de reaeración es igual a la tasa de desoxigenación. Para el punto crítico, el OD es mínimo y, a partir de dicho punto, para condiciones aerobias, el valor del OD aumentará con el tiempo.

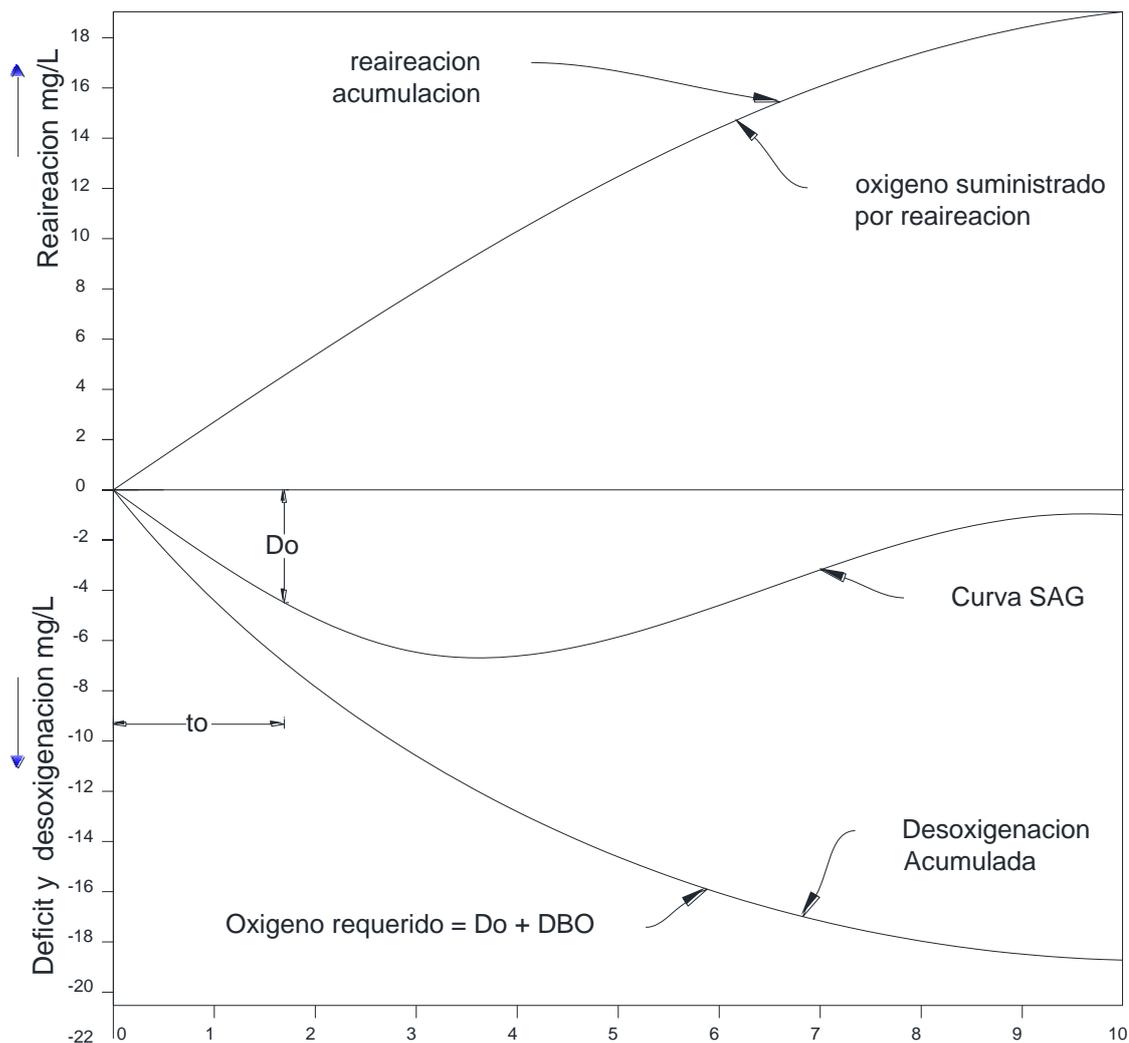


Figura N° 06: Curva de Déficit y Desoxigenación.

CAPÍTULO III.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TOMA DE DATOS Y EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD PARA LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

3.1.1. Descripción y cobertura del área de influencia

La ciudad de Ayaviri, capital de la provincia de Melgar, en los últimos años viene experimentando un proceso de expansión urbana; el cual es producto de una migración de las zonas rurales y también porque la ciudad de Ayaviri se encuentra en la ruta principal que une Puno y Cuzco. Este crecimiento poblacional, se traduce en una mayor demanda de servicio de agua potable por consiguiente el alcantarillado, lo que ha generado preocupación en las autoridades municipales y la población beneficiaria, por cuanto, el servicio de agua potable que se brinda actualmente es limitado; generando malestar en la población.

El área de influencia del estudio, comprende la zona urbana del distrito de Ayaviri (Ciudad de Ayaviri), ubicado en el margen izquierdo de las orillas del río Ayaviri, entre 14°52'55" de latitud sur y 70°35'24" de longitud occidental del meridiano de Greenwich a una altitud de 3,907 m.s.n.m., cuyo sistema de alcantarillado sanitario evacua las aguas residuales a la planta de tratamiento de aguas residuales el cual se evalúa en la presente investigación. Así mismo, comprende el área donde se ubica la planta de tratamiento de aguas residuales, en donde se prevé plantear el mejoramiento de la PTAR a nivel de solución para su óptimo desempeño.

Se ejecutó el proyecto de saneamiento urbano, lo que incluyo las redes de alcantarillado y la ejecución de la planta de tratamiento de aguas residuales, dicha

infraestructura fue entregada a la E. P. S. AGUAS DEL ALTIPLANO S. R. L., El cual es el encargado de la operación y mantenimiento, los cuales no se realizan y es el principal causal de deterioro de las estructuras existentes.

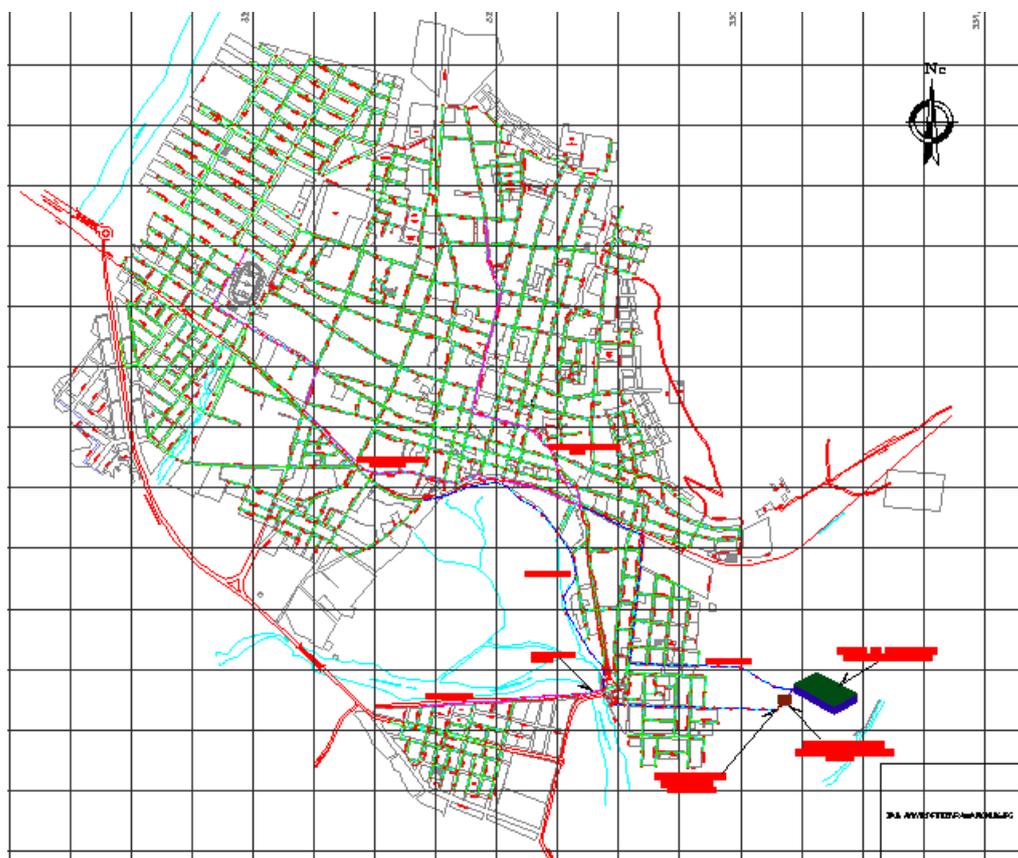


Figura N° 07: Área de estudio sistema de Alcantarillado.

Fuente: Plano general Redes de Alcantarillado – EPS. Aguas del Altiplano SRL.

3.1.1.1. Definición del área de influencia

El área de influencia está representada por el espacio geográfico donde se ubican los usuarios actuales de los servicios de agua potable y alcantarillado, así como las familias que aún no cuentan con los servicios de saneamiento, en este caso se encuentran asentados en la ciudad de Ayaviri.

El área de Influencia comprende las zonas donde se ubica la población que se beneficia del proyecto, es decir la zona urbana del distrito de Ayaviri.

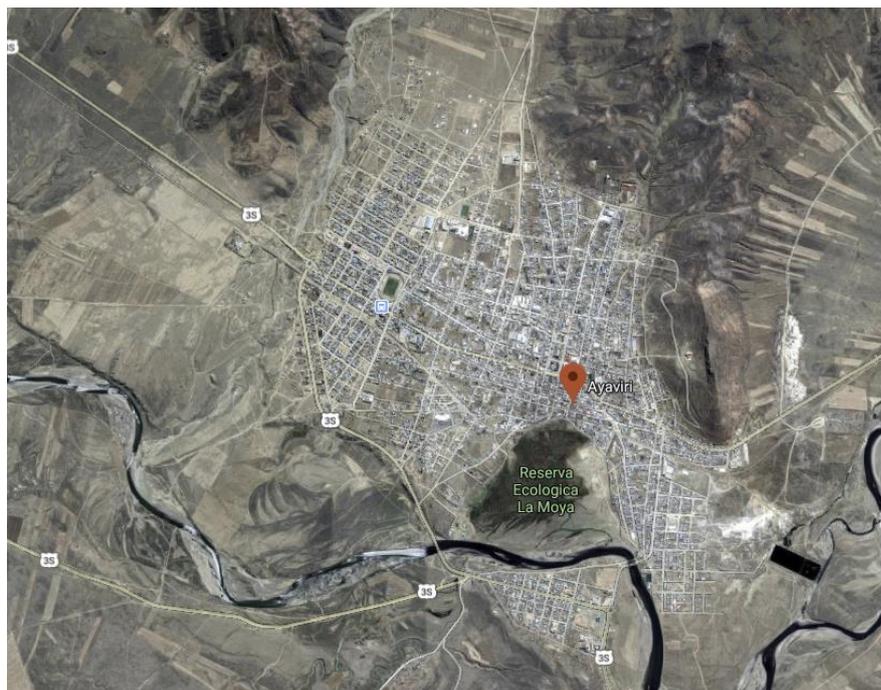


Figura N° 08: Área de Influencia.

Fuente: CNES/Airbus (5/21/2016).

3.1.2. Condiciones en las cuales se está brindando el servicio de alcantarillado

3.1.2.1. Proporción de aguas residuales

La proporción de aguas residuales o servidas que se vierten a las redes de alcantarillado en la localidad de Ilave es de 99566.45 m³ al mes en promedio, esta cantidad es variable de acuerdo a la temporada de cada año. En el siguiente cuadro se presenta los caudales estimados de ingreso de aguas residuales durante el año 2018 en M³:

Tabla N° 08: Ingreso de aguas residuales durante el periodo 2018

| MES | VOLUMEN PRODUCIDO AGUAS RESIDUALES m ³ /mes | OBSERVACIONES |
|--------|--|---------------|
| ene-18 | 99233.98 | LLUVIOSO |
| feb-18 | 99438.24 | LLUVIOSO |
| mar-18 | 99550.87 | LLUVIOSO |
| abr-18 | 99754.15 | SECO |

| | | |
|-----------------|-----------|------|
| may-18 | 99683.76 | SECO |
| jun-18 | 99680.23 | SECO |
| jul-18 | 99623.92 | SECO |
| ago-18 | 99522.59 | SECO |
| sep-18 | 100170.82 | SECO |
| TOTAL | 896658.56 | |
| PROMEDIO | 99628.73 | |

Fuente: E.P.S. Aguas del Altiplano S.R.L. 2018

3.1.2.2. Resultados de la EPS. Aguas del Altiplano SRL. De la salida del PTAR

Los Análisis Físico-Químico y Microbiológicos del efluente de las aguas residuales vertidas, se encuentran por encima de los límites máximos permisibles de efluentes de PTAR establecidos en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, siendo estos datos aceptables.

Tabla N° 09: Análisis del vertimiento de aguas residuales

| <i>Parámetros a determinar en el estudio</i> | <i>Unidad</i> | <i>Efluente PTAR - AYAVIRI</i> | <i>LMP de efluentes para vertidos a cuerpos</i> |
|--|----------------|--------------------------------|---|
| <i>Aceites y Grasas</i> | mg/L | 3.5 | 20 |
| <i>Coliformes Termo tolerantes</i> | Nnmp/100 Ml | 450000 | 10,000 |
| <i>Demanda Bioquímica de Oxígeno</i> | mg/L | 384 | 100 |
| <i>Demanda Química de Oxígeno</i> | mg/L | 960 | 200 |
| <i>pH</i> | | 6.55 | 6.5 a 8.5 |
| <i>Sólidos Totales en suspensión</i> | mg/L | 850 | 150 |
| <i>Temperatura</i> | °C | | < 35 |

Fuente: Análisis Físico Químico Y Microbiológico realizado por la E.P.S.

3.1.3. Diagnóstico del sistema de alcantarillado actual

El sistema de desagüe o alcantarillado sanitario de la ciudad de Ayaviri, fue diseñado para la evacuación netamente de aguas residuales.

El último proyecto que se entregó en el año 2015, cambio todas las redes de agua y desagüe de la ciudad de Ayaviri, mejorando las estructuras de desagüe.

El servicio de alcantarillado actualmente en la localidad de Ayaviri cuenta con una red de colectores y buzones de inspección que funcionan por gravedad y bombeo; los colectores son de concreto reforzado y buzones accesibles, Además se cuenta con 01 planta de tratamiento de aguas residuales que fue entregado en el último proyecto.

En el siguiente cuadro se resume la cantidad de usuarios de los servicios de agua potable y alcantarillado por categorías:

Tabla N° 10: Categoría de usuarios de los servicios de agua potable y alcantarillado al 31 de setiembre del año 2018

| <i>Categoría de Usuario</i> | Activos | Cortados | Anulados | Total | Distribución |
|------------------------------|-------------|----------|----------|-------------|--------------|
| <i>conexiones de desagüe</i> | 7220 | 0 | 0 | 7220 | 99.89% |
| <i>Conexiones de agua</i> | 7228 | 0 | 0 | 7228 | 100.00% |
| <i>Total</i> | 7228 | 0 | 0 | 7228 | 100.00% |

Fuente: EPS. Aguas del Altiplano SRL. 2018.

En cuanto al servicio de alcantarillado actualmente existen 7220 conexiones domiciliarias de desagüe, representado 99.89% de conexiones totales de agua, Respecto a la población total estimada en 24452 habitantes, según el último Censo realizado por el INEI 2017.

3.1.3.1. Características y estado de los elementos del sistema de alcantarillado sanitario

3.1.3.1.1. Red de colectores principales y secundarios

Actualmente existe un sistema de alcantarillado que cubre parcialmente las descargas de la ciudad de Ayaviri. El sistema funciona por gravedad y por bombeo cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, las cuales están constituidos por distintas estructuras para el tratamiento, cuya disposición final es hacia el río Ayaviri. Además, a lo largo de la ribera del río se observan varias descargas informales de aguas servidas.

Las redes son nuevas por la ejecución del último proyecto, teniéndose redes principales, secundarias y buzones de concreto, la tubería es de PVC y buzones de concreto con tapas de fierro fundido, todas accesibles para facilitar la limpieza y mantenimiento de redes.

En cuanto al número de conexiones en toda la ciudad de Ayaviri, existen 7228 conexiones domiciliarias, los que se encuentran domésticas, comerciales, estatales y sociales, que representa a una población beneficiaria de 24,452 habitantes.

También existe población que no cuenta con redes de alcantarillado, quienes evacuan sus aguas servidas a la vía pública y en algunos casos directamente a las riberas del río Ayaviri, las cuales son mínimas. Generando mal olor y proliferación de moscos e insectos infectocontagiosas, que dañan la salud humana. Tal como se evidencia en la siguiente imagen.

3.1.3.1.2. Cámara de bombeo de aguas residuales

La ciudad de Ayaviri tiene un sistema de alcantarillado que funciona por gravedad y por impulsión. Se tiene 01 cámara de bombeo, el cual bombea parte de las aguas residuales de la zona baja de la ciudad de Ayaviri, esta se encuentra a unos 100 m. de la planta de tratamiento de aguas residuales.



Figura N° 09: Ubicación de Bombeo De Aguas Residuales De La Ciudad De Ayaviri.

Fuente: CNES/Airbus (21/05/2016).

Esta cámara de bombeo de aguas residuales se encuentra ubicada en la parte baja de la ciudad al costado de la planta de tratamiento de aguas residuales, es para bombear aguas residuales captadas en la parte baja de la ciudad.

Esta cámara de bombeo está equipada con dos electrobombas, cuyo caudal promedio de evacuación de aguas residuales es de 15 l/s, un tablero de control manual, y opera todos los días aproximadamente 08 horas al día, a partir de las 06:00 a.m. hasta las 14:00 pm.



Figura N° 10: Cámara de bombeo de aguas residuales

3.1.3.1.3. Línea de impulsión de aguas residuales

Bombee el agua residual desde la cámara de bombeo hasta el buzón ubicado en la planta de tratamiento y posteriormente al dissipador de energía, consta de 98.58 metros lineales hasta el punto de entrega.

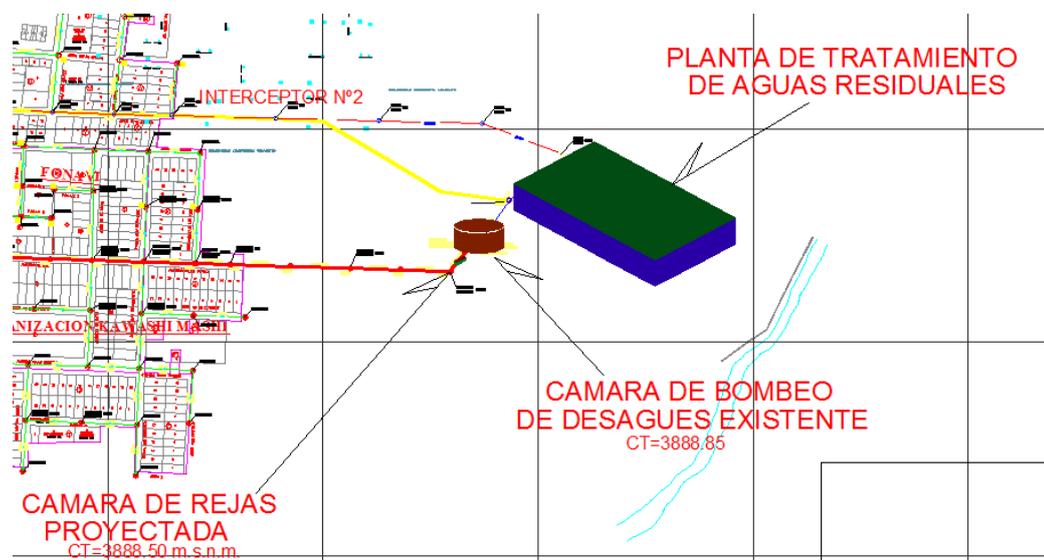


Figura N° 11: Línea de impulsión

Fuente: Plano general redes de alcantarillado.

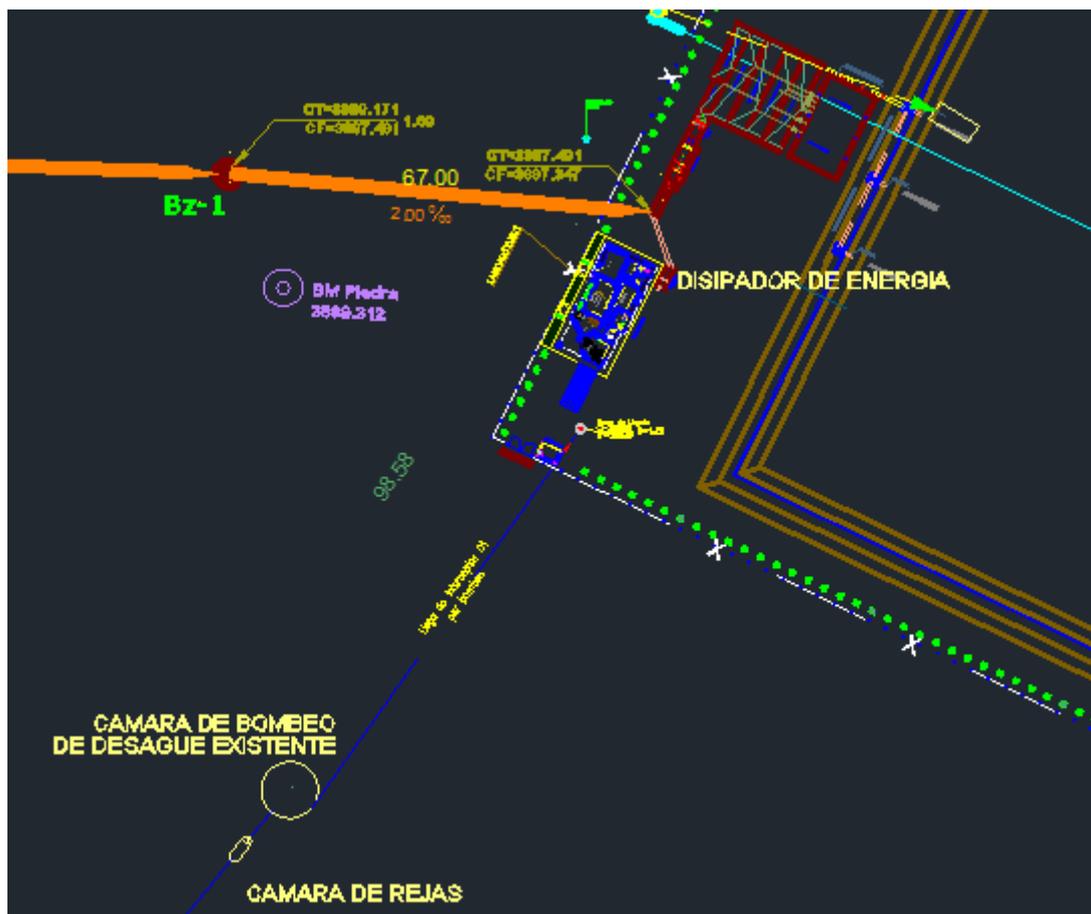


Figura N° 12: Línea de impulsión del proyecto original

Fuente: Expediente técnico 2012

3.1.4. Monitoreo y evaluación de la operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales existente.

3.1.4.1. Descripción

En la parte sur-oeste de la ciudad se encuentra una planta de tratamiento de aguas residuales, para tratamiento de aguas servidas de la población de la ciudad de Ayaviri, el cual está conformado por desarenador, cámara de rejillas, desgrasador, sedimentador primario, sedimentadores secundarios, laguna de maduración primaria, lagunas de maduración secundarias y cámara de cloración,

cuyas características estaremos viendo una por una según estructura y su disposición final es al Rio Ayaviri, y fue construida en el año 2015.



