

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE LA
LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN DE LA CIUDAD DE SALAS
PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE 2019**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

**AUTOR
JUAN PABLO CHOZO CORONADO**

**ASESOR
CARMEN CHILON MUÑOZ
<https://orcid.org/0000-0002-7644-4201>**

Chiclayo, 2021

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE
LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN DE LA CIUDAD DE
SALAS PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
2019**

PRESENTADA POR:

JUAN PABLO CHOZO CORONADO

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR:

Angel Alberto Lorren Palomino
PRESIDENTE

Justo David Pedraza Franco
SECRETARIO

Carmen Chilon Muñoz
VOCAL

DEDICATORIA

A Dios infinitamente, por mi fuente de Vida.

A mis padres, principalmente a mi madre por haber sido y seguir siendo mi mentora e instructora incondicional en todo este largo proceso de mi proyecto y de mi vida.

A mis hermanos, por el respaldo incondicional y mutuo, y la confianza de estar siempre en unión y fraternidad.

A toda mi familia por la ayuda mutua y por enseñarme el gran valor de la unión en todo momento de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Me correspondo a Dios y mi familia por ser el sostén infinitamente y total para el proceso de este proyecto.

Al Ing. Carmen Chilón Muñoz (Seminario de Tesis II) quien fue mi guía en este gran sendero del proyecto.

Al Ing. Aníbal Teodoro Díaz Orrego (Seminario de Tesis I), quien fue mi guía en incentivo a investigar respecto al tema.

Asimismo, al Ing. Pablo Adolfo Humberto Valdivia Chacón, quien fue el que me orientó en el proyecto a realizar.

Agradezco a la plana docente de la USAT, quienes dejaron una huella de conocimientos y aprendizajes para el saber de mi vida personal y profesional.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN..... | 12 |
| ABSTRACT | 13 |
| I. INTRODUCCIÓN | 14 |
| II. MARCO TEÓRICO | 16 |
| 2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA | 16 |
| 2.1.1. ANTECEDENTE INTERNACIONAL | 16 |
| 2.1.2. ANTECEDENTE NACIONAL | 16 |
| 2.1.3. ANTECEDENTE LOCAL..... | 18 |
| 2.2. BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS..... | 19 |
| 2.2.1. AGUAS RESIDUALES..... | 19 |
| 2.2.1.1. AGUA RESIDUAL..... | 19 |
| 2.2.1.2. CARACTERÍSTICAS | 19 |
| 2.2.1.3. TIPOS DE AGUAS RESIDUALES | 21 |
| 2.2.2. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES | 21 |
| 2.2.2.1. OBJETIVO..... | 21 |
| 2.2.2.2. FUNDAMENTOS BÁSICOS..... | 21 |
| 2.2.2.3. ETAPAS Y PROCESOS..... | 22 |
| 2.2.3. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN | 23 |
| 2.2.3.1. DEFINICIÓN DE LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN..... | 23 |
| 2.2.3.2. OBJETIVO DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN..... | 23 |
| 2.2.3.3. CLASIFICACIÓN DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN..... | 24 |
| 2.2.3.4. FORMA Y VARIABLES DETERMINANTES PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA PTAR | 25 |
| 2.2.3.4.1. DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LAS LAGUNAS | 25 |
| 2.2.3.4.2. CARGA HIDRÁULICA | 26 |
| 2.2.3.4.3. TIRANTE DE AGUA..... | 27 |
| 2.2.3.4.4. ÁREA | 27 |
| 2.2.3.4.5. VOLUMEN..... | 27 |
| 2.2.3.4.6. PERÍODO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA..... | 27 |
| 2.2.3.4.7. CAUDALES..... | 27 |
| 2.2.3.5. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL..... | 27 |
| 2.2.3.5.1. MÉTODO DE LEOPOLD | 27 |
| 2.2.3.5.2. MÉTODO DE BATELLE-COLUMBUS | 28 |
| 2.2.3.6. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES | 28 |
| 2.2.3.7. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL..... | 28 |