Figura N° 13: Vista aérea de la laguna de estabilización.

Fuente: CNES/Airbus (21/05/2016).

Planta de tratamiento de aguas residuales.

- ✓ Largo : 349.40 ml.
- ✓ Ancho : 126.20 ml.
- ✓ Área total : 44094.28 m² ó 4.41 Has
- ✓ Cuerpo receptor : Rio Ayaviri

3.1.4.2. Muestreo

Los recursos hídricos son esenciales para la existencia de los seres vivos y para el bienestar del entorno ambiental. En este sentido, considerando el impacto negativo de los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales sobre los cuerpos de agua receptores, que en muchos casos saturan

su capacidad de autodepuración, resulta importante estandarizar la medición de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a estos vertimientos.

El Protocolo de Monitoreo establece procedimientos y metodologías que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo. Su aplicación contribuye al cumplimiento de las normas ambientales y la protección de los ecosistemas acuáticos.

La aplicación de los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo representa asimismo una herramienta de evaluación, fiscalización y mejora de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) existentes. A través de la aplicación de este instrumento se contribuye además a realizar una verificación del funcionamiento de la PTAR.

A partir del 01 de abril del 2009 entró en vigencia la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, que establece que la Autoridad Nacional del Agua es la responsable de la protección del agua como recurso hídrico. En este sentido, controla, supervisa y fiscaliza el cumplimiento de las normas de calidad del agua sobre la base de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua (ECA-Agua).

Con la aprobación del D.S. N° 003-2010-MINAM entraron en vigencia, a partir del 17 de marzo del 2010, los Límites Máximos Permisibles para efluentes de PTAR. Este decreto establece la obligatoriedad de los titulares de las PTAR a realizar el monitoreo de sus efluentes, considerándose válido únicamente el monitoreo realizado conforme al Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o

municipales (en adelante Protocolo de Monitoreo). Este debe especificar la ubicación de los puntos de control, los métodos y las técnicas adecuadas, así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos. Sólo se considera válido el monitoreo de aguas residuales de las PTAR conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento puede disponer asimismo el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el Decreto Supremo cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

El monitoreo tomo un periodo de 49 días ó 7 semanas, en los cuales se recolectaron las siguientes informaciones:

- Coordinación con la EPS Aguas del Altiplano SRL.
- Recopilación de datos
- Población servida
- Edad de las lagunas
- Copia de planos
- Evaluación física de la laguna, toma de muestras.

El programa de muestreo que se aplicó para caracterizar el agua residual de la ciudad de Ayaviri, comprendió en su primera fase, visitas de campo que permitieron obtener información básica respecto a los sistemas prestadores del servicio de agua potable, puntos de descargas del alcantarillado sanitario y características del cuerpo receptor.

En general, para que la muestra sea representativa, se optó por sitios de muestreo con flujo muy turbulento, donde las aguas residuales estuvieron muy mezcladas; sin embargo, el sitio de muestreo se seleccionó de acuerdo con el problema individual de estudio, el periodo de muestreo dependió del régimen de variación del caudal, de la disponibilidad de recursos económicos y de los propósitos del programa de muestro.

Con la información recabada en la primera fase del monitoreo, se decidió realizar un total de 14 muestreos de agua residual en 7 diferentes días y en semanas distintas para conocer la variación de la carga contaminante y tener información más real. Las muestras son simples recolectadas a las 10:00 horas de la mañana, para su posterior transporte y análisis en laboratorio. En la tabla se muestra los días y fechas escogidos para la toma de muestras en la PTAR de la ciudad de Ayaviri.

Tabla N° 11: Fechas de muestreo de agua residual en la ciudad de Ayaviri.

| FECHA DE MUESTREO | DÍA DE MUESTREO | AFLUENTE | EFLUENTE |
|---------------------------------|-----------------|----------|----------|
| 21 de Setiembre del 2018 | viernes | 1 | 2 |
| 25 de Setiembre del 2018 | martes | 1 - b | 2 – b |
| 26 de Setiembre del 2018 | miércoles | 3 | 4 |
| 31 de Setiembre del 2018 | domingo | 3 - b | 4 – b |
| 01 de Octubre del 2018 | lunes | 5 | 6 |
| 04 de octubre del 2018 | jueves | 7 | 8 |
| 20 de Octubre del 2018 | sábado | 5 - b | 6 – b |

3.1.4.2.1. Toma de muestras

El objetivo de la toma de muestras In-situ, fue la obtención de un volumen de agua residual, que fuera lo suficientemente pequeño para que sea transportado con facilidad y manipulado en el laboratorio sin que deje de ser

representativo de la fuente que se desea caracterizar. Fue necesario haber sido capacitado para realizar el muestreo y tener clara conciencia de la responsabilidad de esta operación, con objeto de garantizar que el resultado analítico represente la composición real.

a. Punto de muestreo

Se ha identificado dos puntos de muestreo, a la entrada de la PTAR (afluente) y a la salida (efluente), los cuales se tomaron en los 07 días que se realizó el muestreo:

- 1. Ingreso a la laguna de estabilización (afluente)**, este punto está establecido, en el PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS EFLUENTES DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS O MUNICIPALES, dado por el OMA.
- 2. Salida de la laguna de estabilización (efluente)**, es el punto de salida de la PTAR, punto también establecido por reglamento OMA.



Figura N° 14: Esquema de ubicación de puntos de muestreo

Punto de muestreo Nro. 1: $14^{\circ}53'31.27''S$ $70^{\circ}34'40.85''$

Punto de muestreo Nro. 2: $14^{\circ}53'37.46''S$ $70^{\circ}34'31.23''$

Los puntos de muestreo al ingreso y salida de la PTAR, se consideran los principales, en vista de que estos muestran la eficiencia de la planta.

b. Equipo de muestreo

En cada muestreo se ha utilizado:

- ✓ Botellas de Vidrio con capacidad de 1 litro para la toma de muestras de agua residual destinadas al análisis físico- químico, lavadas y esterilizadas con una solución de permanganato de potasio y ácido sulfúrico.
- ✓ 1 recipiente con boca ancha para aceites y grasas, debidamente esterilizadas.
- ✓ Equipo de refrigeración apropiado para transporte de las muestras.
- ✓ Balde de volumen conocido.
- ✓ 1 Cronómetro
- ✓ 1 Termómetro
- ✓ Cinta para etiquetar las muestras
- ✓ Zapatos de seguridad.
- ✓ Lentes.
- ✓ Guantes apropiados.
- ✓ Mascarilla.
- ✓ Mandil.

c. Procedimiento de muestro

El método de muestreo fue desarrollado siguiendo los **procedimientos** de la Oficina de Medio Ambiente (OMA) denominado PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS EFLUENTE DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS O MUNICIPALES.

- ❖ La toma de las muestras se realizó a las 10:00 para ensayos físicoquímicos en la botella de vidrio. Cabe recalcar que las muestras recolectadas fueron simples.
- ❖ Para la toma de muestras bacteriológicas se escogieron una hora pico, 10:00, recolectándose para todas las muestras.

Pasos:

- Identificar correctamente cada una de las muestras, indicando: la fecha, hora, sitio de toma, origen del agua, temperatura de la muestra.
- Seguidamente se a homogenizado la muestra en un recipiente antes de efectuar el muestreo.
- Luego introducir un recipiente en la muestra homogenizada para extraer la muestra en el envase de vidrio.
- Sellar y colocar en una caja apropiada para su conservación de $\pm 4^{\circ}\text{C}$, tener en cuenta que la muestra no debe exponerse a los rayos del sol.

Cabe mencionar que se realizó un muestreo adicional, para la obtención de los parámetros del cuerpo receptor, en nuestro caso el rio Ayaviri.

3.1.4.2.2. Aforo de aguas residuales

El aforo de las aguas residuales al ingreso de la PTAR, no se pudo realizar, puesto que el caudal es muy alto, y no se tiene en la planta de tratamiento de aguas residuales, nada adecuado para poder realizar el cálculo del caudal y es complicado tratar de calcularlo, sabiéndose también que la EPS. Aguas del Altiplano SRL. Tampoco saben el caudal, tan solo se toma el volumen producido de agua, multiplicado por el coeficiente de retorno especificado en el RNE el cual

es 0.80, se quiso realizar el método volumétrico, pero la velocidad y el caudal alto no te permiten calcular datos exactos.

Otra situación que no permite calcular el caudal exacto es que se tiene una caceta de rebombeo el cual funciona por horas el cual te daría un falso caudal de ingreso a la planta de tratamiento de aguas residuales.

Se cuenta con caudales promedios por mes, de acuerdo al consumo de agua potable por parte de la población, afectándose por el coeficiente de retorno, los cuales son los siguientes.

Tabla N° 12: Caudales aproximados según datos de consumo de agua.

| MES | VOLUMEN PRODUCIDO AGUAS RESIDUALES m3/mes | Q aprox. |
|-------------------|--|-----------------|
| ene-18 | 99233.98 | 37.05 |
| feb-18 | 99438.24 | 41.10 |
| mar-18 | 99550.87 | 37.17 |
| abr-18 | 99754.15 | 38.49 |
| may-18 | 99683.76 | 37.22 |
| jun-18 | 99680.23 | 38.46 |
| jul-18 | 99623.92 | 37.20 |
| ago-18 | 99522.59 | 37.16 |
| sep-18 | 100170.82 | 38.65 |
| TOTAL | 896658.56 | |
| Q PROMEDIO | 38.01 l/s | |

Fuente: EPS. Aguas del Altiplano SRL.

3.1.4.2.3. Medición de la temperatura en las muestras

Con respecto a la temperatura de la PTAR, esta se ha medido en campo con un equipo multiparámetro, cada vez que se hizo el monitoreo de las aguas residuales (Toma de Muestras).

En cada muestreo se tomó la temperatura inmediatamente después de la recolección de la muestra.

Tabla N° 13: Temperatura de agua

| FECHA DE MUESTREO | DÍA DE MUESTREO | TEMPERATURA °C | HORA |
|--------------------------|-----------------|----------------|------------|
| 21 de Setiembre del 2018 | viernes | 6.5 | 08:03 a.m. |
| 25 de Setiembre del 2018 | martes | 15.6 | 09:10 a.m. |
| 26 de Setiembre del 2018 | miércoles | 13.2 | 10:24 a.m. |
| 31 de Setiembre del 2018 | domingo | 16.9 | 10:31 a.m. |
| 01 de Octubre del 2018 | lunes | 14.6 | 09:55 a.m. |
| 04 de octubre del 2018 | jueves | 14.2 | 09:51 a.m. |
| 20 de Octubre del 2018 | sábado | 14.1 | 09:41 a.m. |

3.1.4.2.4. Análisis de laboratorio

Se ha realizado 07 monitoreo de las aguas residuales de la PTAR de la ciudad de Ayaviri en el afluente y efluente, de los cuales se efectuaron en el LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD de la facultad de Ingeniería Química, de la Universidad Nacional de Altiplano; también el análisis microbiológico fue realizada en los laboratorios de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD (dirección de estudios de la carrera profesional de medicina), de la Universidad Nacional del Altiplano; para tal efecto se adjunta en el anexo el Certificado de Análisis(Anexo A).

Para esta etapa consistió en efectuar los ensayos de laboratorio correspondientes a cada uno de los parámetros físico químico y bacteriológico (Los más representativos), los cuales nos permitieron caracterizar las aguas residuales.

3.1.4.2.4.1. Resultados de laboratorio

Tabla N° 14: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, primer muestreo - entrada. 21 de setiembre del 2018 – muestra 01

| PARAMETROS | UNIDAD | ENTRADA RESULTADO S | METODO ANALITICO |
|--|-----------|---------------------------|---------------------|
| Potencial de Hidrogeno | Ph | 7.45 | Electrométrico |
| Conductividad Eléctrica | μS/cm | 1889.00 | Electrométrico |
| Sólidos en Suspensión | mg/L | 90.00 | Colorímetro |
| Porcentaje de Salinidad | % | 1.10 | Electrométrico |
| Demanda Química de Oxígeno(DQO) | mg/L | 480.00 | Digestión cerrada |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L | 192.00 | Digestión cerrada |
| Aceites y Grasas | Mg/l | 15.30 | Método de Soxlet |
| Temperatura | ° Celsius | 14.20 | Termómetro |
| Coliformes Fecales | NMP/100 | | |

Fuente: Certificado de Análisis Nro. 0512 L.Q-2018, Muestreo: 21/09/2018, Análisis: 21/09/2018. (Ver Anexo).

Tabla N° 15: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, primer muestreo - salida. 21 de setiembre del 2018 – muestra 02

| PARAMETROS | UNIDAD | SALIDA RESULTADO S | METODO ANALITICO |
|--|-----------|--------------------------|---------------------|
| Potencial de Hidrogeno | Ph | 7.48 | Electrométrico |
| Conductividad Eléctrica | μS/cm | 1252.00 | Electrométrico |
| Sólidos en Suspensión | mg/L | 98.00 | Colorímetro |
| Porcentaje de Salinidad | % | 0.70 | Electrométrico |
| Demanda Química de Oxígeno(DQO) | mg/L | 160.00 | Digestión cerrada |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L | 160.00 | Digestión cerrada |
| Aceites y Grasas | Mg/l | 10.50 | Método de Soxlet |
| Temperatura | ° Celsius | 14.20 | Termómetro |
| Coliformes Fecales | NMP/100 | | |

Fuente: Certificado de Análisis Nro. 0511 L.Q-2018, Muestreo: 21/09/2018, Análisis: 21/09/2018. (Ver Anexo).

Tabla N° 16: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, segundo muestreo - entrada. 25 de setiembre del 2018 – muestra 01 – b.

| PARAMETROS | UNIDAD | ENTRADA RESULTADO S | METODO ANALITICO |
|--|-----------|---------------------------|---------------------|
| Potencial de Hidrogeno | Ph | 7.74 | Electrométrico |
| Conductividad Eléctrica | μS/cm | 2460 | Electrométrico |
| Sólidos en Suspensión | mg/L | 496 | Colorímetro |
| Porcentaje de Salinidad | % | - | Electrométrico |
| Demanda Química de Oxígeno(DQO) | mg/L | 427 | Digestión cerrada |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L | 60 | Digestión cerrada |
| Aceites y Grasas | Mg/l | 37 | Método de Soxlet |
| Temperatura | ° Celsius | 15.2 | Termómetro |
| Coliformes Fecales | NMP/100 | 4.6x10*7 | |

Fuente: Certificado de Análisis Nro. 141 - 2018, Muestreo: 25/09/2018, Análisis: 26/09/2018. (Ver Anexo).

Tabla N° 17: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, segundo muestreo - salida. 25 de setiembre del 2018 – muestra 02 – b.

| PARAMETROS | UNIDAD | SALIDA RESULTADO S | METODO ANALITICO |
|--|-----------|--------------------------|---------------------|
| Potencial de Hidrogeno | Ph | 7.42 | Electrométrico |
| Conductividad Eléctrica | μS/cm | 1821 | Electrométrico |
| Sólidos en Suspensión | mg/L | 116 | Colorímetro |
| Porcentaje de Salinidad | % | - | Electrométrico |
| Demanda Química de Oxígeno(DQO) | mg/L | 273 | Digestión cerrada |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L | 39.7 | Digestión cerrada |
| Aceites y Grasas | Mg/l | 21 | Método de Soxlet |
| Temperatura | ° Celsius | 15.6 | Termómetro |
| Coliformes Fecales | NMP/100 | 1.5x10*6 | |

Fuente: Certificado de Análisis Nro. 142 - 2018, Muestreo: 25/09/2018, Análisis: 26/09/2018. (Ver Anexo).

Tabla N° 18: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, tercer muestreo - entrada. 26 de setiembre del 2018 – muestra 03

| PARAMETROS | UNIDAD | ENTRADA RESULTADO S | METODO ANALITICO |
|--|-----------|---------------------------|---------------------|
| Potencial de Hidrogeno | Ph | 7.19 | Electrométrico |
| Conductividad Eléctrica | μS/cm | 1111.00 | Electrométrico |
| Sólidos en Suspensión | mg/L | 228.00 | Colorímetro |
| Porcentaje de Salinidad | % | 0.60 | Electrométrico |
| Demanda Química de Oxígeno(DQO) | mg/L | 640.00 | Digestión cerrada |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L | 256.00 | Digestión cerrada |
| Aceites y Grasas | Mg/l | 18.20 | Método de Soxlet |
| Temperatura | ° Celsius | 14.20 | Termómetro |
| Coliformes Fecales | NMP/100 | | |

Fuente: Certificado de Análisis Nro. 0510 L.Q-2018, Muestreo: 26/09/2018, Análisis: 26/09/2018. (Ver Anexo).

Tabla N° 19: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, tercer muestreo - salida. 26 de setiembre del 2018 – muestra 04

| PARAMETROS | UNIDAD | SALIDA RESULTADO S | METODO ANALITICO |
|--|-----------|--------------------------|---------------------|
| Potencial de Hidrogeno | Ph | 7.57 | Electrométrico |
| Conductividad Eléctrica | μS/cm | 1340.00 | Electrométrico |
| Sólidos en Suspensión | mg/L | 218.00 | Colorímetro |
| Porcentaje de Salinidad | % | 0.8 | Electrométrico |
| Demanda Química de Oxígeno(DQO) | mg/L | 320.00 | Digestión cerrada |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L | 128.00 | Digestión cerrada |
| Aceites y Grasas | Mg/l | 13.45 | Método de Soxlet |
| Temperatura | ° Celsius | 14.2 | Termómetro |
| Coliformes Fecales | NMP/100 | | |

Fuente: Certificado de Análisis Nro. 0509 L.Q-2018, Muestreo: 26/09/2018, Análisis: 26/09/2018. (Ver Anexo).

Tabla N° 20: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, cuarto muestreo - entrada. 31 de setiembre del 2018 – muestra 03 – b.

| PARAMETROS | UNIDAD | ENTRADA RESULTADO S | METODO ANALITICO |
|--|-----------|---------------------------|---------------------|
| Potencial de Hidrogeno | Ph | 7.46 | Electrométrico |
| Conductividad Eléctrica | μS/cm | 1368 | Electrométrico |
| Sólidos en Suspensión | mg/L | 80 | Colorímetro |
| Porcentaje de Salinidad | % | - | Electrométrico |
| Demanda Química de Oxígeno(DQO) | mg/L | 532 | Digestión cerrada |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L | 79.89 | Digestión cerrada |
| Aceites y Grasas | Mg/l | 31 | Método de Soxlet |
| Temperatura | ° Celsius | 16.40 | Termómetro |
| Coliformes Fecales | NMP/100 | 4.0x10*7 | |

Fuente: Certificado de Análisis Nro. 143 - 2018, Muestreo: 31/09/2018, Análisis: 01/10/2018. (Ver Anexo).

Tabla N° 21: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, cuarto muestreo - salida. 31 de setiembre del 2018 – muestra 04 – b.

| PARAMETROS | UNIDAD | SALIDA RESULTADO S | METODO ANALITICO |
|--|-----------|--------------------------|---------------------|
| Potencial de Hidrogeno | Ph | 7.41 | Electrométrico |
| Conductividad Eléctrica | μS/cm | 1850 | Electrométrico |
| Sólidos en Suspensión | mg/L | 52 | Colorímetro |
| Porcentaje de Salinidad | % | - | Electrométrico |
| Demanda Química de Oxígeno(DQO) | mg/L | 196 | Digestión cerrada |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L | 61.37 | Digestión cerrada |
| Aceites y Grasas | Mg/l | 18 | Método de Soxlet |
| Temperatura | ° Celsius | 16.90 | Termómetro |
| Coliformes Fecales | NMP/100 | 1.5x10*6 | |

Fuente: Certificado de Análisis Nro. 144 - 2018, Muestreo: 31/09/2018, Análisis: 01/10/2018. (Ver Anexo).

Tabla N° 22: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, quinto muestreo - entrada. 01 de octubre del 2018 – muestra 05.

| PARAMETROS | UNIDAD | ENTRADA RESULTADO S | METODO ANALITICO |
|--|-----------|---------------------------|---------------------|
| Potencial de Hidrogeno | Ph | 7.20 | Electrométrico |
| Conductividad Eléctrica | µS/cm | 1243.00 | Electrométrico |
| Sólidos en Suspensión | mg/L | 92.00 | Colorímetro |
| Porcentaje de Salinidad | % | 0.70 | Electrométrico |
| Demanda Química de Oxígeno(DQO) | mg/L | 224.00 | Digestión cerrada |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L | 89.60 | Digestión cerrada |
| Aceites y Grasas | Mg/l | 15.50 | Método de Soxlet |
| Temperatura | ° Celsius | 14.20 | Termómetro |
| Coliformes Fecales | NMP/100 | | |

Fuente: Certificado de Análisis Nro. 0522 L.Q-2018, Muestreo: 01/10/2018, Análisis: 01/10/2018. (Ver Anexo).

Tabla N° 23: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, quinto muestreo - salida. 01 de octubre del 2018 – muestra 06.

| PARAMETROS | UNIDAD | SALIDA RESULTADO S | METODO ANALITICO |
|--|-----------|--------------------------|---------------------|
| Potencial de Hidrogeno | Ph | 7.36 | Electrométrico |
| Conductividad Eléctrica | µS/cm | 1289.00 | Electrométrico |
| Sólidos en Suspensión | mg/L | 95.00 | Colorímetro |
| Porcentaje de Salinidad | % | 0.70 | Electrométrico |
| Demanda Química de Oxígeno(DQO) | mg/L | 128.00 | Digestión cerrada |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L | 51.20 | Digestión cerrada |
| Aceites y Grasas | Mg/l | 10.80 | Método de Soxlet |
| Temperatura | ° Celsius | 14.20 | Termómetro |
| Coliformes Fecales | NMP/100 | | |

Fuente: Certificado de Análisis Nro. 0521 L.Q-2018, Muestreo: 01/10/2018, Análisis: 01/10/2018. (Ver Anexo).

Tabla N° 24: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, sexto muestreo - entrada. 04 de octubre del 2018 – muestra 07.

| PARAMETROS | UNIDAD | ENTRADA RESULTADO S | METODO ANALITICO |
|--|-----------|---------------------------|---------------------|
| Potencial de Hidrogeno | Ph | 7.32 | Electrométrico |
| Conductividad Eléctrica | μS/cm | 1412.00 | Electrométrico |
| Sólidos en Suspensión | mg/L | 85.00 | Colorímetro |
| Porcentaje de Salinidad | % | 1.07 | Electrométrico |
| Demanda Química de Oxígeno(DQO) | mg/L | 350.00 | Digestión cerrada |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L | 140.00 | Digestión cerrada |
| Aceites y Grasas | Mg/l | 14.02 | Método de Soxlet |
| Temperatura | ° Celsius | 14.20 | Termómetro |
| Coliformes Fecales | NMP/100 | | |

Fuente: Certificado de Análisis Nro. 0527 L.Q-2018, Muestreo: 04/10/2018, Análisis: 04/10/2018. (Ver Anexo).

Tabla N° 25: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, sexto muestreo - salida. 04 de octubre del 2018 – muestra 08.

| PARAMETROS | UNIDAD | SALIDA RESULTADO S | METODO ANALITICO |
|--|-----------|--------------------------|---------------------|
| Potencial de Hidrogeno | Ph | 7.35 | Electrométrico |
| Conductividad Eléctrica | μS/cm | 1052.00 | Electrométrico |
| Sólidos en Suspensión | mg/L | 92.00 | Colorímetro |
| Porcentaje de Salinidad | % | 1.07 | Electrométrico |
| Demanda Química de Oxígeno(DQO) | mg/L | 120.00 | Digestión cerrada |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L | 48.00 | Digestión cerrada |
| Aceites y Grasas | Mg/l | 9.20 | Método de Soxlet |
| Temperatura | ° Celsius | 14.20 | Termómetro |
| Coliformes Fecales | NMP/100 | | |

Fuente: Certificado de Análisis Nro. 0526 L.Q-2018, Muestreo: 04/10/2018, Análisis: 04/10/2018. (Ver Anexo).

Tabla N° 26: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, séptimo muestreo - entrada. 20 de octubre del 2018 – muestra 05 – b.

| PARAMETROS | UNIDAD | ENTRADA RESULTADO S | METODO ANALITICO |
|--|-----------|---------------------------|---------------------|
| Potencial de Hidrogeno | Ph | 7.58 | Electrométrico |
| Conductividad Eléctrica | μS/cm | 1748 | Electrométrico |
| Sólidos en Suspensión | mg/L | 456 | Colorímetro |
| Porcentaje de Salinidad | % | - | Electrométrico |
| Demanda Química de Oxígeno(DQO) | mg/L | 290 | Digestión cerrada |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L | 160 | Digestión cerrada |
| Aceites y Grasas | Mg/l | 38 | Método de Soxlet |
| Temperatura | ° Celsius | 16.3 | Termómetro |
| Coliformes Fecales | NMP/100 | 2.4x10*8 | |

Fuente: Certificado de Análisis Nro. 157 - 2018, Muestreo: 20/09/2018, Análisis: 20/10/2018. (Ver Anexo).

Tabla N° 27: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, séptimo muestreo - salida. 20 de octubre del 2018 – muestra 06 – b.

| PARAMETROS | UNIDAD | SALIDA RESULTADO S | METODO ANALITICO |
|--|-----------|--------------------------|---------------------|
| Potencial de Hidrogeno | Ph | 7.42 | Electrométrico |
| Conductividad Eléctrica | μS/cm | 939 | Electrométrico |
| Sólidos en Suspensión | mg/L | 256 | Colorímetro |
| Porcentaje de Salinidad | % | - | Electrométrico |
| Demanda Química de Oxígeno(DQO) | mg/L | 95 | Digestión cerrada |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L | 80.81 | Digestión cerrada |
| Aceites y Grasas | Mg/l | 12 | Método de Soxlet |
| Temperatura | ° Celsius | 14.1 | Termómetro |
| Coliformes Fecales | NMP/100 | 1.5x10*6 | |

Fuente: Certificado de Análisis Nro. 158 - 2018, Muestreo: 20/09/2018, Análisis: 20/10/2018. (Ver Anexo).

Tabla N° 28: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, cuerpo receptor – Rio Ayaviri. 29 de noviembre del 2018 – muestra 15.

| PARAMETROS | UNIDAD | SALIDA RESULTADO S | METODO ANALITICO |
|--|-----------|--------------------------|---------------------|
| Potencial de Hidrogeno | Ph | 8.3 | Electrométrico |
| Conductividad Eléctrica | μS/cm | 350.02 | Electrométrico |
| Sólidos en Suspensión | mg/L | 110.96 | Colorímetro |
| Porcentaje de Salinidad | % | - | Electrométrico |
| Demanda Química de Oxígeno(DQO) | mg/L | 5.04 | Digestión cerrada |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L | 2.02 | Digestión cerrada |
| Aceites y Grasas | Mg/l | 0.1 | Método de Soxlet |
| Temperatura | ° Celsius | 12.5 | Termómetro |

Fuente: Certificado de Análisis Nro. 566 L.Q.-2018, Muestreo: 28/11/2018, Análisis: 29/11/2018. (Ver Anexo).

3.1.4.3. Condiciones actuales de funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

La infraestructura de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales existente de la localidad de Ayaviri, es estructura nueva, pero la mala ejecución o los malos procedimientos realizados, causaron que se encuentre muy deteriorado, teniéndose estructuras colapsadas y también no se realiza una buena operación y mantenimiento; en esta parte identificaremos cada uno de los componentes tal como se encuentra en la actualidad los cuales son:

- Disipador de energía
- Cámara de reunión
- Desarenador
- Cámara de rejillas
- Desgrasador
- Sedimentador Primario

- Sedimentadores Secundarios
 - Digestor de lodos
 - Laguna de maduración primaria
 - Laguna de maduración secundaria
 - Cámara de cloración
- a) **Disipador de energía**

El disipador de energía tiene un Largo de 3.74 m, con un ancho de 1.40 y una altura de 1.30m.



Figura N° 15: Disipador de Energía de la PTAR



Figura N° 16: Llegada de agua residual rebombada a la PTAR

ANALISIS.

Se encuentra en buen estado, puesto que solo se encarga de recibir las aguas residuales rebombadas y redireccionarlas hacia la cámara de reunión, para realizar su tratamiento; lo que le hace falta es una válvula para hacer limpieza y mantenimiento de la base, el cual acumula sedimentos mientras no está en funcionamiento.

b) Cámara de reunión

La cámara de reunion tiene un Largo de 5.43m, con un ancho de 1.30m y una altura variable de 1.78, con una zona de transición que desciende con una pendiente -1%, que se dirige hacia el desarenador existente.



Figura N° 17: Cámara de reunión de la PTAR



Figura N° 18: Tuberías de llegada en la Cámara de reunión de la PTAR

ANÁLISIS.

En la figura podemos ver: tubería de arriba, es la llegada de la red de principal por gravedad existente, tubería de la izquierda, es la llegada del dissipador de energía el cual viene de la cisterna de rebombeo y la tubería grande en la parte baja, es bypass que conecta directamente a las lagunas de maduración.



Figura N° 19: Tuberías de salida directa hacia lagunas de maduración en PTAR

c) Desarenador

Esta estructura tiene un Largo de 6.67m, y un ancho variable, entrada 1.30m, la zona de lodos y la zona de desarenador presenta un ancho de 2.30m y en el lado derecho de la entrada se encuentra Canal de By – Pass con un ancho de 0.45mn con una pendiente de -1%, para realizar mantenimiento.



Figura N° 20: Desarenador de la PTAR

ANÁLISIS.

Del desarenador se puede ver: Las compuertas están inutilizables, por falta de mantenimiento y oxidados y el by-pass inutilizable según se puede observar en la siguiente figura.

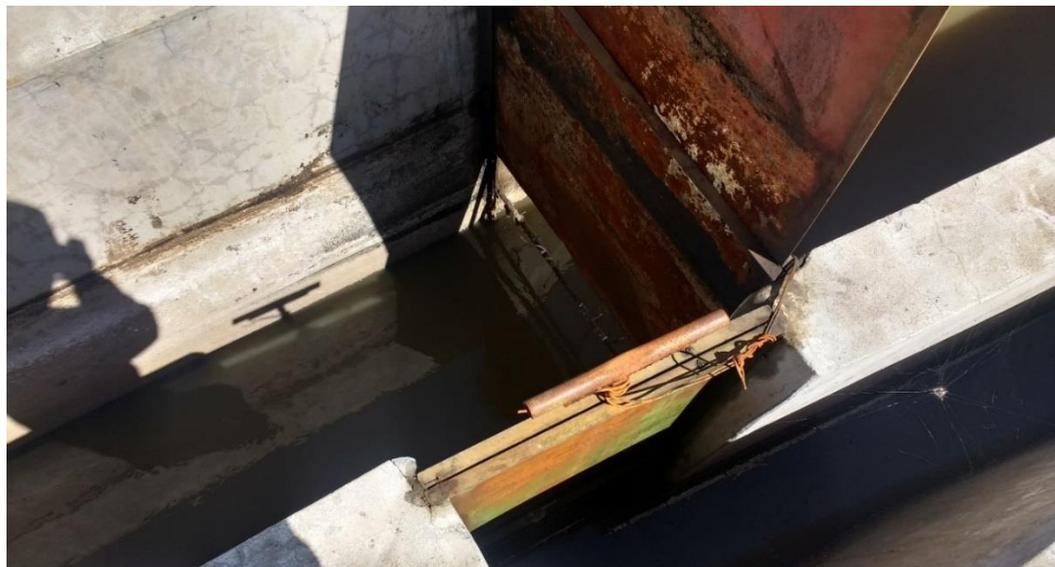


Figura N° 21: Compuertas del Desarenador de la PTAR

La compuerta existente es de un material muy simple, por lo cual dificulta su operación.



Figura N° 22: Compuertas del Desarenador de la PTAR

Falta hacer limpieza del desarenador y también se puede observar la acumulación de sedimentos, que no se sacaron en un muy tiempo debido a la falta de digestores de lodos, que se encuentra colapsada, en la imagen siguiente podemos ver la acumulación de suciedad y residuos en la base del desarenador, además que sus dimensiones del desarenador son muy pequeñas para el caudal que se tiene en la PTAR.



Figura N° 23: Suciedad encontrada en el Desarenador de la PTAR

d) La cámara de rejas

Esta estructura tiene un ancho de 4.90m y un ancho de 1.90m.

Es única estructura y el primer componente en el tratamiento posterior al desarenador existente en esta PTAR. Componente encargado de separar los sólidos y, en el fondo de la cámara de rejas cuenta con una inclinación de 5%, cuenta con tres rejillas.



Figura N° 24: La cámara de rejas de la PTAR

ANÁLISIS.

Se puede observar en primer lugar una mala ubicación de la cámara de rejas, por criterio técnico podemos asumir que la cámara de rejas debería de ser la estructura del tratamiento preliminar, que tenga que ir adelante del desarenador puesto que esta estructura separa todos los sólidos que pueda traer la red de alcantarillado, y tal como se encuentra ahora y como se vio en las imágenes anteriores, en el desarenador también se quedaron retenidos algunos sólidos.

En las imágenes posteriores podemos observar un mal tratamiento de los sólidos, que son acomodados a un costado de la cámara de rejas, estos traen malos olores y contaminación,



Figura N° 25: La cámara de rejas de la PTAR



Figura N° 26: La cámara de rejas de la PTAR

Falta hacer mantenimiento a las rejas como se puede observar, se encuentran dañadas y no se puede retirar de su ubicación, así podemos concluir que nunca se retiró dichas rejas.



Figura N° 27: La cámara de rejillas de la PTAR

También a la vista podemos ver que se tiene acumulación de sedimentos en la parte baja o base de la cámara de rejillas, lo cual necesita un mantenimiento constante.

e) Desgrasador

Esta estructura tiene un ancho de 5.20m y un ancho de 1.54m. es de forma rectangular, con una profundidad considerable y su punto de limpia, en la parte baja, teniendo una pendiente de 1%.



Figura N° 28: Desgrasado de la PTAR

ANÁLISIS.

En esta estructura se puede observar que falta limpieza en sus muros laterales y también se encuentra saturado de sedimentos en la base, por lo cual necesita operación.

f) Sedimentador Primario

Existe un sedimentador primario cuyas dimensiones son: Un ancho de 9. 20m y un ancho de 2.12m. y cuenta con una inclinación aproximada de 5% para su limpia.



Figura N° 29: Sedimentador Primario de la PTAR

ANÁLISIS.

Se puede observar que se encuentra en buen estado, al igual que las estructuras anteriores, falta limpieza de los sedimentos acumulados, a falta de los digestores que se encuentran colapsados

g) Sedimentadores Secundarios

Cuenta con cuatro sedimentadores secundarios, cada una de ellas tienen un largo de 15.35m y un ancho de 2.93m



Figura N° 30: Sedimentadores Secundarios de la PTAR

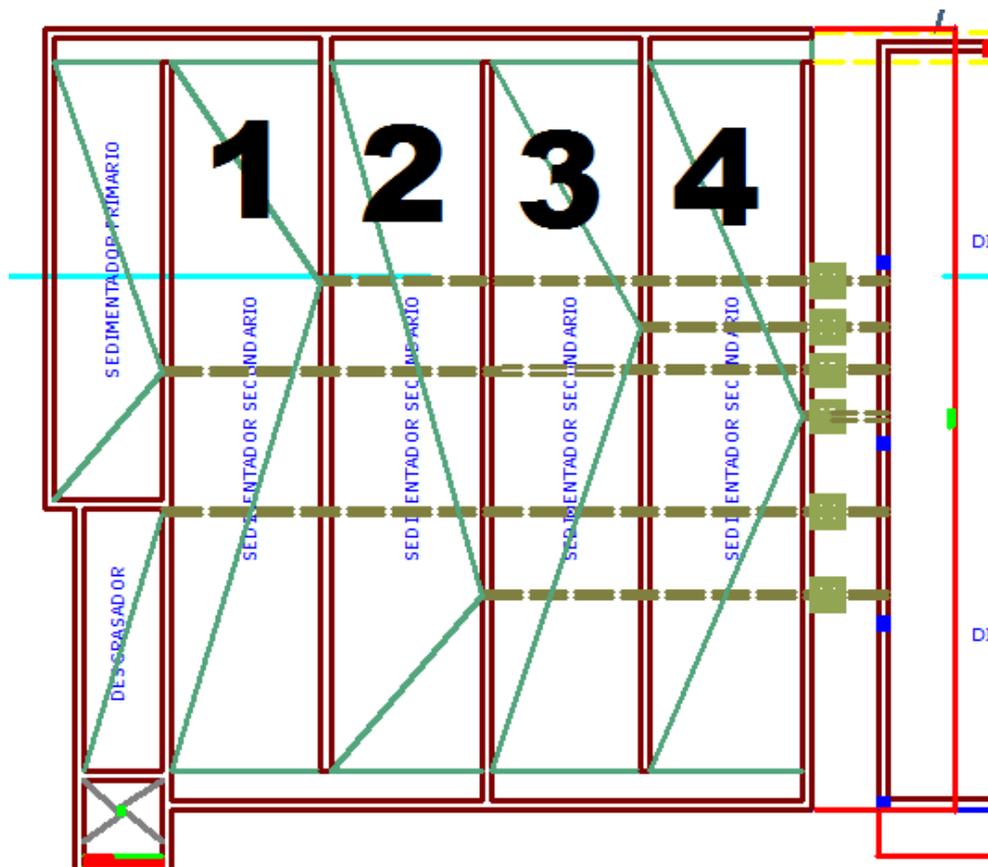


Figura N° 31: Esquema de Sedimentadores Secundarios de la PTAR

ANÁLISIS.

Como vemos en la imagen anterior, es un esquema de los sedimentadores secundarios, el cual cuenta con 4, que se encuentran en cadena, de los 4 sedimentadores, el numero 4 colapso por completo, cuya estructura se desplomo ocasionando daños a las válvulas y a los digestores existentes, se detalla con las imágenes posteriores.



Figura N° 32: falla de muros de Sedimentadores Secundarios de la PTAR

En esta figura podemos observar que los muros de la estructura de los sedimentadores, se encuentran en pésimas condiciones, en los muros intermedios, se tiene desprendimiento del tarrajeo, y también en los muros interiores



Figura N° 33: Colapso de muro cuarto Sedimentador Secundario de la PTAR

En esta imagen podemos observar el colapso de uno de los muros, del cuarto sedimentador secundario, el cual podemos dar como causa, la falla del terreno en la cimentación, a causa de la excavación, para la ejecución de los digestores de lodos, también otra causa podría ser la ubicación de todas las valvulas que se encuentran en esa parte baja y por otro lado la mala realización al momento de la ejecución, puesto que se observa el concreto no es de buena calidad y el acero de refuerzo su espaciamiento es muy elevado.



Figura N° 34: Tercer sedimentador inoperativo de la PTAR.

Como se sabe los sedimentadores secundarios, están interconectados en secuencia, a causa de la falla del cuarto sedimentador secundario, el tercero, se tuvo que redirigir, haciendo que el tercer sedimentador este colmatado e inoperativo, acumulando sedimentos y a su vez estancando el agua residual que va ingresar.



Figura N° 35: Tercer sedimentador inoperativo, tapa improvisada para redireccionamiento.

Como podemos observar para el redireccionamiento se realizó un tapado con concreto, de la abertura principal, este provocando estancamiento en el tercer sedimentador.



Figura N° 36: Pase provisional, entre el tercer sedimentador y laguna de maduración.

En la imagen tenemos el pase provisional realizado por la EPS. Aguas del Altiplano SRL. Para no interferir con el curso y tratamiento de las aguas residuales.



Figura N° 37: zona de colapso.

Es la parte baja del sedimentador secundario, por donde colapso la estructura, como se puede observar es daño estructural, fallando el concreto y el acero por distintos motivos. Debajo de la estructura colapsada se puede ver las cajas de válvulas para la limpieza de los sedimentadores y parte del muro de los digestores de lodos que también colapsaron.

h) Digestor de lodos

Los digestores de lodos, eran dos estructuras iguales, cuentan con un largo de 7.00m y un ancho de 8.05m cada uno, presenta un muro de concreto armado de una altura de 1.25m, era techado con calamina y estructura metálica de soporte.



Figura N° 38: Digestor de Lodos de la PTAR

ANÁLISIS.

Según un análisis porque el colapso de esta estructura se encontró 2 razones principales:

Primero, sería el colapso de la estructura existente al costado que vendría a ser el cuarto sedimentador secundario, el cual se vino abajo, aunque no hizo daño en la

estructura de los digestores, como se puede observar, pero si lo puso en peligro, y también que en la parte inferior se encuentran las válvulas y con el derrumbe de la estructura, hizo que sea inaccesible las válvulas para realizar un mantenimiento u operación.

Se puede observar en las siguientes imágenes.



Figura N° 39: estructura colapsada, abajo válvulas de control.



Figura N° 40: Digestor de Lodos sin cobertura.

Segundo: En las imágenes podemos observar que los digestores de lodos se encuentran sin coberturas, dichas coberturas, se encuentran en distintos puntos de la PTAR, estas habrían colapsado tiempo antes de haber hecho este análisis, debido a que los rezagos existentes de la cobertura se encuentran muy deteriorados.



Figura N° 41: Digestor de Lodos sin cobertura.

En la imagen anterior se puede ver parte de la calamina que se quedó en uno de los muros de los digestores.



Figura N° 42: Derrumbe de Sedimentador Secundario

En esta imagen se puede observar los anclajes en muy mal estado y con más detalle el colapso de la estructura superior.



Figura N° 43: Digestor de Lodos sin cobertura.

En la presente imagen se observa restos de la estructura y la cobertura de los digestores de lodos, que se encuentran en la PTAR.

i) Laguna de maduración primaria

Las dimensiones de la laguna de maduración primaria son: largo de 202.80m y un ancho de 103.60m, esta laguna presenta una altura de 1.80m



Figura N° 44: Laguna de maduración primario de la PTAR

ANÁLISIS.

Desde el punto de entrega de los sedimentadores secundarios se dirige una tubería PVC de 400 mm. Recubierta de concreto, el cual distribuye en caudales iguales a lo largo de la laguna de maduración primaria, el cual consta de 7 salidas paralelas.



Figura N° 45: caja de distribución de agua residual.

Existen 7 cajas distribuidas a lo largo del ingreso a la laguna de maduración, los cuales se encuentran tal como se ve en la figura, rompieron sus muros interiores disipadores de caudal, para que pueda entrar de manera directa, en ese estado se encuentran todas las cajas existentes.



Figura N° 46: encima de la corona las cajas de distribución.