| | |
|--|----|
| 2.2.3.8. MONITOREO Y MUESTREO | 29 |
| 2.2.3.9. MODELO HIDRÁULICO CON SOFTWARE IBER..... | 29 |
| 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS | 29 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 30 |
| 3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN..... | 30 |
| 3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN..... | 30 |
| 3.3. POBLACIÓN, MUESTRA, MUESTREO | 30 |
| 3.4. CRITERIOS DE SELECCIÓN | 31 |
| 3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 31 |
| 3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS | 33 |
| 3.7. PROCEDIMIENTOS | 33 |
| 3.8. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS..... | 35 |
| 3.9. MATRIZ DE CONSISTENCIA | 35 |
| 3.10. CONSIDERACIONES ÉTICAS..... | 35 |
| IV. RESULTADOS..... | 37 |
| 4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA PTAR DE LA CIUDAD DE SALAS | 37 |
| 4.1.1. ANÁLISIS DE LA POBLACIÓN DE DISEÑO | 43 |
| 4.1.2. TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA | 44 |
| 4.1.3. AFORO DE CAUDALES..... | 44 |
| 4.1.4. RETENCIÓN HIDRÁULICA | 44 |
| 4.1.5. CÁLCULO DE DIMENSIONES DE LAGUNAS FACULTATIVAS | 45 |
| 4.2. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES | 46 |
| 4.2.1. MÉTODO DE LEOPOLD | 46 |
| 4.2.2. MÉTODO DE BATELLE-COLUMBUS | 50 |
| 4.3. RESULTADOS DE AGUA RESIDUAL | 52 |
| 4.4. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL ... | 54 |
| 4.5. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN | 54 |
| 4.6. BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO | 55 |
| 4.6.1. CRITERIOS DE DISEÑO | 55 |
| 4.6.1.1. PRETRATAMIENTO..... | 55 |
| 4.6.1.2. TRATAMIENTO SECUNDARIO | 56 |
| 4.6.1.2.1. LAGUNAS FACULTATIVAS..... | 56 |
| 4.6.1.3. DESINFECCIÓN | 57 |
| 4.6.1.4. DESCARGA A LA QUEBRADA | 58 |
| 4.7. DESCRIPCIÓN DEL TREN DE PROCESO DE PTAR..... | 58 |
| 4.7.1. DESCRIPCIÓN DEL PRETRATAMIENTO..... | 58 |
| 4.7.2. TRATAMIENTO SECUNDARIO | 59 |

| | |
|--|----|
| 4.7.2.1. LAGUNAS FACULTATIVAS..... | 59 |
| 4.7.3. DESINFECCIÓN | 59 |
| 4.7.4. DISPOSICIÓN DEL EFLUENTE: DESCARGA A LA QUEBRADA..... | 60 |
| 4.8. GUÍA PARA LA MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA LAGUNA | 60 |
| 4.8.1. INTRODUCCIÓN | 60 |
| 4.8.2. OPERACIÓN FUNDAMENTAL..... | 60 |
| 4.8.3. MANTENIMIENTO HABITUAL | 61 |
| 4.8.4. REGISTROS DE INFORMES DE CAMPO Y DE OPERACIÓN..... | 61 |
| 4.8.5. EL MONITOREO Y CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO | 61 |
| 4.8.6. REMOCIÓN DE LODOS | 61 |
| 4.8.7. PERSONAL REQUERIDO | 62 |
| 4.8.8. MEDIDAS DE SEGURIDAD E HIGIENE PARA OPERADORES..... | 62 |
| 4.8.9. PROBLEMAS OPERATIVOS Y SU SOLUCIÓN..... | 62 |
| 4.9. MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN SOFTWARE IBER | 62 |
| 4.9.1. PREPROCESO..... | 62 |
| 4.9.2. PROCESO..... | 66 |
| 4.9.3. POSTPROCESO | 66 |
| V. DISCUSIÓN..... | 69 |
| 5.1. CARACTERIZACIÓN DE LA PTAR | 69 |
| 5.2. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES | 70 |
| 5.2.1. MÉTODO DE LEOPOLD | 70 |
| 5.2.2. MÉTODO DE BATELLE COLUMBUS | 70 |
| 5.3. REALIZACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS..... | 71 |
| 5.4. EVALUACIÓN DE LOS LMP..... | 71 |
| 5.5. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN | 72 |
| 5.6. ESTABLECER BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO..... | 73 |
| 5.7. DESCRIPCIÓN DEL TREN DE TRATAMIENTO | 73 |
| 5.8. GUÍA PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | 73 |
| 5.9. MODELAMIENTO HIDRÁULICO IBER | 73 |
| VI. CONCLUSIONES | 74 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 76 |
| VIII. REFERENCIAS | 77 |
| IX. ANEXOS | 80 |
| Anexo 1. Solicitud de permiso. | 80 |
| Anexo 2. Evaluación de impactos ambientales..... | 80 |
| Anexo 3. Tabla del ECA para ríos. | 80 |