Aquí vemos todas las salidas de aguas residuales hacia las lagunas de maduración, en paralelo.



Figura N° 47: Ubicación de las salidas existentes.

En esta imagen se observa las 7 salidas existentes, de los 4 están elevados y 3 en la parte baja al nivel del espejo de agua, de todos los existentes 6 están en funcionamiento, debido a que uno de ellos está directamente conectado al by-pass que se encuentra directo de la cámara de reunión.



Figura N° 48: Encima de la corona de laguna de maduración primaria.

En aquí podemos ver la corona de la laguna de maduración, y se puede observar la colocación de la geomembrana anclada en la parte superior de la corona.

Se concluye de acuerdo a lo observado esta estructura: no presenta falla en todo el contorno, se encuentra en óptimas condiciones y su cobertura no se encuentra dañado, con excepción de los taludes laterales, que está siendo invadida por vegetación, lo que faltaría es un mantenimiento total.

j) Laguna de maduración secundaria

La laguna de maduración secundaria cuenta con un lago de 100.85m y un ancho de 103.60m, con una altura de 1.80m, es parecido a la laguna primaria con diferencia del largo total.



Figura N° 49: Laguna de maduración secundaria de la PTAR

ANÁLISIS.

Esta laguna está directamente conectado a la laguna de maderación Primaria, como se puede observar en la imagen de abajo, esta también se encuentra cercado

por una corona para su aislamiento, en capacidad es más pequeño, esta estructura presenta varias fallas, los cuales son las siguientes:



Figura N° 50: Corona intermedia de las lagunas de maduración.

Podemos observar la invasión de vegetación en la corona central que separa ambas lagunas de maduración.



Figura N° 51: Corona lateral de laguna de maduración secundaria.

En la imagen se puede observar el levantamiento de la geomembrana en los laterales de la laguna de maduración secundaria.



Figura N° 52: Levantamiento de la geomembrana.

En la imagen se observa el levantamiento en el centro de la laguna, debido a una mala ejecución, por fallas al momento de la instalación



Figura N° 53: acumulación de gases dentro de la geomembrana

En esas imágenes se ve más claro la geomembrana y su acumulación de gas, por eso se ve inflado en las partes intermedias por los gases acumulados.



Figura N° 54: ingreso intermedio colapsado.

Se observa uno de los ingresos a las cajas de evacuación hacia la cámara de contacto, la cual se encuentra como esta en la imagen, punto por el cual el agua residual está entrando debajo de la geomembrana y hace que esta falle ocasionando contaminación e infiltración a los laterales y también que la laguna de maduración secundaria no trabaje de manera óptima.

En conclusión, esta estructura está funcionando de muy mala manera, provocando contaminación y no trabajando de manera efectiva, también cabe mencionar que en las esquinas de las lagunas de maduración, las aguas están estancadas, estas aguas no hacen el tratamiento adecuado, debido a que las tuberías de entrada y salida se encuentran casi al centro.

k) Cámara de cloración

Esta cámara de cloración cuenta con un ancho de 5.90m y un largo de 6.70m, cuenta con cuatro cámaras de iguales dimensiones, los cuales cumplen la función de mezclar con el cloro, y así poder expulsar agua tratada, al cuerpo receptor.



Figura N° 55: Cámara de Cloración de la PTAR

ANÁLISIS.

La estructura en si se encuentra en óptimas condiciones, solo que es una estructura obsoleta debido a que no hacen el tratamiento con cloro, el cual es la función principal de la cámara de contacto a falta de una operación adecuada.



Figura N° 56: Caja de reunión de aguas tratadas.



Figura N° 57: caja de reunión de aguas tratadas.

En la imagen podemos observar las tres cajas de reunión que direccionan hacia la cámara de contacto.



Figura N° 58: caja de reunión de aguas tratadas.

Como a todas las estructuras existentes, le falta hacer limpieza puesto que en las esquinas se genera rotondas de suciedad y también los muros laterales.

Como conclusión de esta estructura, le hace falta una caceta de cloración, para que sea automático y sea constante el tratamiento, porque tal como está hasta el momento la estructura se ejecutó en vano.

1) **Punto de vertimiento**

El punto de vertimiento se encuentra después de la cámara de contacto, el agua tratada es expulsada por una tubería de 400 mm. De PVC.



Figura N° 59: tubería de salida de la PTAR.

ANÁLISIS.

La tubería de salida se encuentra dañada y fue reforzada con geomembrana y alambre, pero tiene filtraciones, que se pueden observar en la imagen siguiente.



Figura N° 60: caja de reunión de aguas tratadas.

La fuga que presenta la tubería de salida, está acumulándose en la parte baja de la cámara de contacto.



Figura N° 61: Punto de entrega al cuerpo receptor.

Aquí se puede ver la entrega del agua tratada, hacia el cuerpo receptor, uniéndose al cauce del río más abajo.

m) Cerco perimétrico y zonas aledañas.

Se tiene cercado toda la planta de tratamiento, con parantes de concreto y de madera, se cuenta con instalaciones para operación y mantenimiento, pero no se utilizan.



Figura N° 62: Soportes de cerco perimétrico caídos.

El cerco perimétrico no está concluido en su totalidad, en algunos lugares están con parantes de concreto y en otros con parantes de madera.



Figura N° 63: Parantes improvisados.

Según lo visto en campo, la ejecución del cerco perimétrico no se concluyó en su totalidad, puesto que en algunas zonas se encuentra las excavaciones, para la cimentación de los parantes de concreto que no fueron ejecutados, los cuales están

llenos de basura y en uno de ellos hasta se encontró con animales muertos, provocando contaminación.



Figura N° 64: Imagen en época de lluvia.

Se puede observar que los laterales se inundan en épocas lluviosas, tal como se muestran en las figuras.



Figura N° 65: Caja de reunión de aguas tratadas.

La falta de drenaje en las zonas aledañas hace que se inunde, pudiendo estas esta provocar daños e infiltración a las lagunas de maduración, y también haciendo que no sea accesible para mantenimiento de la planta de tratamiento.

3.1.4.4. Evaluación del sistema

La planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Ayaviri, que está ubicado al sur-oeste de la ciudad, cuenta con 03 años de funcionamiento el cual no tiene mantenimiento ni una operación adecuada de ninguno de los componentes de dicha planta, también otro factor muy importante es la falta de remoción de lodos de las lagunas de maduración, que desde la puesta en funcionamiento en el año 2015 hasta hoy 2018 no se realizó el retiro de los lodos y este es el principal factor por la cual la planta no trate las aguas residuales según lo exige los Límites Máximos Permisibles y Estándares de Calidad Ambiental, a fin de verificar y realizar una evaluación de su operatividad a dicha planta o definir si aún es posible realizar un mejoramiento, de tal forma que se pueda solucionar bajo un planteamiento de alternativa de solución para el problema que tiene la PTAR de la ciudad de Ayaviri.

El sistema a tratar se verificará en cuanto a las variables ya establecidas In Situ, los cuales son: población de diseño, aporte per cápita de DBO₅, la temperatura y el Ph. Estos parámetros, con el terreno ya establecido y sus componentes realizados, se verificará y evaluará conforme al sistema que se adecue a las estructuras realizadas, con el fin de realizar una propuesta para su adecuación y posterior funcionamiento óptimo.

- Se mantendrá las estructuras existentes, ya que los resultados son favorables, eso quiere decir que la planta de tratamiento está trabajando de buena manera, y se realizara una mejora y adecuación de acuerdo a los resultados que no cumplen, se mantendrá las lagunas facultativas y se realizara una mejora en la disposición de lodos.

Tabla N° 29: Proceso de tratamiento y remoción.

| PROCESO TRATAMIENTO | DE | REMOCIÓN (%) | | REMOCIÓN ciclos log10 | |
|---|-----------|---------------------|----------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | | DBO | Sólidos en Suspensión | Bacterias | Helmin- tos |
| <i>Sedimentación primaria</i> | 25 – 30 | 40 - 70 | 0 - 1 | 0 - 1 | |
| <i>Lodos activados (a)</i> | 70 – 95 | 70 - 95 | 0 - 2 | 0 - 1 | |
| <i>Filtros Percoladores (a)</i> | 50 – 90 | 70 - 90 | 0 - 2 | 0 - 1 | |
| <i>Lagunas Aireadas (b)</i> | 80 – 90 | (c.) | 1. - 2 | 0 - 1 | |
| <i>Zanjas de Oxidación (d)</i> | 70 – 95 | 80 - 95 | 1. - 2 | 0 - 1 | |
| <i>Lagunas de Estabilización (e.)</i> | 70 – 85 | (c.) | 1. - 6 | 1. - 4 | |
| <i>(a) precedidos y seguidos de sedimentación.</i> | | | | | |
| <i>(b) incluye laguna secundaria.</i> | | | | | |
| <i>(c) dependiente del tipo de .</i> | | | | | |
| <i>(d) seguidas de sedimentación.</i> | | | | | |
| <i>(e) dependiendo del número de lagunas y otros factores como: temperatura, periodo de re- tención y forma de las lagunas.</i> | | | | | |
| <i>Fuente: (011-2012-Vivienda, 2012)</i> | | | | | |

3.1.4.4.1. Evaluación del tratamiento preliminar

Para el tratamiento preliminar, se tiene el desarenador y la cámara de rejas; los cuales presentan fisuras, desprendimiento del recubrimiento, además que según recomendación del RNE OS-090, la distribución tiene que ser cámara de rejas adelante e incluir un canal Parshall.

Para el buen funcionamiento del tratamiento preliminar se plantean rediseñar las cámaras de rejas, desarenador y canal Parshall a fin de que se garantice el buen funcionamiento hidráulico, manejo ambiental de los sólidos retenidos y cumplir con las recomendaciones del RNE.

En cuanto a la cámara de rejas el RNE OS 090, indica que las cribas deben estar dotados de:

- Una plataforma de operación y drenaje del material cribado con barandas de seguridad.
- Iluminación para la operación durando la noche.
- Espacio suficiente para el almacenamiento temporal del material cribado en condiciones sanitarias adecuadas. (Lecho de secado).
- Solución técnica para la disposición final del material cribado. (En este caso después de que los sólidos retenidos en las cribas sean llevados a un lecho de secado, se trasladara a un relleno sanitario).
- Por otro lado, también plantea que, deben tener compuertas los By-pass que son necesarias para poner fuera de funcionamiento cualquiera de las unidades.
- Adicional a esto se plantea una pileta para la operación y mantenimiento del componente.

En cuanto al rediseño de los canales el RNE OS 090 indica, se efectuará en condiciones de caudal máximo horario, puede considerarse las siguientes alternativas:

- Los canales de las rejas estarán dotados de 03 canales con cribas de igual dimensión, de los cuales uno servirá de by pass en caso de emergencia o mantenimiento. En este caso dos de los tres canales tendrán la capacidad para conducir el máximo horario.
- Dos canales con cribas, cada uno dimensionados para el caudal máximo horario.

Para el diseño de cribas de rejas se tomarán en cuenta los siguientes aspectos:

- Se utilizarán barras de sección rectangular de 5 a 15mm de espesor de 30 a 75mm. De ancho, las dimensiones dependerán de la longitud de las barras y el mecanismo de limpieza.
- El espaciamiento de las barras estará entre 20 y 50mm. Para localidades con un sistema inadecuado de recolección de residuos sólidos se recomienda un espaciamiento no mayor de 25mm.
- Las dimensiones y espaciamiento entre barras se escogerán de modo que la velocidad del canal antes de y a través de las barras seas adecuada. La velocidad a través de las barras limpias debe mantenerse entre 0.60 a 0.75m/s, basado en el caudal máximo horario. Por otro lado las velocidades deben estar verificadas por los caudales máximos, mínimos y medios.
- Determinada las dimensiones de procederá a calcular la velocidad del canal antes de las barras, la misma que debe mantenerse entre 0.30 a 0.60 m/s siendo 0.45m/s un valor comúnmente utilizado.

Para el diseño del desarenador; el RNE OS-090, indica que es obligatorio, por lo cual:

- Los desarenadores serán preferentemente de limpieza manual, sin incorporar mecanismos, excepto en el caso de desarenadores para instalaciones grandes. Según el mecanismo de remoción, los desarenadores pueden ser a gravedad de flujo horizontal o helicoidal. Los primeros pueden ser diseñados como canales de forma alargada y de sección rectangular.
- Los desarenadores de flujo horizontal serán diseñados para remover partículas de diámetro medio igual o superior a 0,20 mm. Para el efecto se debe tratar de controlar y mantener la velocidad del flujo alrededor de 0,3 m/s con una tolerancia + 20%. La tasa de aplicación deberá estar entre 45 y 70 m³/m²/h,

debiendo verificarse para las condiciones del lugar y para el caudal máximo horario. A la salida y entrada del desarenador se preverá, a cada lado, por lo menos una longitud adicional equivalente a 25% de la longitud teórica. La relación entre el largo y la altura del agua debe ser como mínimo 25. La altura del agua y borde libre debe comprobarse para el caudal máximo horario.

- El control de la velocidad para diferentes tirantes de agua se efectuará con la instalación de un vertedero a la salida del desarenador. Este puede ser de tipo proporcional (sutro), trapezoidal o un medidor de régimen crítico (Parshall o Palmer Bowlus). La velocidad debe comprobarse para el caudal mínimo, promedio y máximo.
- Se deben proveer dos unidades de operación alterna como mínimo.
- Para desarenadores de limpieza manual se deben incluir las facilidades necesarias (compuertas) para poner fuera de funcionamiento cualquiera de las unidades. Las dimensiones de la parte destinada a la acumulación de arena deben ser determinadas en función de la cantidad prevista de material y la frecuencia de limpieza deseada. La frecuencia mínima de limpieza será de una vez por semana.

Para la inclusión de medidor de caudal, según RNE OS-090:

- Después de las cribas y desarenadores se debe incluir en forma obligatoria un medidor de caudal de régimen crítico, pudiendo ser del tipo Parshall o Palmer Bowlus. No se aceptará el uso de vertederos.
- El medidor de caudal debe incluir un pozo de registro para la instalación de un limnógrafo. Este mecanismo debe estar instalado en una caseta con apropiadas medidas de seguridad



Figura N° 66: Tratamiento preliminar.

En conclusión, el tratamiento preliminar que está compuesto por una cámara de rejas, desarenador y canal parshall, será diseñado acorde a las normas actuales, teniendo en cuenta los criterios de diseño que plantea el RNE OS 090.

3.1.4.4.2. Evaluación de desgrasador y sedimentadores.

- ❖ **Desgrasador.** Como ya se observó anteriormente, con respecto al desgrasador, este se encuentra en óptimas condiciones, solo falta hacer mantenimiento de los sedimentos acumulados en su base y una limpieza de sus muros internos.
- ❖ **Sedimentador primario.** Esta estructura se encuentra también en óptimas condiciones, así como el desgrasador, falta realizar mantenimiento y limpieza, así como la purga de sedimentos acumulados, y algunas reparaciones en fisuras en los laterales.



Figura N° 67: Desgrasador y sedimentador primario.

- ❖ **Sedimentadores secundarios.** Esta estructura, es la que está en pésimas condiciones ya que se está desprendiendo el tarrajeo y uno de los compartimentos se encuentra colapsado por completo, tal como se muestra en la figura, como conclusión de esta estructura, se ve por conveniente la ejecución de la misma estructura que colapso, puesto que el tratamiento se está realizando de buena manera y complementando su estructura lograremos aun con más eficiencia la disminución de los parámetros establecidos, haciéndose una evaluación más exhaustiva en dicha estructura, y luego poner en funcionamiento sus válvulas para la limpieza y mantenimiento de los sedimentadores.



Figura N° 68: Estructura colapsada.

- ❖ **Tubería de transporte.** La tubería se encuentra en óptimas condiciones, solo se recomendaría la conexión, tal como se encuentra en el expediente técnico inicial.

3.1.4.4.3. Lagunas de Maduración Primaria y Secundaria.

- ❖ **Laguna de maduración primaria.** Esta estructura se encuentra trabajando en óptimas condiciones, lo que se observa es que no se hace limpieza de los sedimentos acumulados en la estructura y también falta limpieza de la corona, por la abundante presencia de vegetación.
- ❖ **Laguna de maduración secundaria.** Esta estructura si se encuentra completamente colapsada, debido a un mal procedimiento constructivo y falla en uno de los ingresos para la cámara de contacto, los cuales hacen que se introduzca agua residual tratada, por debajo de la geomembrana y este se levante hacia la superficie, provocando falla de la estructura en mención provocando contaminación por infiltración y generando gases debajo de la geomembrana.

La solución para esta estructura es la instalación de nueva geomembrana, respetando el diseño original y drenando toda el agua infiltrada; también

analizando las coronas porque a causa de la infiltración puede que se hayan generado vacíos internos.



Figura N° 69: Laguna primaria y secundaria.

3.1.4.4. Evaluación de corto circuito hidráulico.

En nuestra laguna de maduración primaria se tiene 07 dispositivos y 03 de salida, el cual causan zonas muertas en las esquinas del lado de salida; en la laguna de maduración secundaria se tiene 03 entradas de salida y 03 de salida, causando zonas muertas en las cuatro esquinas, atascando el agua residual existente en esos puntos. Como resultado, las lagunas de maduración tienen cortos circuitos hidráulicos, lo que disminuye el volumen útil de la laguna y, entonces, eficiencia de funcionamiento. Se debe ver la forma de hacer circular esa agua estancada, aunque por la cantidad de ingresos es mínimo.

Las lagunas de maduración requieren de aprovechamiento del área total para recibir la máxima insolación solar para la formación de la fotosíntesis.

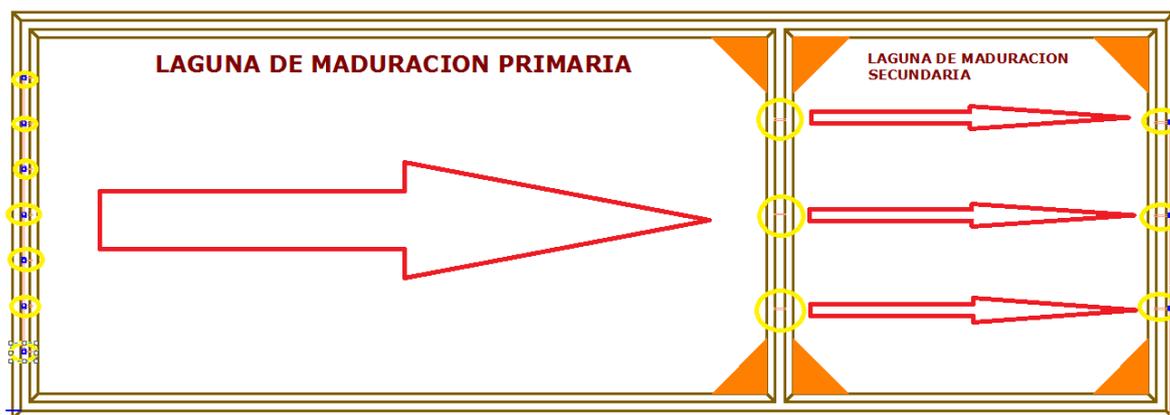


Figura N° 70: Zona de ubicación del corto circuito hidráulico.

En la imagen se puede apreciar las lagunas de maduración primaria y secundaria, las flechas rojas indican la dirección del flujo, los puntos amarillos, son los ingresos o los pases encontrados en campo, mientras que los triángulos naranjas son las zonas del corto circuito, donde se vienen generando zonas muertas y acumulación de natas.



Figura N° 71: Zona de ubicación del corto circuito hidráulico-laguna primaria.

Se puede observar la acumulación de natas y también de sedimentación, el agua se encuentra estancada.



Figura N° 72: Zona de ubicación del corto circuito hidráulico-laguna secundaria

Zona muerta generación de NATAS que impiden fenómeno de la fotosíntesis de las algas

3.1.4.4.5. Evaluación de cámara de contacto

La cámara de contacto se encuentra en buen estado, pero esta estructura es inservible debido a que su función es para mezclar el agua tratado con cloro dosificado, y así bajar sus niveles de coliformes totales, en esta estructura es donde se mezclan en sus distintas cámaras y con la velocidad de entrada.

Para esta estructura se plantea hacer una caceta de dosificación de cloración, que sea automatizada y cumpla su función real, por la cual está ejecutada.



Figura N° 73: Zona de ubicación del corto circuito hidráulico-laguna secundaria.

3.1.4.1.6. Evaluación del dispositivo de descarga final

El agua residual tratada es conducido a un cuerpo receptor que es el río Ayaviri, que, según los análisis de laboratorio practicados al efluente, agua tratada, no cumplen con los Límites Máximos Permisibles. El parámetro que no cumple es de coliformes totales.

Situación que al verter esta agua tratada contribuye a la contaminación del cuerpo receptor, del tipo biológico, para lo cual se plantea una caceta de dosificación de cloración para mejorar y optimizar el tratamiento y reducir la contaminación del tipo biológico, a fin de cumplir con las normas de vertimiento.

Además, se observa que el efluente es de calidad regular, el cual se muestra verdoso, que indica que la laguna está tratando las aguas residuales de forma regular.

En la siguiente figura se muestra en vertimiento de las aguas residuales por medio de una estructura de alivio, el cual genera demasiada turbulencia al punto de generar espuma, se sigue teniendo un olor pestilente.



Figura N° 74: Punto de salida, contacto de agua tratada con el cuerpo receptor.

Se verifica que la estructura de alivio genera mucha espuma, lo que no debería ocurrir, Se deja en constancia que al momento del monitoreo se sigue manteniendo el olor.

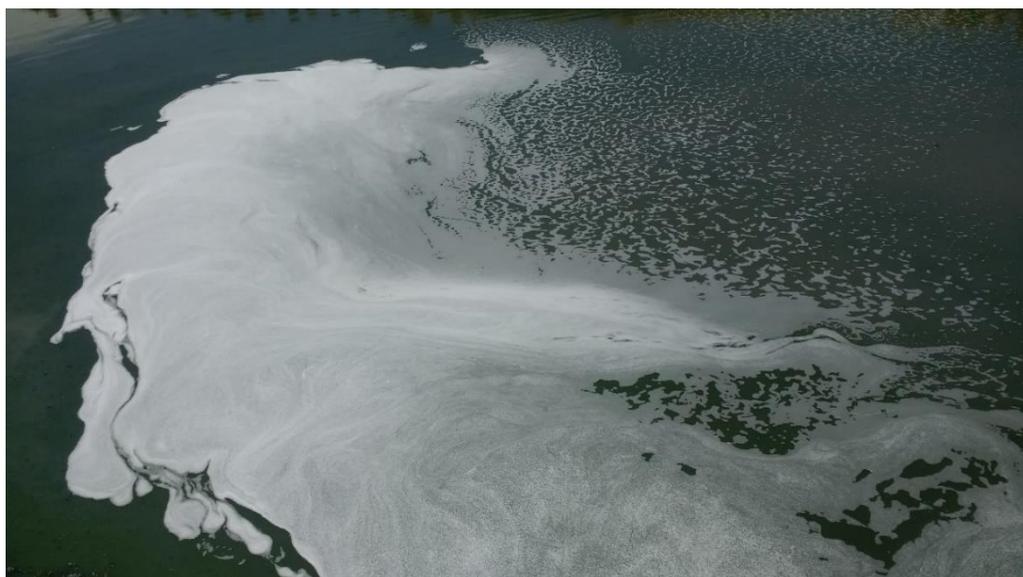


Figura N° 75: Encuentro del efluente tratado con el cuerpo receptor

Se visualiza la formación de espuma al contacto con el río producto de la turbulencia con la cual entrega la estructura de alivio al río.



Figura N° 76: Salida del efluente tratado al río.

Caída del agua tratada producida por dicha la PTAR, además la presencia de espuma.



Figura N° 77: Aguas debajo de la PTAR, después de la entrega

Algunos detergentes y otros agentes de actividad superficial, lo que se llaman los tensoactivos, que están en las aguas residuales no son biodegradables.

Como resultado, si la descarga final está arriba del cuerpo receptor (estructura de alivio), se puede formar espuma por la turbulencia de la descarga como se ve en las fotos anteriores. Por otro lado, mientras la espuma no es un problema serio desde el punto de vista de contaminación, es un problema visual y estético, y el público puede pensar que la instalación no está funcionando bien y está contaminando el cuerpo receptor (en nuestro caso si contamina).

3.1.4.5. Cálculo y análisis de la operatividad

En esta parte se realizará la evaluación a nivel de depuración de la DBO para su vertido al río.

- **Relación entre DBO Y DQO.**

Si la relación de la DBO total entre la DQO total es mayor a 0.6, se puede concluir que el agua tiene influencia doméstica, y si es menor a 0.6, el agua presenta influencia industrial. (Comisión Estatal del Agua de Jalisco, 2013).

$$\frac{DBO_T}{DQO_T} \geq 0.6$$

Para una concentración de DBO5 de 67.58 mg/l y de DQO 184.57 mg/l, la relación entre DBO/DQO es de 0.37, lo cual indica que el agua residual de la ciudad de Ayaviri contiene afluentes a la red de alcantarillado del tipo industrial, sin embargo, es necesario medir la biodegradabilidad y confirmar si este efluente puede ser tratado o realizar el monitoreo de los efluentes y

separar dichas conexiones en otro tipo de tratamiento solo para este tipo de afluentes industriales.

- **Medida de la biodegradabilidad.**

La materia orgánica biodegradable se mide en términos de la DBO y la materia orgánica total por la DQO. Si DQO/DBO5, es mayor que 2 y menor que 3, los residuos se consideran tratables mediante procesos biológicos. Por lo tanto, de la caracterización de aguas residuales para Ayaviri se puede determinar que la relación DQO/DBO5 del agua residual domestica bruta es biodegradable.

SEOÁNEZ Mariano (2004), define la siguiente relación de biodegradabilidad:

$$K = \frac{DQO}{DBO_5}$$

Y representa la fracción de DQO que es biodegradable. Los casos típicos de relación de biodegradabilidad se presentan en la tabla:

Tabla N° 30: Biodegradabilidad.

| K | Afluente |
|-----------|--|
| 1.5 | Afluente biodegradable de forma natural |
| 2 < k < 3 | Afluente urbano biodegradable si se trata. |
| k > 5 | Afluente no biodegradable. Es típico de muchos afluentes industriales. |

Fuente: Seoanez (2004).

Para una concentración de DBO5 máxima de 67.58 mg/l y de DQO 184.57 mg/l, el coeficiente K es de 2.73, lo que indica que el agua residual de la ciudad de Ayaviri es biodegradable aplicándose un tratamiento secundario.

3.1.4.6. Reporte de resultados

Como resultado de la evaluación de la PTAR de la localidad de Ayaviri, se tiene los siguientes reportes y resultados:

3.1.4.6.1. Caudal

El caudal del agua residual promedio que ingresa a la PTAR, se optara por hacer un promedio aritmético de los datos obtenidos por la EPS. Aguas del Altiplano SRL. Medición del caudal utilizando los datos de consumo de agua.

Tabla N° 31: Calculo del caudal en función al volumen de aguas residuales producidas.

| MES | VOLUMEN PRODUCIDO AGUAS RESIDUALES m3/mes | Q aprox. |
|-------------------|---|----------|
| ene-18 | 99233.98 | 37.05 |
| feb-18 | 99438.24 | 41.10 |
| mar-18 | 99550.87 | 37.17 |
| abr-18 | 99754.15 | 38.49 |
| may-18 | 99683.76 | 37.22 |
| jun-18 | 99680.23 | 38.46 |
| jul-18 | 99623.92 | 37.20 |
| ago-18 | 99522.59 | 37.16 |
| sep-18 | 100170.82 | 38.65 |
| TOTAL | 896658.56 | |
| Q PROMEDIO | 38.01 | |

Fuente: datos Facilitados por la EPS. Aguas del Altiplano SRL.

Por lo tanto, el promedio aritmético resulta, 38.01 l/s, que es el caudal calculado.

3.1.4.6.2. Dotación

De acuerdo al caudal 38.01 l/s, y una población actual en la cual se detallará a continuación.

La población estimada del Distrito de Ayaviri de acuerdo al censo nacional XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas 2017, es de 24,452 habitantes; que representa el 36.42% del total de la provincia de Melgar (67,138 habitantes); a nivel del distrito se tiene una población masculina

de 11,702 habitantes y femenina de 12,750 habitantes, que representa 47.86% y 52.14% respectivamente; la población urbana significa el 89.40% y la rural 10.60% como se observa en la siguiente tabla.

Tabla N° 32: Población total. por sexo y ámbito geográfico del distrito de ayaviri

| Según Sexo | Tipo de área | | Total |
|------------|--------------|----------|-----------|
| | Urbano | Rural | |
| Hombre | 10,447.00 | 1,255.00 | 11,702.00 |
| Mujer | 11,412.00 | 1,338.00 | 12,750.00 |
| Total | 21,859.00 | 2,593.00 | 24,452.00 |

Fuente: Censos Nacionales XII Población, VII de Vivienda y III de comunidades indígenas 2017

El cual refleja una población total de 21,859 habitantes al año 2017, además según la proyección poblacional estimadas con la Tasa de Crecimiento Intercensal Distrital Urbana (TCI- DU) al año 2018, la ciudad de Ayaviri cuenta con 21,946 habitantes con una tasa de crecimiento anual de 0.4%.

Por lo tanto, se optará la población al año 2018 de **21,946 habitantes**.

Con estos datos se procede a determinar la dotación mediante la siguiente formula:

$$Q = \frac{\text{Dotacion} \times \text{Poblacion}}{86400} \dots \text{Caudal para Aguas potables}$$

Para desagüe se considera un 80% de contribución.

$$Q = \frac{0.80 \times \text{Dotacion} \times \text{Poblacion}}{86400} \dots \text{Caudal para desagüe}$$

Despejando de la ecuación la Dotación.

$$\text{Dotacion} = \frac{Q \times 86400}{0.80 \times \text{Poblacion}} \text{ l/p/dia}$$

Reemplazando en la ecuación se obtiene 187.05 l/p/día.

- Por lo tanto, se tiene una dotación de 187.05 l/p/día.

3.1.4.6.3. Periodo de retención

El periodo de retención hidráulica de la laguna se determinará en función al cálculo del volumen actual de la laguna y el caudal de aguas residuales que ingresa a la PTAR, mediante la siguiente expresión:

$$\text{Tiempo de Retencion} = \frac{\text{Volumen de la Laguna (m}^3\text{)}}{\text{Caudal de Ingreso (}\frac{\text{m}^3}{\text{día}}\text{)}} \text{ l/p/dia}$$

Se toma los datos obtenidos en campo:

Largo de espejo de agua : 201.35 m.

Ancho de espejo de agua : 100.47 m.

Largo del fondo de la laguna: 198.30 m.

Ancho del fondo de la laguna: 97.40 m.

Altura de agua sin lodos : 1.27m.

Caudal de agua residuales : 38.01 l/s.

Caudal de aguas residuales en m³/día : 3284.064 m³/día. Borde
libre : 0.55m.

Y se reemplaza en la siguiente formula:

$$\text{Volumen de Tronco} = h/3(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \times A_2})$$

$$\text{Volumen de Tronco} =$$

$$1.27/3(201.35 \times 100.47 + 198.30 \times 97.40 + \sqrt{201.35 \times 100.47 \times 198.30 \times 97.40})$$

$$\text{Volumen de la Laguna Util} = 25,108.23 \text{ m}^3$$

- Por lo tanto, el caudal y el volumen de la laguna útil reemplazamos en la siguiente ecuación:

$$Tiempo\ de\ Retencion = \frac{25,108.23\ (m^3)}{3,284.064\ (\frac{m^3}{día})} = 7.65\ Dias.$$

- El periodo de retención de cada laguna es 7.65 días. (laguna sin lodos)

3.1.4.6.4. Remoción de coliformes

- Se tiene los datos recabados de los ensayos realizados, para el manejo de estos datos se considerará el promedio aritmético del monitoreo realizado por la EPS Aguas del Altiplano SRL., en la cual tenemos:

Tabla N° 33: Resultado de coliformes ingreso y salida, EPS. Aguas del Altiplano SRL.

| <i>Parámetros Fisicoquímicos</i> | Unidad de Medida | Promedio | |
|----------------------------------|------------------|-----------|-----------|
| | | Afluyente | Efluyente |
| <i>Coliformes Fecales</i> | NMP/100 ml | 2.85E+06 | 4.5E+05 |

- Por otro lado, también se tiene los resultados de los análisis que se realizaron para la presente investigación, al Laboratorio De Control De Calidad, De La Facultad De Ingeniería Química, De La Universidad Nacional Del Altiplano; cuyos resultados de los análisis de laboratorio son:

Tabla N° 34: Resultado de coliformes ingreso y salida, según el monitoreo de la investigación

| <i>Parámetros Fisicoquímicos</i> | Unidad de Medida | Promedio | |
|----------------------------------|------------------|-----------|-----------|
| | | Afluyente | Efluyente |
| <i>Coliformes Fecales</i> | NMP/100 ml | 1.1E+08 | 1.5E+06 |

3.1.4.6.5. Remoción de parámetros convencionales: DBO, DQO y SS

Se concluye que de los datos obtenidos los análisis de laboratorio se tienen:

Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5

- Ingreso a la planta de tratamiento : 139.64 mg/l
- Salida de la planta de tratamiento : 67.58 mg/l

Demanda Química de Oxígeno DQO

- Ingreso a la planta de tratamiento : 420.43 mg/l
- Salida de la planta de tratamiento : 184.57 mg/l

Sólidos en Suspensión

- Ingreso a la planta de tratamiento : 218.14 mg/l
- Salida de la planta de tratamiento : 132.43 mg/l

Estos datos cumplen con los parámetros establecidos por los LMP.

3.1.4.6.6. Calidad de agua del efluente y del cuerpo receptor

En general, la calidad del agua del efluente no es de buena calidad, en vista de que algunos parámetros importantes no cumplen los LMPs establecidos por la Norma (DS N°003-2010-MINAM).

- ❖ Se observa que a la salida la presencia de coliformes termotolerantes en una concentración $1.5E+06$ NMP/100 ml, siendo el LMP de $1.0E+04$.
- ❖ el parámetro DBO5 si cumple, porque se tiene un DBO5 de 67.58 mg/l en la salida de la PTAR, siendo el LMP de 100 mg/l.
- ❖ Igualmente, el parámetro DQO si cumple, porque se tiene un DQO de 184.57 mg/l en la salida de la PTAR, siendo el LMP de 200 mg/l.
- ❖ El parámetro de solidos totales en suspensión si cumple, pero es muy cercano a los LMPs, se tiene 132.43 mg/l a la salida de la PTAR, siendo en los LMPs de 150 mg/l. se verifica que es muy cercano a los LMPs, para lo cual se tendrá en cuenta para la etapa de evaluacion.

- ❖ Por otra parte, mediante constatación física se observa que el agua del efluente se muestra con un asentó verdoso gris.

3.2. Solución del sistema de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Para la alternativa de solución de la planta de tratamiento de aguas residuales, primero se elegirá el tren de tratamiento, seguidamente rediseñarlo o plantear nuevas estructuras, el tren de tratamiento se elegirá basados en la concepción del diseño original que son por lagunas de maduración, como propuesta de mejoramiento al sistema evaluado.

3.2.1. Diseño recomendado para la PTAR Ayaviri.

3.2.1.1. Determinación de la dotación

En el capítulo, 3.1.4.6.2 Dotación, obtenemos un resultado de 187.05 l/hab/día, para un caudal aforado, durante el monitoreo y determinado en el capítulo, 3.1.4.6.1 Caudal, de 38.011/s, y una población actual de 21,946 habitantes.

1. Por otro lado, el RNE (011-2012-Vivienda, 2012), indica que, si no existieran estudios de consumo y no se justificara su ejecución, se considerara en sistemas con conexiones domiciliarias una dotación siguiente:
 - Clima frío 180 l/hab/día
 - Clima templado y cálido 220 l/hab/día
2. También indica que en programas de vivienda con lotes de área menor o igual a 90 m², las dotaciones serán:
 - Clima frío 120 l/hab/día
 - Clima templado y cálido 150 l/hab/día

Analizando los dos ítems anteriores con la población de la ciudad de Ayaviri;

La Ciudad de Ayaviri tiene un clima frío según el SENAMHI-PUNO, y para climas fríos se podría optar por asumir según el RNE, para climas fríos, entre 120 a 180 l/hab/día.

En tal sentido se tiene una dotación real de 187.05 l/hab/día, fruto del monitoreo, cuyo resultado se encuentra fuera del intervalo de 120 a 180 l/hab/día,; se optara por usar este valor, además de que fue determinada con datos reales de monitoreo

3.2.1.2. Cálculo del caudal de diseño

Dónde:

La dotación del agua es = 187.05 l/hab/día

La población actual es = 21,946 hab.

❖ Caudal mínimo

Calcularemos con la siguiente formula:

$$Q_{min} = C * \frac{P * q * K_3}{86400}$$

$$Q(m^3/día) = 1641.999 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{min} = 19.00 \text{ l/s}$$

| | | |
|---------|------------------|--------------------------------------|
| $C =$ | 0.8 | <i>80% ingresa al alcantarillado</i> |
| $P =$ | 21946.00 hab | <i>Población</i> |
| $q =$ | 187.05 l/hab/día | <i>Dotación</i> |
| $K_3 =$ | 0.5 | <i>Coefficiente de variación</i> |

Uno de los problemas más significativos en el pre tratamiento, es la acumulación de sólidos totales, este problema genera la dificultad de realizar el normal funcionamiento en el paso del flujo de las aguas residuales, por la cámara de rejas; es por tal motivo la comprobación del de la carga hidráulica con el caudal

mínimo en el pre tratamiento, este problema se encontró generalmente en las plantas de tratamiento de aguas residuales con poblaciones pequeñas. (Pancca Peralta, 2016)

❖ **Caudal medio**

Calcularemos con la siguiente formula:

$$Q_{med} = C * \frac{P * q}{86400}$$

$Q(m3/dia) = 3283.999 \text{ m3/día}$

38.01 l/s

| | | |
|-------|------------------|--------------------------------------|
| $C =$ | 0.8 | <i>80% ingresa al alcantarillado</i> |
| $P =$ | 21946.00 hab | <i>Población</i> |
| $q =$ | 187.05 l/hab/dia | <i>Dotación</i> |

❖ **Caudal máximo diario**

Calcularemos con la siguiente formula:

$$Q_{md} = C * \frac{P * q * K_1}{86400}$$

$Q(m3/dia) = 4269.199 \text{ m3/dia}$

$Q_{md} = 49.41 \text{ l/s}$

| | | |
|--------|------------------|--|
| $C =$ | 0.8 | <i>80% ingresa al alcantarillado</i> |
| $P =$ | 21946.00 hab | <i>Población</i> |
| $q =$ | 187.05 l/hab/dia | <i>Dotación</i> |
| $K1 =$ | 1.3 | <i>coeficiente de variación diaria</i> |

❖ **Caudal máximo horario**

Calcularemos con la siguiente formula:

$$Q_{mh} = C * \frac{P * q * K_2}{86400}$$

$Q(m3/dia) = 5911.199 \text{ m3/dia}$

$Q_{mh} = 68.42 \text{ l/s}$

| | | |
|--------|------------------|--|
| $C =$ | 0.8 | <i>80% ingresa al alcantarillado</i> |
| $P =$ | 21946.00 hab | <i>Población</i> |
| $q =$ | 187.05 l/hab/dia | <i>Dotación</i> |
| $K2 =$ | 1.8 | <i>Coefficiente de variación horaria</i> |

Este caudal nos servirá para realizar el dimensionamiento del pretratamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, en sus momentos más críticos.

3.2.1.2.1. Caudal de diseño

Tenemos:

| | |
|--------------|------------------|
| Q(m3/dia)= | 7544.448 m3/dia |
| QTmh= | 68.42 l/s |
| Q(m3/dia)= | 5448.384 m3/dia |
| QTmd= | 49.41 l/s |

Finalmente, el caudal máximo horario y el caudal medio o promedio, estos caudales son aumentados o sumados con los caudales pluviales e industriales para obtener un caudal final o total que nos ayudara a realizar el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales. (Pancca, 2016)

3.2.1.3. Diseño hidráulico del Pre Tratamiento

3.2.1.3.1. Diseño hidráulico de la cámara de rejillas

- I. **Determinando el área transversal;** se calcula el área transversal del canal de la cámara de rejillas, por donde pasara el caudal, con el Q_{max} y la velocidad.

Datos:

Q_{max} : Caudal máximo horario (m3/s).

V : Velocidad de flujo en el canal (m/s).

Tabla N° 35: Velocidad de canal antes de las barras

| Velocidades de flujo (V)⁴ | |
|---|----------|
| Mínimo | 0.30 m/s |
| Medio | 0.45 m/s |
| Máximo | 0.60 m/s |

A_t : Área transversal total del canal (m2).

h_0 : Borde libre.

h_a : Tirante

$Q_{mh} = 0.06842 \text{ m}^3/\text{s}$; Dato obtenido en el capítulo 3.2.1.2

$V = 0.45 \text{ m/s}$; Se asume valor comúnmente usado RNE.

$$A_t = \frac{Q_{\max}}{V}$$

$A_t = 0.15 \text{ m}^2$

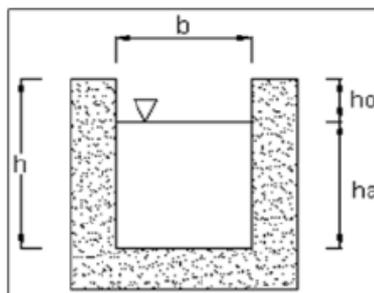
$b = 0.50 \text{ m}$; Dato asumido.

$$h_a = \frac{A_t}{b}$$

$h_a = 0.30 \text{ m}$

$h_0 = 0.20 \text{ m}$; Dato asumido.

$h_t = h = 0.50 \text{ m}$



II. Elección de la pendiente del canal; se tendrá en cuenta una sección rectangular

y está dada por:

| SECCIÓN | ÁREA | PERÍMETRO MOJADO | RADIO HIDRÁULICO |
|--------------------|-------------|------------------|---------------------|
| <p>Rectangular</p> | $b \cdot d$ | $b + 2d$ | $\frac{bd}{b + 2d}$ |

Se elige el coeficiente de rugosidad, mediante el siguiente cuadro:

Tabla N° 36: Coeficiente de rugosidad de manning.

| <i>Tubería</i> | Coeficiente de Rugosidad "n" de Manning |
|---|--|
| <i>Asbesto Cemento</i> | 0.010 |
| <i>Hierro fundido Dúctil</i> | 0.010 |
| <i>Cloruro de Poli vinilo</i> | 0.010 |
| <i>Poliester Reforzado con fibra de vidrio</i> | 0.010 |
| <i>Concreto Armado Liso</i> | 0.013 |
| <i>Concreto Armado con revestimiento de PVC</i> | 0.010 |
| <i>Arcilla Vitrificada</i> | 0.010 |

Fuente: (011-2012-Vivienda, 2012)

Del cuadro anterior se define que la estructura estará construida de Concreto Armado liso (Acabado liso), por ende, el coeficiente de rugosidad “n” de Manning será de 0.013.

Según la formula siguiente para hallar la velocidad de flujo despejamos S, que es la pendiente del canal.

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Dónde:

S : pendiente del canal.

n : Coeficiente de rugosidad de Manning.

V : Velocidad de flujo en el canal (m/s).

R : Radio hidráulico para sección rectangular

$$R = \frac{bd}{b + 2d}$$

P : Perímetro mojado.

$$p = b + 2d$$

n= 0.013

P= 1.11

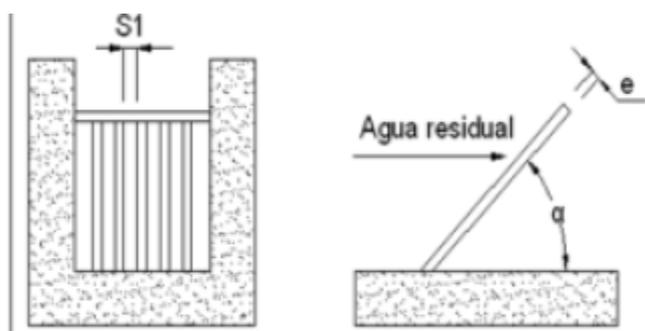
$$R= 0.14$$

$$S= 0.0005 = 0.05\%$$

III. Determinación del largo y Angulo de las barras; se determinará mediante el siguiente criterio:

El Reglamento Nacional de Edificaciones, (011-2012-Vivienda, 2012), indica, que el Angulo de inclinación de las barras de las cribas de limpieza manual será entre 40 y 60 grados con respecto a la horizontal, de donde se optará por elegir un ángulo de 60 grados.

Mediante la siguiente formula determinamos la longitud de las barras:



$$L_b = \frac{h}{\text{sen}(\alpha)}$$

Donde:

L_b : Longitud de las barras (m).

H_a : Tirante de agua máximo del canal (m). **Dato calculado = 0.75m.** α :

Grado de inclinación de las barras con la horizontal (**Asumido 60 Grados**).

$$L_b= 0.35 \text{ m}$$

$$h_a= 0.30 \text{ m , Dato Calculado}$$

$$\alpha= 60^\circ, \text{ Asumido según RNE.}$$

IV. Cálculo del número de barras, se determinará mediante la siguiente formula:

$$N_b = \frac{b - S_1}{e + S_1}$$

Dónde:

b : Ancho del canal (m). = 0.50m.

e : Espesor de barras (m). = Asumimos 1/4"

S_1 : Separación entre barras (m). = 0.030m.

$$b = 0.50 \text{ m}$$

$$e = 1/4 \text{ ''}$$

$$S_1 = 0.030 \text{ m}$$

$$Nb = 15 \text{ Barras}$$

V. Determinación del depósito o canal, se determinará mediante la siguiente formula:

$$L = 3.5 \cdot b$$

Dónde:

L : Longitud del depósito o canal (m).

b : Ancho útil del canal (m). *Se asumió 0.50m*

$$L = 1.75 \text{ m.}$$

VI. Perdida de carga, se determinará mediante el siguiente procedimiento:

h_f = Perdida de carga (m)

0.7 = Coeficiente empirico que incluye los efectos de la turbulencia y de las perdidas por formacion

de remolinos

V = Velocidad de aproximacion a la reja (m/s)

V_c = Velocidad de circulacion entre las barras de la reja (m/s)

g = Aceleracion de la gravedad (9.81 m/s²)

$$h_f = \frac{1}{0.7} \times \left(\frac{V_c^2 - V^2}{2 \times g} \right)$$

$$Hf = 0.00772$$

$$Vc = 0.56 \text{ m/s}$$

$$V = 0.45 \text{ m/s}$$

Qmax = Caudal máximo horario de diseño (m3/s)

AI = Área transversal de flujo de la reja de barras (m2)

e = Espesor de barras (transversal al caudal que fluye) (m)

$$A_1 = h_a \times [b - (N_b \times e)]$$

$$V_c = \frac{Q_{\max}}{A_1}$$

$$AI = 0.12 \text{ m}^2$$

$$Vc = 0.56 \text{ m/s}$$

Considerando un área obstruida de 50%

$$A1 = 0.06 \text{ m}^2$$

$$hf = 0.075 \text{ m}$$

$$Vc = 1.11 \text{ m/s}$$

$$Vc = 1.11 \text{ m/s}$$

$$V = 0.45 \text{ m/s}$$

$$hp\% = 0.123$$

$$T = 0.43 > 0.50 \text{ m}$$

VII. Verificación a caudal mínimo.

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{\min} = 0.02 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V1 = 0.40 \text{ m/s}$$

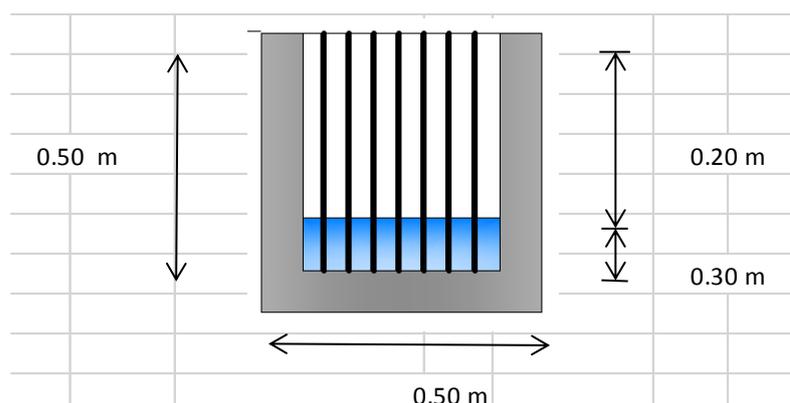
$$h1 = 0.08 \text{ m}$$

$$V10 = 0.29 \text{ m/s}$$

$$h10 = 0.11 \text{ m}$$

VF= 0.30 m/s

OK!!!



Los datos adjuntados en la figura serán redondeados para el proceso constructivo.

3.2.1.3.2. Diseño hidráulico del desarenador

Según el RNE (011-2012-Vivienda, 2012), que el diseño de un desarenador para aguas residuales, se debe proveer dos unidades de operación alterna como mínimo, además el control de la velocidad en un desarenador es fundamental para garantizar un flujo en la cual una partícula pueda sedimentar, en este caso los desarenadores de flujo horizontal serán diseñados para remover partículas de diámetro medio igual o superior a 0.20mm. Para el efecto se debe tratar de controlar y mantener la velocidad de flujo alrededor de 0.30m/s, con una tolerancia de + 20%.

Para el control de la velocidad para diferentes tirantes de agua se efectuará con la instalación de un vertedero a la salida del desarenador. Este puede ser de tipo proporcional (Sutro), trapezoidal o un medidor de régimen crítico (Parshall) o Palmer Bowlus, y la velocidad debe comprobarse para el caudal mínimo, promedio y máximo.

Para el diseño del desarenador nos basaremos en el planteamiento que indica, (Noriega, 1999), dice que el diseño del canal desarenador se van a presentar tres posibilidades:

- I. Canal trapezoidal de velocidad constante.
- II. Canal rectangular controlado por un vertedero Sutro.
- III. Canal rectangular controlado con un medidor Parshall.

Para fines de diseño se elegirá el III Canal rectangular controlado por un medidor Parshall, para un ágil proceso constructivo para el canal, por otro lado, el medidor Parshall, se diseñará, pero con fines que se adquiera una estructura prefabricada, puesto que el medidor Parshall debe de conservar las medidas del diseño original para que pueda brindar medidas acertadas.

1. Condiciones generales, se desea remover partículas de un peso específico $S_s=2.65$ y un diámetro de 0.2mm . para un caudal fluctuante $Q_{\text{maxhorario}}=68.42\text{ l/s}$, $Q_{\text{min}}=19.00\text{ l/s}$, estos datos fueron determinador en el Capítulo 3.2.1.2 Cálculo del caudal de diseño,
2. Calculamos la velocidad de sedimentación V_s para las temperaturas medias extremas del desagüe (Dato tomado como recomendación del libro):

Si:

$Re < 1$, Flujo laminar

$Re > 2000$, Flujo turbulento

$1 < Re < 2000$, Flujo de transición

Analizando:

Para flujo laminar:

$$V_s = \frac{(S-1) \cdot g \cdot d^2}{18 \cdot \nu}$$

$$Re = \frac{V_s \cdot d}{\nu}$$

Se tiene:

Vs= 0.036 m/s

Re= 7.05

Para flujo turbulento:

$$V_s = \sqrt{2.66 \cdot g \cdot d \cdot (S-1)}$$

$$Re = \frac{V_s \cdot d}{\nu}$$

$$c_d = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$$

Vs= 0.09279665

Re= 18.3664817

Cd= 2.34674471

Para flujo de transición:

$$V_s = \sqrt{\frac{4 \cdot g \cdot d \cdot (S-1)}{3 \cdot c_d}}$$

$$Re = \frac{V_s \cdot d}{\nu}$$

Vs1= 0.026 m/s

Re= 5.187

cd= 6.284

Por lo tanto es flujo de transición:

Calculo:

$$V_a = a \cdot \sqrt{d}$$

a=sale del cuadro, con respecto al diámetro de las arenas.

| a | Diametro |
|----|-----------------|
| 36 | d > 1mm |
| 44 | 1mm > d > 0.1mm |
| 51 | d < 0.1mm |

d=0.20mm.

Vs=19.68cm/s

De acuerdo a eso se tiene los siguientes resultados para desarenador:

3. Cálculo de la longitud del canal, puesto que los canales desarenadores se ajustan en buena medida a la teoría de Hazen sobre partículas discretas, se puede describir:

At: área de la sección transversal

h: tirante de agua

L: longitud teórica del desarenador

B: ancho del desarenador

B': ancho del canal

h0: borde libre

At= 0.35 m

B= 0.99 m

h= **0.35 m**

h0= **0.20 m**

B'= **0.80 m**

Vs= **0.03 m**

Para la longitud se debe tener en cuenta, que de be cumplir el siguiente parámetro:

$$l < L/3$$

$$L = \frac{V_d \cdot h}{V_s - 0.04 \cdot V_d}$$

$$I = \frac{B - B'}{2 \cdot \tan(\alpha)} \leq \frac{L}{3}$$

$$L = 3.76 \text{ m} \quad 1.25189383$$

$$I = 0.49 \text{ m} < L/3$$

Por lo tanto, cumple Ok!

$$L = 3.76 \text{ m.}$$

4. Determinando la longitud del desarenador:

Según el RNE, (011-2012-Vivienda, 2012), indica que para la longitud del desarenador: *“... a la salida y entrada del desarenador se preverá, a cada lado por lo menos una longitud adicional equivalente a 25% de la longitud teórica...”*.

Por lo tanto, tenemos:

$$L_{adic.} = 3.76 \times 0.25 = 0.94$$

Longitud del desarenador; $L_{total} = L_{teorica} + L_{Adi. Salida} + L_{Adi. Entrada}$

$$L_{total} = 3.76 \text{ m} + 0.94 \text{ m} + 0.94 \text{ m} = 5.64 \text{ m.}$$

$L_{total} = 6 \text{ m}$, adoptado.

3.2.1.3.3. Diseño hidráulico del medidor Parshall

Para el cálculo hidráulico del medidor parshall:

$$Q_{max} = 147.01 \text{ l/s.}, \text{ asumimos un ancho de garganta } W = 0.305 \text{ m.}$$

Según la tabla de dimensiones estandarizadas de canaleta Parshall:

Tabla N° 37: Dimensiones estandarizadas de canales parshall

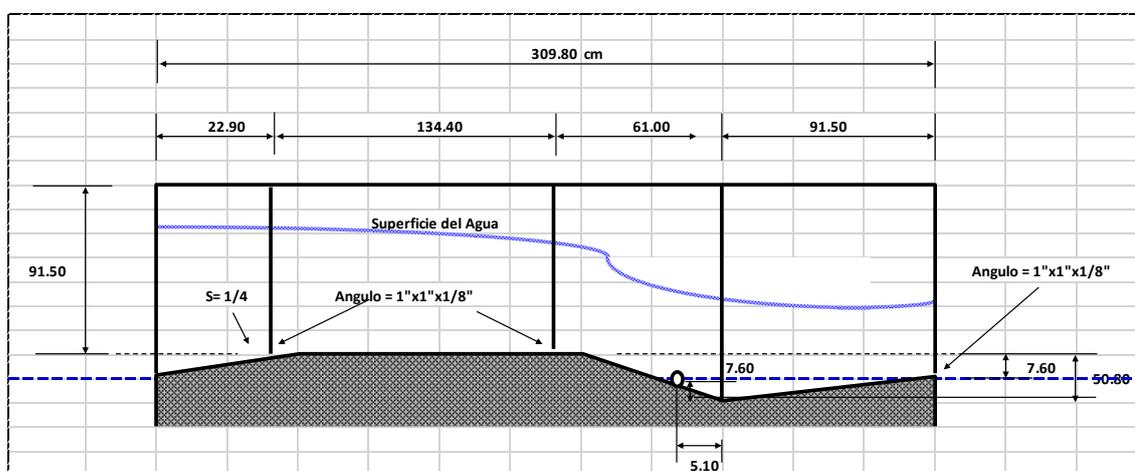
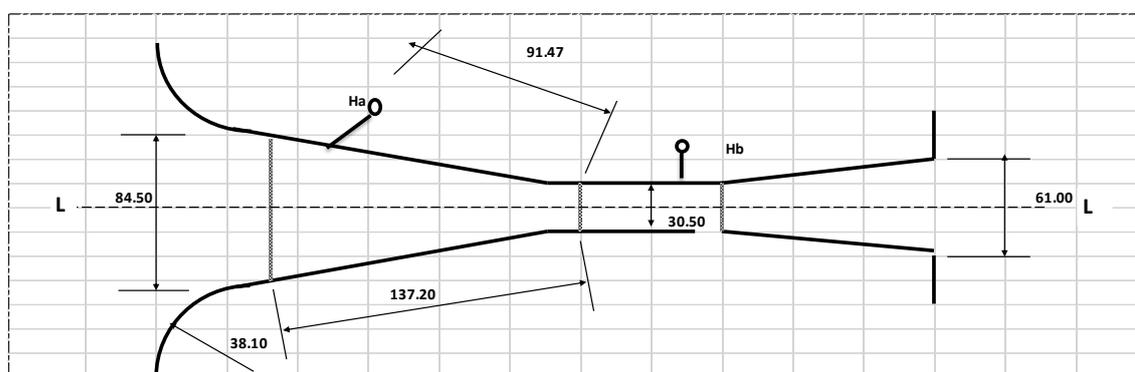
| W | A | B | C | D | E | T | G | N | K | R | M | P | X | Y | |
|-------------|-------------|--------------|--------------|-----------|-------------|-------------|-----------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|------------|
| in | cm | cm | cm | cm | cm | cm | cm | cm | cm | cm | cm | cm | cm | cm | |
| 1 " | 2.5 | 36.3 | 35.6 | 9.3 | 16.8 | 22.9 | 7.6 | 20.3 | 1.9 | 2.9 | | 50 | 0.8 | 1.3 | |
| 2 " | 5.1 | 41.4 | 40.6 | 13.5 | 21.4 | 35.6 | 11.4 | 25.4 | 2.2 | 4.3 | | 70 | 1.6 | 2.5 | |
| 3 " | 7.6 | 46.6 | 45.7 | 17.8 | 25.9 | 38.1 | 15.2 | 30.5 | 2.5 | 5.7 | 40.6 | 30.5 | 2.5 | 3.8 | |
| 6 " | 15.2 | 62.1 | 61 | 39.4 | 40.3 | 45.7 | 30.5 | 61 | 7.6 | 11.4 | 40.6 | 30.5 | 5.1 | 7.6 | |
| 9 " | 22.9 | 88 | 86.4 | 38 | 57.5 | 61 | 30.5 | 45.7 | 7.6 | 11.4 | 40.6 | 30.5 | 5.1 | 7.6 | |
| 12 " | 30.5 | 137.2 | 134.4 | 61 | 84.5 | 91.5 | 61 | 91.5 | 7.6 | 22.9 | 50.8 | 38.1 | 149.2 | 5.1 | 7.6 |
| 18 " | 45.7 | 144.9 | 142 | 76.2 | 102.6 | 91.5 | 61 | 91.5 | 7.6 | 22.9 | 50.8 | 38.1 | 167.6 | 5.1 | 7.6 |
| 24 " | 61 | 152.5 | 149.6 | 91.5 | 120.7 | 91.5 | 61 | 91.5 | 7.6 | 22.9 | 50.8 | 38.1 | 185.4 | 5.1 | 7.6 |
| 36 " | 91.5 | 167.7 | 164.5 | 122 | 157.2 | 91.5 | 61 | 91.5 | 7.6 | 22.9 | 50.8 | 38.1 | 222.3 | 5.1 | 7.6 |
| 48 " | 122 | 183 | 179.5 | 152.5 | 193.8 | 91.5 | 61 | 91.5 | 7.6 | 22.9 | 61 | 45.7 | 271.1 | 5.1 | 7.6 |
| 60 " | 152.5 | 198.3 | 194.1 | 183 | 230.3 | 91.5 | 61 | 91.5 | 7.6 | 22.9 | 61 | 45.7 | 308 | 5.1 | 7.6 |
| 72 " | 182.8 | 213.5 | 209 | 213.5 | 266.7 | 91.5 | 61 | 91.5 | 7.6 | 22.9 | 61 | 45.7 | 344.2 | 5.1 | 7.6 |
| 84 " | 213.5 | 228.8 | 224 | 244 | 303 | 91.5 | 61 | 91.5 | 7.6 | 22.9 | 61 | 45.7 | 381 | 5.1 | 7.6 |
| 96 " | 244 | 244 | 239.2 | 274.5 | 340 | 91.5 | 61 | 91.5 | 7.6 | 22.9 | 61 | 45.7 | 417.2 | 5.1 | 7.6 |
| 120 " | 305 | 274.5 | 427 | 366 | 475.9 | 122 | 91.5 | 183 | 15.3 | 34.3 | | | 30.5 | 22.9 | |

Fuente: (Noriega Pissani, 1999)

Por lo tanto, el resto de las dimensiones son: en Centímetros

| | | | | | | | |
|--------------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|
| W= | 30.500 | C= | 61.000 | G= | 91.500 | R= | 38.100 |
| A= | 137.200 | D= | 84.500 | K= | 7.600 | P= | 149.200 |
| 2/3A= | 91.467 | E= | 91.500 | M= | 22.900 | X= | 5.100 |
| B= | 134.400 | F= | 61.000 | N= | 50.800 | Y= | 7.600 |

Figura N° 78: Planta y Sección de un Canal Parshall típico



CAPÍTULO IV.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se analizará los datos obtenidos en campo, así como la evaluación de la operatividad y el planteamiento de alternativa de solución para mejorar la operatividad y de esta manera disminuir la contaminación.

También se realizará una comparación, si los resultados del caudal tratado, sale con las condiciones requeridas y contempladas por las normas *Estándares de Calidad del Agua (ECA)*, *Límites Máximos Permisibles (LMP)* y *Organismo Mundial de la Salud (OMS)*, de esta manera ver si se está cumpliendo con lo exigido por las normas, para el vertimiento de las aguas residuales al cuerpo receptor que es el río Ayaviri.

4.1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD

Se tiene: Para una concentración de DBO5 de **67.58** mg/l y de DQO **184.57** mg/l

$\frac{DBOT}{DQOT} \geq 0.6 = \frac{67.58}{184.57} = 0.37$, cual indica que el agua residual de la ciudad de Ayaviri

contiene afluentes a la red de alcantarillado del tipo industrial, sin embargo después de medir la biodegradabilidad que se determinó en el capítulo 3.1.4.5, se determinó lo siguiente según SEOÁNEZ Mariano (2004); Para una concentración de **DBO5 máxima de 67.58 mg/l y de DQO 184.57 mg/l, el coeficiente K es de 2.73**, lo que indica que el agua residual de la ciudad de Ayaviri, es biodegradable aplicándosele un tratamiento secundario, para lo cual se mantendrá su tren de tratamiento.

Por otro lado, se verifico en el capítulo 3.1.4.6.1 que se tiene actualmente un caudal de 38.01 l/s.

También se pudo constatar que el *periodo de retención hidráulica* de la laguna primaria es **de 7.65 días**, y si se tomara en cuenta el volumen de los lodos que fueron

acumulándose al pasar de los años y que el sistema no tuvo una limpieza de esta el tiempo de retención se reduciría, reduciendo su eficiencia.

Con respecto a la Remoción de paracitos, según la norma Decreto Supremo N°003-2010-MINAM, que prueba los Límites Máximos Permisibles (LMP), para efluentes de Plantas de tratamiento de Aguas Domesticas o Municipales, considera la evaluación de coliformes termotolerantes, por lo que se incluye en esta investigación; pero cabe recalcar que con el tren de tratamiento existente si se realiza la remoción de estos, aunque no con mucha eficiencia, según diseño original estas deberían de ser mínimas según el periodo de retención que tiene este tren.

En la etapa de evaluación y monitoreo de las lagunas existentes se puede analizar lo siguiente:

- ❖ Se observa que a la salida la presencia de coliformes termotolerantes en una concentración **$1.5E+06$ NMP/100 ml**, siendo el **LMP de $1.0E+04$** , en tal efecto el sistema actual no cumple con la exigencia que lo requiere la norma.
- ❖ el parámetro **DBO5** si cumple, porque se tiene un **DBO5 de 67.58 mg/l** en la salida de la PTAR, siendo el **LMP de 100 mg/l**.
- ❖ Igualmente, el parámetro **DQO** si cumple, porque se tiene un **DQO de 184.57 mg/l** en la salida de la PTAR, siendo el **LMP de 200 mg/l**.
- ❖ El parámetro de **solidos totales en suspensión** si cumple, pero es muy cercano a los LMPs, se tiene **132.43 mg/l** a la salida de la PTAR, siendo en los LMPs de **150 mg/l**. se verifica que es muy cercano a los LMPs, para lo cual se tendrá en cuenta para la etapa de evaluación.
- ❖ Por otra parte, mediante constatación física se observa que el agua del efluente se muestra con un asentó verdoso gris.

4.2. RESULTADOS OBTENIDOS

4.2.1. Datos obtenidos en laboratorio

Los datos promedios, obtenidos en laboratorio son los siguientes:

- En la entrada a la PTAR (afluente).

Tabla N° 38: LMP para entrada de PTAR.

| Fecha de Muestreo | 21/09/2018 | 26/09/2018 | 01/10/2018 | 04/10/2018 | 26/09/2018 | 01/10/2018 | 20/10/2018 | Promedio | UND. |
|-------------------------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|----------|---------|
| Día | viernes | miércoles | lunes | jueves | martes | domingo | sabado | ENTRADA | |
| N° de Ensayo | N° 0512 | N° 0510 | N° 0522 | N° 0527 | N° 141-2018 | N° 143-2018 | N° 157-2018 | | |
| Hora | 08:00 | 10:00 | 10:00 | 10:00 | 10:00 | 10:00 | 10:00 | | |
| PH | 7.45 | 7.19 | 7.2 | 7.32 | 7.46 | 7.58 | 7.74 | 7.42 | PH |
| Sólidos en Suspensión | 90 | 228 | 92 | 85 | 80 | 456 | 496 | 218.14 | mg/l |
| Demanda Química de Oxígeno(DQO) | 480 | 640 | 224 | 350 | 532 | 290 | 427 | 420.43 | mg/l |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | 192 | 256 | 89.6 | 140 | 79.89 | 160 | 60 | 139.64 | mg/l |
| Coliformes Fecales | - | - | - | - | 4.0x10*7 | 2.4x10*8 | 4.6x10*7 | 1.1*10*8 | NMP/100 |
| aceites y grasas | 15.3 | 18.2 | 15.5 | 14.02 | 31 | 38 | 37 | 24.15 | mg/l |

- En la salida de la PTAR (efluente).

Tabla N° 39: LMP para salida de PTAR.

| Fecha de Muestreo | 21/09/2018 | 26/09/2018 | 01/10/2018 | 04/10/2018 | 26/09/2018 | 01/10/2018 | 20/10/2018 | Promedio | UND. |
|-------------------------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|----------|---------|
| Día | viernes | miércoles | lunes | jueves | martes | domingo | sabado | SALIDA | |
| N° de Ensayo | N° 0512 | N° 0510 | N° 0522 | N° 0527 | N° 141-2018 | N° 143-2018 | N° 157-2018 | | |
| Hora | 08:00 | 10:00 | 10:00 | 10:00 | 10:00 | 10:00 | 10:00 | | |
| PH | 7.48 | 7.57 | 7.36 | 7.35 | 7.41 | 7.42 | 7.42 | 7.43 | PH |
| Sólidos en Suspensión | 98 | 218 | 95 | 92 | 52 | 256 | 116 | 132.43 | mg/l |
| Demanda Química de Oxígeno(DQO) | 160 | 320 | 128 | 120 | 273 | 196 | 95 | 184.57 | mg/l |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | 64 | 128 | 51.2 | 48 | 39.7 | 61.37 | 80.81 | 67.58 | mg/l |
| Coliformes Fecales | - | - | - | - | 1.5x10*6 | 1.5x10*6 | 1.5x10*6 | 1.5*10*6 | NMP/100 |
| aceites y grasas | 10.5 | 13.45 | 10.8 | 9.2 | 18 | 12 | 21 | 13.56 | mg/l |

Estos resultados son el promedio de los datos calculados los 7 días de muestreo, los análisis fueron realizados en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano y complementados con resultados en otro laboratorio, a petición del interesado, en este caso mi persona, para la elaboración de este proyecto de tesis, dichos certificados, se encuentran en el ANEXO A.

4.2.2. Grado de contaminación

El grado de contaminación, es la cantidad de materia orgánica que contiene el caudal efluente de la planta de tratamiento, según el proceso que se viene realizando, luego de haber realizado el análisis, se obtuvo los siguientes datos.

- DBO_{5o} = 139.64 mg/l. Del caudal de entrada
- DBO_{5e} = 67.58 mg/l. Del caudal de salida
- CF_o = 108,666,666.66 NMP/100mL Del caudal de entrada
- CF_e = 1,500,000.00 NMP/100mL Del caudal de salida

Los resultados presentados, son los obtenidos del caudal de salida, a consecuencia de tener resultados permisibles, se mantendrá con la propuesta original del tren de tratamiento. En seguida se muestra la comparación, de los resultados analizados con los parámetros mínimos mencionados por los Límites Máximos Permisibles (LMP).

En el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, se establece los Límites Máximos Permisibles, para el punto de vertimiento de las aguas residuales, en comparación con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, el cual establece, los Estándares de Calidad Ambiental, de los cuerpos receptores, por el cual se realiza el balance de masas.

Tabla N° 40: Comparación de la norma y resultados obtenidos promedio comparación de LMP vs resultados de laboratorio.

| <i>Parámetros a determinar en el estudio</i> | <i>UNIDAD DE MEDIDA</i> | <i>Efluente PTAR - AYAVIRI</i> | <i>LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas</i> | <i>OBSERVACION</i> |
|--|-------------------------|--------------------------------|--|--------------------|
| <i>Aceites y Grasas</i> | mg/L | 13.56 | 20 | Cumple |
| <i>Coliformes Termotolerantes</i> | Nnmp/100 MI | 1500000 | 10,000 | No cumple |
| <i>Demanda Bioquímica de</i> | mg/L | 67.58 | 100 | Cumple |
| <i>Demanda Química de Oxígeno</i> | mg/L | 184.57 | 200 | Cumple |
| <i>pH</i> | | 7.43 | 6.5 a 8.5 | Cumple |
| <i>Solidos Totales en suspensión</i> | mg/L | 132.43 | 150 | Cumple |
| <i>Temperatura</i> | °C | 14.77 | < 35 | Cumple |

Según la norma, la medida de la concentración, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que establece según los *LMPs*, indican que para la *DBO5*, el límite máximo permisible es de *100 mg/l*, de donde los resultados del análisis efectuado, se obtuvo en el efluente de *67.58 mg/l* del efluente tratado, con la comparación de estos resultados se concluye que el resultado obtenido mediante el tren de tratamiento existente, se encuentra dentro del límite máximo permisible, que está por debajo del límite máximo permitido en la norma.

También según los *LMPs*, indican que, para la *DQO*, el límite máximo permisible es de *200 mg/l*, de donde los resultados del análisis efectuado, se obtuvo en el efluente de *184.57 mg/l* del efluente tratado, con la comparación de estos resultados se concluye que el resultado obtenido se encuentra dentro del límite máximo permisible, que está por debajo del límite máximo permitido en la norma.

Aceites y grasas, se encuentra por debajo del LMP establecido, por lo cual cumple.

Potencial de Hidrogeno (PH), se encuentra dentro del rango establecido en los LMP, por lo cual cumple con lo establecido.

Solidos Totales en Suspensión, se encuentra por debajo del LMP, por lo cual cumple con lo establecido.

Por otro lado, los coliformes fecales, que indica la norma como máximo es de **10,000.00 NMP/100mL**, obteniéndose del análisis efectuado en el tren de tratamiento se tiene como resultado del efluente, **1,500,000.00 NMP/100mL**; cuyo resultado no cumple con los parámetros establecidos por la norma.

Para solucionar este problema es necesario implementar un proceso de cloración, con el fin de disminuir los microorganismos contaminantes, antes de ser enviados o echados al río.

DESINFECCIÓN CON CLORO

| | | |
|-------|----------|-----------|
| Ne= | 10771.24 | NMP/100mL |
| No= | 1500000 | NMP/100mL |
| k= | 6.30 | min-1 |
| t= | 21.95 | min |
| Qo= | 3284.06 | m3/día |
| V= | 50.05 | m3 |
| h= | 1.40 | m |
| Area= | 35.75 | m2 |
| L= | 6.5 | m |
| A= | 5.5 | m |

coeficiente de la ley de chick min-1
 k = tasa de eliminacion varia desde 0.24 a 6.3 min-1

$$N_e = \frac{N_o}{(1 + k \cdot t)}$$

$$t = \frac{V}{Q_o}$$

Con un tiempo de retención de 5 minutos, solucionamos el problema de los patógenos, reduciendo a 11 771.24 NMP/100mL, este resultado se encuentra muy cerca de 10 000 NMP/100mL de coliformes totales solicitados por los LMP's.

Aún se encuentra por encima del Límite Máximo Permissible, con la solución de los demás componentes, se reducirá y estará dentro de los límites.

Este clorador será indispensable en la eliminación de los patógenos, por tal motivo será necesario la colocación de un clorador o cámara de contacto con cloro para dicha eliminación.

La dosificación de cloro será de según tabla N° 20, se tiene que se encuentra en los intervalos de 2 a 8 mg/L.

4.2.3. Vertimiento de aguas residuales.

Para dicho vertimiento, es necesario el DBO₅ del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales, con el fin de contrastar la contaminación; luego será necesario realizar el balance de masa, para verificar la factibilidad del vertimiento de las aguas tratadas por la planta de tratamiento de aguas residuales, en un caudal ecológico o mínimo del río; y estas aguas tratadas no contaminen el río según el ECAS's, finalmente verificar la cantidad de patógenos en el caudal de las aguas tratadas, según la normativa. Se iniciará dicho balance con la disposición del efluente de las aguas tratadas.

1. **Cálculo de la concentración de saturación de OD.** Esta concentración de saturación u oxígeno disuelto se realiza al río, según la temperatura a la cual se encuentra el agua.

$$ODS = 14652 - 0.41022 \cdot T + 0.007991 \cdot T^2 - 0.000077774 \cdot T^3$$

$$\begin{aligned} \text{ODS} &= 10.62 \text{ mg/L} \\ T &= 12.50 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

2. **Corrección por altitud.** Luego de tratar la concentración de saturación, esta puede variar según la altitud a la que se encuentra, es por tal motivo que se realiza la corrección por altitud.

$$P = 474.00 \text{ mmHG} \quad P = 760 * e^{\frac{-E}{8.250}}$$

$$E = 3898 \text{ msnm}$$

$$\text{ODS} = 6.62 \text{ mg/L} \quad \text{ODS}_c = \text{ODS} * \left(\frac{P}{760}\right)$$

3. **Constante de reaireación.**

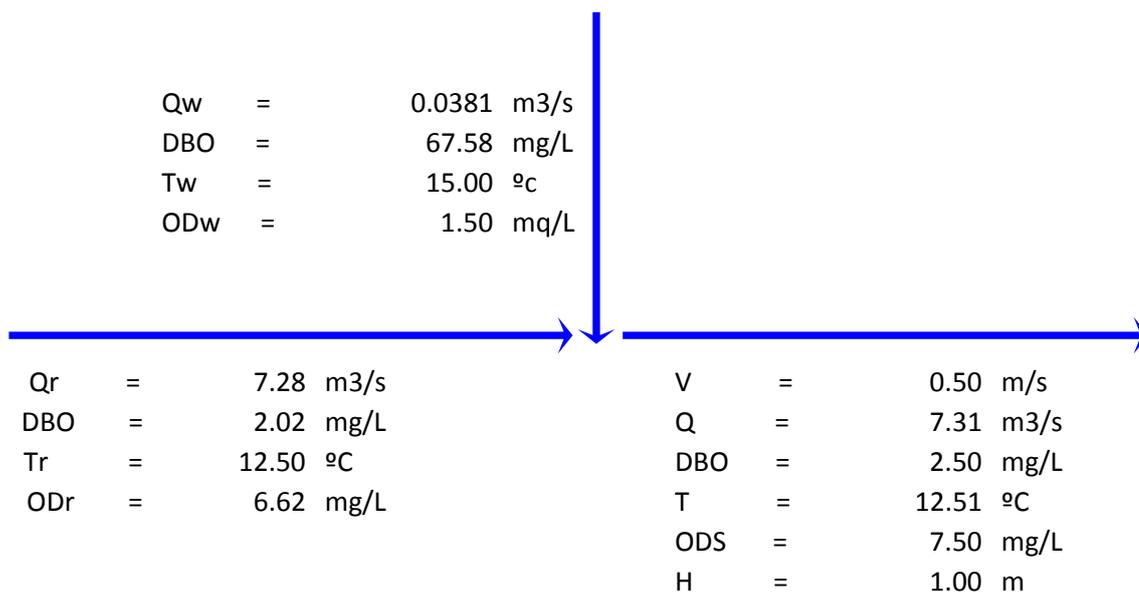
$$K = 1.1$$

$$v = 0.50 \text{ m/s}$$

$$H = 1.00 \text{ m}$$

$$K = 2.2 * \frac{V}{H^{1.33}}$$

4. El diagrama de flujo termina de la siguiente manera:



5. **Finalmente se realiza el balance de masa,** para la verificación del contenido de contaminantes desechados en el río Ayaviri.

6. **Temperatura de mezcla.** Se realiza el balance de temperatura según los caudales que tienen cada caudal, tanto del río como del efluente de la planta de tratamientos de aguas residuales.

$$\begin{aligned} T &= 12.51 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ T_r &= 12.50 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ T_w &= 15.00 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ Q_r &= 7.275 \text{ m}^3/\text{s} \\ Q_w &= 0.038 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$T = \frac{T_r * Q_r + T_w * Q_w}{Q_r + Q_w}$$

7. Se calcula las constantes.

$$\begin{aligned} K_1 &= 0.18 \text{ d}^{-1} \\ K_{1,20} &= 0.25 \text{ d}^{-1} \\ T &= 12.50 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$K_1 = K_{1,20} * (1.047)^{T-20}$$

$$\begin{aligned} K_{2,20} &= 1.10 \text{ d}^{-1} \\ V &= 0.50 \text{ m}^3 \\ H &= 1.00 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_2 &= 2.2 * \frac{V}{H^{1.33}} \\ K_2 &= 2.2 * \frac{V}{H^{1.33}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_2 &= 0.93 \text{ d}^{-1} \\ K_{2,20} &= 1.10 \text{ d}^{-1} \\ T &= 12.50 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$K_2 = K_{2,20} * (1.022)^{T-20}$$

8. Se calcula el déficit inicial del de OD.

$$\begin{aligned} D_o &= 0.91 \text{ mg/L} \\ C_f &= 7.50 \text{ mg/L} \\ C &= 6.59 \text{ mg/L} \\ C_w &= 1.50 \text{ mg/L} \\ C_r &= 6.62 \text{ mg/L} \\ Q_w &= 0.038 \text{ m}^3/\text{s} \\ Q_r &= 7.275 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$D_o = C_f - C$$

$$\begin{aligned} C &= \frac{C_r * Q_r + C_w * Q_w}{Q_r + Q_w} \\ C &= \frac{C_r * Q_r + C_w * Q_w}{Q_r + Q_w} \end{aligned}$$

9. Se calcula la DBOUC del agua residual.

$$\begin{aligned} L_w &= 94.72 \text{ mg/L} \\ \text{DBOUC} &= 67.58 \text{ mg/L} \\ K_1 &= 0.25 \text{ d}^{-1} \\ t &= 5 \text{ dias} \end{aligned}$$

$$L = \frac{\text{DBO}}{(1 - e^{-kt})}$$

10. se calcula la DBOUC de la mezcla.

$$\begin{aligned} L_o &= 2.50 \text{ mg/L} \\ L_r &= 2.02 \text{ mg/L} \\ L_w &= 94.72 \text{ mg/L} \\ Q_r &= 7.275 \text{ m}^3/\text{s} \\ Q_w &= 0.038 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$L_o = \frac{L_r * Q_r + L_w * Q_w}{Q_r + Q_w}$$

11. De este cálculo del balance de masa, se obtuvo una DBO final de 2.50 mg/l; según con la norma de los estándares de calidad del agua (ECA's), aprobada con Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, parámetro evaluado en el cuadro 4: conservación del medio acuático, perteneciente a la columna E2: Ríos, de la zona Costa y Sierra (Ver anexo D); este valor es admitido, puesto que los ECA's contemplan una DBO máximo a 10 mg/l, cumpliéndose así, la conservación del medio acuático.

4.3. PROPUESTA Y ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

La propuesta y alternativa de solución para el buen funcionamiento de la planta de tratamiento de la localidad de Ayaviri, se basó en la evaluación de la operatividad de la planta, la caracterización fisicoquímica y bacteriológica, el cálculo de la eficiencia y la disposición de los efluentes. De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda realizar el tratamiento de aguas residuales, manteniendo las características y estructuras existentes, con la adición de componentes para su óptimo desempeño en el tren de tratamientos de dicha planta para luego ponerlo en funcionamiento, como son: la implementación de una caceta de cloración.

Actualmente la planta de tratamiento de aguas residuales, de la localidad de Ayaviri, están tratadas por las estructuras ya antes mencionadas, realizando su proceso con normalidad.

4.4. RECOMENDACIONES PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

Con la finalidad de lograr un funcionamiento óptimo de las lagunas y facilitar las labores de operación y mantenimiento, se plantean nuevas estructuras a la entrada y salida

de las lagunas de maduración, así como redes de interconexión, drenaje y protección consistentes básicamente en lo siguiente:

Lo principal es rediseño del tratamiento preliminar, lo que incluye cámara de rejillas, desarenador y canal parshall.

Se plantea, la inclusión de una caceta de dosificación de cloración, para la disminución del parámetro coliformes termotolerantes, y así pueda cumplir con lo establecido en la norma.

4.4.1. Cámara de rejillas

Será una estructura rectangular de dimensiones establecidas según el cálculo en el capítulo 3.2.1.3.1.; Con fondo y muro de concreto armado. En el canal principal se colocarán rejillas de acero galvanizado, adosados a una plancha de fierro galvanizado con perforaciones que servirán para el drenaje de los residuos gruesos colectados.

4.4.2. Desarenador

Con la finalidad de sedimentar y atrapar partículas gruesas mayores a 0.2 mm contenidas en las aguas residuales, se construirá 01 desarenador lo cual se recomienda construir de concreto armado $f'c=175$ kg/cm² en fondo y muros, según las dimensiones obtenidas en el capítulo 3.2.1.3.2. Tendrá un ingreso principal de 0.60 m de ancho y una pendiente de necesaria.

Además, al diseño planteado se propone la derivación para sólidos arenosos sedimentados, el cual se direccionará a los digestores de lodos, para que realice su tratamiento adecuado.

También un lecho de secado adicional para el material retenido proveniente de la cámara de rejas.

4.4.3. Medidor parshall

Para un óptimo trabajo en la medición de caudal se recomienda que el medidor parshall, no se construya en obra; si no se adquiriera un medidor con las medidas obtenidas en el diseño hidráulico prefabricado. Para ver las dimensiones establecidas, porque por experiencia se sabe que es difícil ejecutar un canal parshall con las dimensiones exactas.

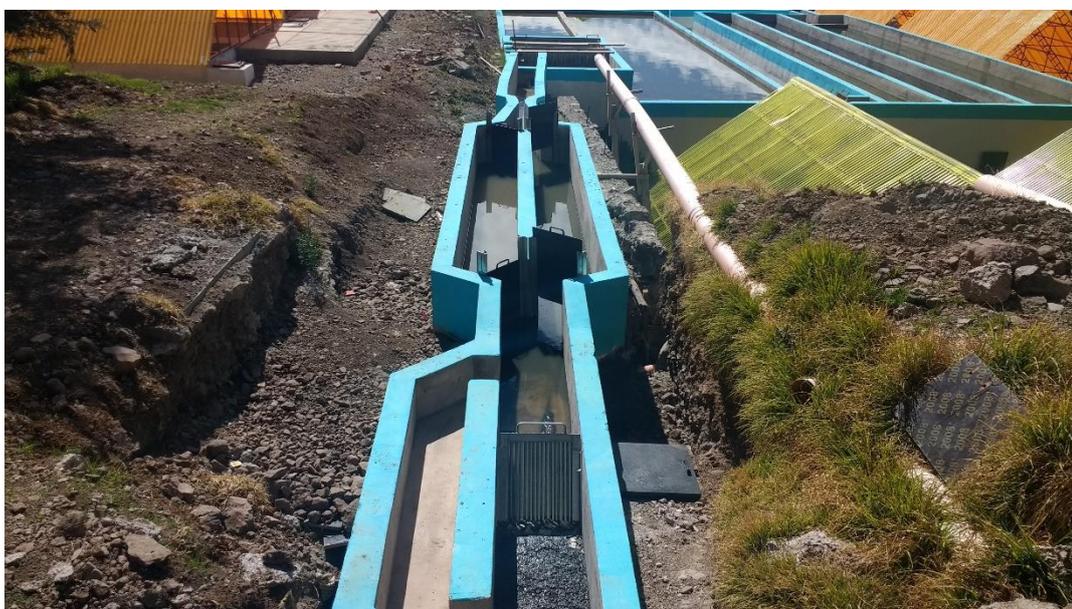


Figura N° 79: tratamiento preliminar de referencia PTAR Chucuito.

4.4.4. Sedimentadores.

Se recomienda tener una adecuada operación y mantenimiento, así como también la reconstrucción del sedimentador secundario que colapso, y reconectar con la tubería de derivación, para que realice todo su tratamiento según diseño original previsto.

El adecuado uso de las válvulas que se tienen en los sedimentadores, que dirigen los sedimentos hacia los digestores de lodos.

4.4.5. Disposición de lodos.

Se pudo observar que no se tiene una adecuada disposición de lodos, por ejemplo, se tiene los sólidos captados de la cámara de rejas esparcidos por la planta de tratamiento, así como también la disposición de lodos.

Para lo cual se recomienda, la reconstrucción de los digestores de lodos existentes en la planta de tratamiento de aguas residuales, así como también la construcción de lechos de secado de lodos para una mejor disposición de los lodos tratados.

4.4.6. Rampa de acceso

Con la finalidad de facilitar las labores de operación y mantenimiento de los digestores de lodos, específicamente la extracción de lodos, hacia los digestores de lodos se recomienda la construcción de rampas, consistente en una losa inclinada con pendiente 14%, de concreto armado de 0.20 m de espesor.

4.4.7. Lagunas de maduración.

De ambas lagunas de maduración, la laguna primaria se encuentra en buen estado y trabajando de manera óptima, caso contrario de la laguna secundaria, la cual trae muchas fallas las cuales deben de ser resueltas, en las que tenemos el levantamiento de la geomembrana existente, por infiltración del agua residual hacia la base a causa del ingreso intermedio que se encuentra colapsado, tal como se mostró en la evaluación efectuada.

Incluir más puntos de ingreso y de salida, para poder evitar los puntos muertos en las esquinas de las lagunas de maduración.

4.4.8. Caceta de Dosificación de Cloración.

Como bien se sabe, se cuenta con una cámara de contacto, la cual no está realizando su trabajo, tal como se había previsto en su diseño original, con la finalidad de dar reducir la cantidad de coliformes termotolerantes y expulsar agua tratada que cumpla con los parámetros establecidos.

Como bien sabemos, de todos los desinfectantes empleados, el cloro es quizá el más universalmente utilizado y darle uso a la cámara de contacto.

Por tal motivo se recomienda la ejecución de una caceta de dosificación de cloración, la cual debe contar con pozas de cloración, para realizar un proceso de cloración automático, y pueda ser constante el proceso de cloración, sin necesidad de tener necesariamente un personal para su operación y mantenimiento.

4.5. Operación y mantenimiento de las lagunas

La operación y mantenimiento de rutina de lagunas de estabilización son decisivos para el buen funcionamiento del sistema. Aunque la principal ventaja de tratamiento de aguas residuales con lagunas; es su simplicidad operativa, eso no quiere decir que su operación y mantenimiento no son necesarios.

4.5.1. Operación básica

4.5.1.1. Del sistema de lagunas.

La operación de las lagunas de maduración puede presentar problemas debido a que las poblaciones de microorganismos responsables del tratamiento toman tiempo para desarrollarse, mas no son complicadas. Teniendo esto en

cuenta, se pueden tomar algunas precauciones muy sencillas para evitar complicaciones durante la operación de las lagunas de maduración:

- Se debe hacer mantenimiento constante de los bordes de las coronas, porque la vegetación que la inunda, puede dañar la geomembrana o de su estructura misma.
- Realizar una constante medición de niveles de sedimentación y su limpieza para garantizar su óptimo tratamiento de aguas residuales.
- Implementación de más puntos de salida e ingreso para una circulación de agua residual óptima.

4.5.1.2. Medición de caudales

La medida del caudal tiene una importancia decisiva para evaluar el funcionamiento de las lagunas. Es fundamental tener un registro de los caudales para determinar las cargas orgánicas e hidráulicas, el tiempo de retención hidráulica, y como resultado, la eficiencia del sistema de tratamiento y su capacidad.

El operador debe registrar los caudales diariamente para tener una historia de los caudales para poder anticipar problemas.

El tipo de medidor de caudal recomendado es la canaleta Parshall prefabricada (no construida de concreto o prefabricada).

4.5.1.3. Control de niveles de agua

Cada sistema de lagunas está diseñado para tener un nivel fijo de agua. Es la responsabilidad del operador mantener este nivel o la laguna no funcionará como debería funcionar. Si el operador no puede mantener el nivel del agua del

diseño con vertederos ajustables, la laguna tiene que ser evaluado para determinar la causa del problema.

4.5.1.4. Medición de la profundidad de lodos

La única forma de verificar los cálculos de acumulación de lodos es efectuar mediciones en las lagunas primarias facultativas con una frecuencia de una vez por año. Se mide la acumulación de lodos al sumergir un palo suficientemente largo para la profundidad de laguna; sería 3.5 m para una laguna de maduración. El palo debe tener un extremo revestido con tela blanca absorbente. Se introduce éste en la laguna cuidando que permanezca en posición vertical, hasta que alcance el fondo; entonces se retira y se mide la altura manchada con lodos, que queda fácilmente retenido en la tela.

Se debe efectuar cuadrículas con una lancha en la superficie de la laguna para poder estimar la profundidad media y el volumen de lodos. Con los datos obtenidos se puede estimar la tasa de acumulación de los lodos y el volumen de lodos en la laguna. Antes que la profundidad de los lodos llega a 0.5m, y preferiblemente, 0.3m, y antes de que se ocupen 25% del volumen de la laguna, se debe planificar una limpieza durante la próxima época de secas.

4.5.2. Mantenimiento rutinario

El mantenimiento rutinario de la instalación de las lagunas debe ser el objetivo fundamental del operador. Si no se cuida diariamente de que este mantenimiento se realice, en poco tiempo la planta se deteriorará, tal como se vio en el caso particular de esta planta de tratamiento, con consecuencias funestas para el proyecto. El operador, por tanto, debe ser consciente de que su trabajo es muy importante para el funcionamiento adecuado del sistema.

4.5.2.1. Rejillas

Las limpiezas de las rejillas se deben ejecutar diariamente con el uso de rastrillos manuales. El material retirado debe ser enterrado para evitar problemas de malos olores y la atracción de vectores como insectos y animales como roedores. El material debe ser re- cubierto con una capa de tierra de 0.1 a 0.3 m de espesor. Se aconseja excavar un lugar para enterrar dicho material poco a poco, cubriéndolo diariamente con cal o tierra.

4.5.2.2. Desarenadores

El mantenimiento del desarenador consiste en agitar el material sedimentado dos veces al día, una vez en la mañana y otra en la tarde, el propósito de la agitación es liberar el material orgánico atrapado por los sólidos arenosos. Uno o dos veces por semana, o con una frecuencia mayor sí el volumen acumulado de los sólidos arenosos lo demanda, se debe cerrar la cámara en operación y drenarla, y después el material arenoso debe ser removido y enterrado sanitariamente. El material puede ser enterrado en la misma excavación utilizada para enterrar el material de la rejilla.

4.5.2.3. Remoción de natas y solidos flotantes

La remoción de natas y sólidos flotantes se debe hacerse diariamente o cuando sea necesario para que no se extiendan demasiado sobre el área superficial de las lagunas, donde se puede causar problemas de malos olores por su descomposición, y por la formación de lugares adecuados para la cría de insectos.

Por lo general, la dirección del viento hace que las natas y sólidos flotantes se acumulen en las esquinas de las lagunas. El operador necesitará un desnatador y una carretilla para la limpieza de natas; estos desechos deben ser

enterrados en el mismo lugar en donde se entierran los sólidos del desarenador y de la rejilla.

4.5.2.4. Céspedes, vegetación y malezas

El césped no debe llegar hasta el borde de la geomembrana para evitar problemas. El operador debe mantener la corona de las lagunas limpias de maleza vegetal. Dicha maleza debe ser retirada, sacada al aire y quemada o enterrada. Se debe prestar atención especial al crecimiento de plantas acuáticas, las que deben ser extraídas, secadas y quemada también.

Un problema especial que pueda pasar de vez en cuando es el crecimiento rápido de lemnas, los cuales pueden llegar a una laguna llevadas por el viento, o traídas por aves o animales. La tarea del operador es removerlas tan rápido como sea posible antes de que cubran toda la superficie de la laguna.

4.5.2.5. Mosquitos, moscas, roedores y otros animales

La proliferación de mosquitos, moscas, otros insectos, y roedores debe ser nula si se ha cumplido con la tarea de enterrar todo lo relacionado con el material flotante y el material orgánico. Los mosquitos y otros insectos pueden ser controlados manteniendo limpias y sin vegetación las márgenes de las lagunas.

4.5.2.6. Taludes

El operador deberá inspeccionar una vez por semana el estado de los taludes para verificar si ha ocurrido algún asentamiento o erosión. Los daños deben ser reparados con material arcilloso y cubierto con el césped protector en el talud exterior, y con el revestimiento en el talud interior.

4.5.2.7. Cercos y caminos

El área del sistema de lagunas de estabilización debe estar cercado, preferiblemente con alambre de púa o malla metálica (como se propuso), para impedir la entrada de animales domésticos y de personas no autorizadas. Cuando el estado de los cercos y caminos están en malas condiciones, el operador debe notificar a las personas encargadas de reparar estas obras tan pronto como sea posible.

4.5.3. Medidas higiénicas y seguridad para los operadores de la PTAR

Es fundamental capacitar a los operadores en los riesgos para la salud de su trabajo, en las medidas de seguridad que deberían tomar para prevenir accidentes e infecciones, y las medidas de primeros auxilios. Las siguientes medidas de seguridad han sido recomendadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para operadores de lagunas de estabilización.

- ✓ La instalación debe contar siempre con una fuente de agua limpia, jabón y cloro. Es aconsejable utilizar toallas desechables de papel para evitar que, debido a la necesidad de transporte para limpieza de las toallas de tela, éstas permanezcan
- ✓ demasiado tiempo sin lavar y pueden servir como un foco de infecciones.
- ✓ La caseta de control debe contar con un botiquín en el que se incluya, como mínimo, tela adhesiva, algodón, una solución detergente desinfectante, tijeras, y pinzas, y un repelente para mosquitos e insectos.
- ✓ El trabajador debe disponer de guantes y botas de hule, casco de trabajo, y al menos dos trajes de trabajo. Todas las prendas utilizadas en la instalación deben permanecer en ella al finalizar la jornada laboral.

- ✓ Siempre que se vaya a comer o beber, se debe lavar las manos con agua limpia y jabón. Si se hace alguna comida en el recinto de la instalación, se debe designar un área para ese fin, y evitar en todo momento comer a la vez que se está efectuando alguna labor que ponga en contacto a la comida con algún elemento que haya estado en contacto con desechos contaminados.
- ✓ Todas las herramientas de trabajo deben lavarse con agua limpia antes de ser guardadas después de haberlas usado.
- ✓ Los cortes, arañazos y contusiones que pueda sufrir el trabajador deben desinfectarse inmediatamente después de que se hayan producido.
- ✓ La entrada del sitio debe mantenerse cerrada cuando no existan visitas autorizadas. Se debe recordar los riesgos higiénicos para los visitantes si no están suficientemente informados.
- ✓ La instalación debe disponer de una lancha y cuerda.
- ✓ El trabajador debe vacunarse contra el tétanos, fiebre tifoidea y otras posibles enfermedades que indiquen las autoridades sanitarias del área. También debe someterse a un chequeo médico por lo menos una vez por año que incluyen análisis para infecciones de parásitos.
- ✓ Todos los trabajadores deben recibir capacitación periódica- mente en primeros auxilios, seguridad y salud ocupacional.

CAPÍTULO V.

5. CONCLUSIONES

1. De la evaluación de parámetros físico-químico y microbiológico, según muestreo realizado, se tiene los siguientes resultados de análisis de laboratorio, los cuales son comparados con los LMPs. El **DBO₅** en el ingreso fue de 184.57 mg/l y en la salida es de 67.58 mg/l, siendo el LMP de 100 mg/l cuyo parámetro **cumple**; el **DQO**, en el ingreso es 420,43 y en la salida es 184.57 mg/l, siendo el LMP de 200 mg/l, cuyo parámetro **cumple**; de los **Sólidos Totales en Suspensión**, en el ingreso tiene 218.14 mg/l y en la salida 132.43 mg/l, siendo el LMP de 150 mg/l. se verifica que es muy cercano a los LMPs y cumple; se tiene **coliformes termotolerantes**, al ingreso una concentración de 1.08E+08 y a la salida una concentración 1.5E+06 NMP/100 ml, siendo el LMP de 1.0E+04, cuyo resultado **no cumple**; Con respecto al **PH**, se tiene 7.42 al ingreso y 7.43 a la salida, siendo el LMP entre 6.5 y 8.5, el cual también **cumple**; y como último parámetro importante a considerar, se tiene **Aceites y Grasas**, donde al ingreso se tiene 24.25 mg/l y en la salida 13.56, siendo su LMP 20 mg/l, **cumpliendo** con el parámetro establecido en DS N°003-2010-MINAM, por lo tanto podemos indicar de todos los parámetros evaluados la mayoría de ellos cumplen con lo establecido con excepción de los coliformes termotolerantes, el cual se soluciona, planteándose la Caceta de Dosificación de Cloración, como bien se sabe el cloro es un agente muy efectivo, para la eliminación de patógenos. Se concluye que la PTAR de la localidad de Ayaviri vierte un efluente parcialmente tratado que cumple con la norma vigente que son LMP's y ECA's, según la evaluación realizada.

2. De la evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento realizado, se tiene que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Ayaviri, no está funcionando en óptimas condiciones, a causa de las estructuras colapsadas y a la falta de una operación y mantenimiento que es muy necesario. Esta planta de tratamiento de aguas residuales se evaluó, con el sistema de tratamiento existente; la cual está funcionando de manera inadecuada, por lo cual se realiza, algunos cambios y se adiciona estructuras para un óptimo desempeño de la PTAR, cuya propuesta y/o alternativa de solución, para poner en funcionamiento la planta de tratamiento de aguas residuales se basa en:

- ✓ **cámara de rejas.** Implementación de cámara de rejas al inicio del tratamiento preliminar, siguiendo las recomendaciones establecidas en el RNE OS-090.
- ✓ **desarenador.** el desarenador no cumple con la ubicación establecida en el RNE, también según la norma establece que tienen que ser al menos 02 sedimentadores en paralelo, para su mejor operación y mantenimiento, incluyéndose, válvula para limpia direccionándose a los digestores de lodos para su tratamiento respectivo y garantizar la seguridad de que el desarenador no colapse.
- ✓ **medidor parshall.** El aforador Parshall, medidor de caudal, es un componente de verificación y control de caudales de la planta de tratamientos de aguas residuales, la planta actual no posee dicho medidor Parshall, por tal motivo es necesario colocar el aforador, después del desarenador, y es recomendable usar uno prefabricado.
- ✓ **Sedimentadores.** Los sedimentadores, son primordiales, en una planta de tratamiento de aguas residuales, en nuestro caso particular, uno de los

sedimentadores secundarios colapso, por lo cual es necesario reconstruir y poner operativo, tal cual el diseño original, para realizar un tratamiento óptimo.

- ✓ **Disposición de lodos.** Es necesario, que una planta de tratamiento de aguas residuales tenga un sistema de disposición de lodos, en esta planta de tratamiento en particular, el digestor de lodos se encuentra inutilizable, por lo cual es necesario la reconstrucción del digestor de lodos con materiales adecuados, a su vez la ejecución de una cámara para su secado y disposición final de dichos lodos secados.
- ✓ **Lagunas de maduración.** La laguna de maduración primaria viene trabajando de manera eficaz, al contrario de la laguna de maduración secundaria, el cual colapso por completo, levantándose la geomembrana a causa de la infiltración en la parte final del tratamiento, el cual necesita una ejecución nueva; y también que no se hace una operación y mantenimiento adecuado, acumulándose sedimentos.
- ✓ **Cámara de contacto.** De todos los desinfectantes empleados, el cloro es quizá el más universalmente utilizado; como se mencionó anteriormente esta cámara de contacto, no está operativa a causa de falta de un personal que realiza la cloración manual. Es por tal motivo que se realiza la implementación de una Caceta de Dosificación de Cloración para la eliminación microorganismos patógenos y de esta manera cumplir con los límites máximos permisibles.

CAPÍTULO VI.

6. RECOMENDACIONES

El trabajo realizado está basado en cálculos de ámbito teórico, se pide verificar una vez puesta en marcha, para un mejor desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales, con lo siguiente:

1. Para poder llevar a cabo el proceso de depuración de aguas residuales de manera eficiente, es necesario mantener un control y así proporcionar un producto de calidad, que estén en los estándares de calidad ambiental y los límites máximos permisibles. Por medio del monitoreo de diferentes parámetros, se verifica el trabajo y la eficiencia de la laguna, además esto permite comparar las características del efluente con los límites permisibles para su posterior uso, es así que se debe realizar un monitoreo frecuente.
2. Es importante el continuo registro de datos y el control de los diferentes parámetros que permitirán evaluar la eficiencia de la operación, un monitoreo continuo, así como la situación temporal del sistema de tratamiento. Esto es importante también para la creación de un sistema o manual que permita obtener constantes y datos frutos de monitoreo representativas para la zona, y así se pueda plantear un sistema más eficiente.
3. Todo proyecto de PTAR, debe considerar prioritaria la capacitación en operación, mantenimiento y educación sanitaria, para lo cual tiene que implementar obligatoriamente un Manual de Operación y Mantenimiento, estas actividades que le darán sostenibilidad al proyecto, dado que de no cumplirse con los requerimientos mínimos de operación y mantenimiento del sistema, el resultado será la completa pérdida de eficiencia y como consecuencia, el riesgo a la salud de las personas, la contaminación ambiental y el mal uso de las inversiones

realizadas. Además de ser prioritario, se le debe asignar el presupuesto correspondiente para que las labores de operación y mantenimiento se mantengan durante la vida útil de las lagunas.

4. Realizar los muestreos constantes, para este tipo de plantas de tratamiento el monitoreo debe ser trimestral, tal como lo establece el reglamento de monitoreo establecido por la OMA, con el fin de verificar el contenido de materia orgánica contaminante, DBO, DQO, Coliformes totales, Ph, nitratos, fosfatos. Por otro lado, es recomendable caracterizar las aguas residuales que se desean tratar, para ello será necesario monitorear y realizar análisis de laboratorio de estas aguas, principalmente de los parámetros DBO5, Sólidos Totales en Suspensión, DQO y Coliformes Termotolerantes, no se deben asumir aportes per cápita ni una concentración promedia de estos parámetros. Los periodos recomendados para el monitoreo de estos parámetros son las épocas secas, en vista de que estos se hacen críticos o se incrementan.
5. Se recomienda que el caudal de diseño para la PTAR, debe ser el resultado de monitorear los caudales del alcantarillado sanitario (mediciones de caudal en épocas secas y lluviosas), no se debe asumir caudales per cápita o hallados de forma indirecta.
6. Se recomienda que al momento de construir y diseñar una PTAR mediante lagunas de estabilización; se recomienda construir dos lagunas facultativas puestas en paralelo, seguida de una laguna de maduración, esto con el objetivo de mejorar la calidad del efluente y remover patógenos.
7. Se recomienda utilizar un sistema separado para la recolección y transporte de las aguas, tanto del alcantarillado sanitario como del alcantarillado pluvial, lo cual impedirá que el agua pluvial (que es bastante considerable en épocas de lluvias)

ingrese al alcantarillado sanitario, ya sea por los buzones y aguas pluviales provenientes de los domicilios, que están conectadas directamente a la tubería de desagüe; para luego ser transportada a la PTAR; esto con el fin de evitar sobrecargas hidráulicas en las lagunas y de esa manera mejorar los procesos de remoción de los parámetros establecidos por los LMP.

CAPÍTULO VII.

7. REFERENCIAS

- 011-2012-Vivienda, D. (2012). *Reglamento Nacional De Edificaciones*. Lima.
- AROCHA RAVELO, S. (1985). *Abastecimientos de Agua. Teoría y diseño*. Lima.
- Arocha, S. (2015). *Abastecimiento De Agua* (Vol. 2).
- AYALA FANOLA, R. M., & GONZALES MARQUEZ, G. (2008). *APOYO DIDACTICO EN LA ENSEÑANZA – APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. Cochabamba: Universidad Mayor de San Simón. Bolivia.
- BENAVIDES BENAVIDES, L. P. (2006). *Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la central de sacrificio de Turreques, Nariño*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Colombia.
- DIGESA.; CEPIS.; OPS.; (1997). *LAGUNAS DE ESTABILIZACION DISEÑO Y CONSTRUCCION. IV CURSO INTERNACIONAL*, (pág. 18). LIMA.
- DUEÑAS CORRALES, R. P. (2015). *Evaluación Y Propuesta De Mejoramiento De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales En El Centro Poblado De Quiquijana, Distrito De Quiquijana, Provincia De Quispicanchis, Región Cusco*. UNSAAC. Perú.
- GOMEZ G., L. F. (2003). *Evaluación técnico - económica de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales en la empresa Owens -Illinois de venezuela C.A. Venezuela*.
- GUEVARA VERA, A. (1996). *Propuesta Metodológica Evaluación De Lagunas De Estabilización*. Lima: CEPIS.

- HAMMER, M. J., & HAMMER JR., M. J. (1996). *Sistemas de Abastecimiento de Agua e Esgotos*. Rio de Janeiro: Editora S.A.
- JIMÉNEZ GONZÁLEZ, S. (2014). *EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL AyA EN LA URBANIZACIÓN LAS LOMAS DE BUENOS AIRES, PUNTARENAS*. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA. Costa Rica.
- LOZANO RIVAS, I. W. (2012). *Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Bogota: UNAD.
- MAMANI YAPURASI, Y. (2017). *EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD Y REDISEÑO DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN DEL DISTRITO DE ILAVE, PRO- VINCIA DE EL COLLAO*. UNAP. Perú,
- MARQUEZ, R. M. (2008). *Apoyo Didactico En La Enseñanza - Aprendizaje De La Asignatura De Plantas De Tratamiento De Aguas Residuales*. COCHABAMBA.
- MENDONÇA, I. S. (1999). *Lagunas Aireadas Mecanicamente*. Bogota: Ops/Oms.
- MENENDEZ GUTIERREZ, C., & PEREZ OLMO, J. M. (2007). *Procesos para el Tratamiento Biologico de Aguas Residuales Industriales*. Habana: Editorial Universitaria. Cuba.
- METCALF, & EDDY. (1998). *Ingenieria De Aguas Residuales*. Madrid: McGraw-Hill.
- MINAM. (2017). *Estandares de Calidad Ambiental para Agua*. Lima.

- MOTA LOARTE K. M. (2017). *Evaluación del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de las Lagunas de Oxidación de la Ciudad de Casma- 2017*. Universidad Cesar Vallejo. NUEVO CHIMBOTE – PERÚ
- NORIEGA PISSANI, R. (1999). *Manual de Tratamiento de Aguas Residuales, Tomo I*. Lima: Imprenta del Ejército.
- OAKLEY, S. (2005). *Manual De Diseño, Construcción, Operación Y Mantenimiento, Monitoreo Y Sostenibilidad*.
- OAKLEY, S. (2011). *Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas En Centroamérica*. USAID-CCAD.
- OAKLEY, S. (2015). *CURSO INTENSIVO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. Cusco, Cusco: CONASIN S.R.L. Especialistas Ambientales.
- OLEA MADRUGA, R. C. (2013). *Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Coatepec*, Universidad Veracruzana. Veracruz. Mexico.
- OFICINA DE MEDIO AMBIENTE (s.f.). *PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS EFLUENTES DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS O MUNICIPALES*. MVCS. Perú
- PANCCA PERALTA, O. D. (2016). *Evaluación De La Operatividad Y Alternativa De Solución De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales De La Localidad De Putina*. UNA-Puno. Perú.
- RAMALHO, R. S. (1983). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. New York: Editorial Reverte.

RODRIGUEZ RUIZ, P. (2008). *HIDRAULICA II*. Oaxaca.

ROMERO ROJAS, J. A. (1998). *Lagunas De Estabilizacion De Aguas Residuales*. Colombia: Escuela Colombiana De Ingenieria.

ROMERO ROJAS, J. A. (2000). *Tratamiento De Aguas Residuales. Teoría y principios de diseño*. Colombia: Escuela Colombiana De Ingeniería. Colombia.

Silva Burga, J. A. (2004). *Evaluación Y Rediseño Del Sistema De Lagunas De Estabilización De La Universidad De Piura*. PIURA.

SUNASS. (s.f.). *COMPENDIO DE NORMAS*.



ANEXOS