| | |
|---|----|
| Anexo 4. Cálculos | 80 |
| Anexo 5. Planos de topografía y batimetría. | 80 |
| Anexo 6. Informe de laboratorio. | 80 |
| Anexo 7. Criterios de diseño. | 80 |
| Anexo 8. Formatos para operación y mantenimiento. | 80 |
| Anexo 9. Estimación de la DBO para analizar el ECA..... | 80 |
| Anexo 10. Temperatura SENAMHI..... | 80 |
| Anexo 11. Panel fotográfico..... | 80 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| TABLA 1. CLASIFICACIÓN Y ORIGEN DE LAS AGUAS RESIDUALES | 21 |
| TABLA 2. FUNDAMENTOS BÁSICOS PARA EL TRATAMIENTO DE DESECHOS RESIDUALES | 22 |
| TABLA 3. TRATAMIENTO EN LA LÍNEA DE AGUA | 23 |
| TABLA 4. TRATAMIENTO EN LA LÍNEA DE FANGOS..... | 23 |
| TABLA 5. CRITERIOS DE DISEÑO | 26 |
| TABLA 6. LMP EFLUENTE | 28 |
| TABLA 7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 32 |
| TABLA 8. RECOLECCIÓN DE DATOS..... | 33 |
| TABLA 9. MATRIZ DE CONSISTENCIA | 36 |
| TABLA 10. POBLACIÓN DE DISEÑO EN BASE A INEI | 43 |
| TABLA 11. VOLUMEN DE LODOS | 44 |
| TABLA 12. AFORO DE CAUDALES | 44 |
| TABLA 13. PERÍODO DE DETENCIÓN HIDRÁULICA | 45 |
| TABLA 14. DIMENSIONES DE PTAR SALAS | 45 |
| TABLA 15. DATOS DE TEMPERATURA DE AGUA RESIDUAL..... | 53 |
| TABLA 16. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y VERIFICACIÓN DE LOS LMPS | 54 |
| TABLA 17. LOS CRITERIOS PARA DESINFECCIÓN..... | 57 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1. SIMBIOSIS ENTRE ALGAS Y BACTERIAS | 24 |
| FIGURA 2. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE UN TANQUE DE ESTABILIZACIÓN | 25 |
| FIGURA 3. PERFIL HIDRÁULICO DEL CANAL PARSHALL..... | 26 |
| FIGURA 4. LOCALIZACIÓN DE LA CIUDAD DE SALAS | 30 |
| FIGURA 5. PTAR CIUDAD DE SALAS | 31 |
| FIGURA 6. UBICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO | 34 |
| FIGURA 7. REGISTRO DE DATOS DE CAMPO | 34 |
| FIGURA 8. TRATAMIENTO PRELIMINAR: CÁMARA DE REJAS | 37 |
| FIGURA 9. TRATAMIENTO PRELIMINAR: REPARTIDOR DE CAUDAL | 38 |
| FIGURA 10. TRATAMIENTO SECUNDARIO: LAGUNAS FACULTATIVAS, DOS PRIMARIAS Y DOS SECUNDARIAS | 38 |
| FIGURA 11. LAGUNAS PRIMARIAS CON VEGETACIÓN EN SU ALREDEDOR | 39 |
| FIGURA 12. LAGUNA PRIMARIA N01 CON PRESENCIA DE LODOS Y NATAS..... | 39 |
| FIGURA 13. LAGUNA PRIMARIA N02 CON PRESENCIA DE NATAS Y ARBUSTOS | 40 |
| FIGURA 14. LAGUNA SECUNDARIA N01 CON ZONAS MUERTAS EN LAS ESQUINAS | 40 |
| FIGURA 15. LAGUNA SECUNDARIA N02 CON PRESENCIA DE RAMA DE ÁRBOL | 41 |
| FIGURA 16. AGUA RESIDUAL REUSADA PARA REGADÍO DE CULTIVOS | 41 |
| FIGURA 17. PUNTO DE EFLUENTE | 42 |
| FIGURA 18. AGUAS ABAJO SE ENCUENTRA CHARCOS DE DESECHOS RESIDUALES | 42 |
| FIGURA 19. FICHA DE REGISTRO | 52 |
| FIGURA 20. FICHA DE UBICACIÓN | 52 |
| FIGURA 21. INFORME DE ENSAYO N°172-052021 | 53 |
| FIGURA 22. CAUDAL Y TIRANTE EN FUNCIÓN DEL ANCHO DE GARGANTA | 56 |
| FIGURA 23. GEOMETRÍA IMPORTADA DEL CIVIL 3D AL IBER CON SUS RESPECTIVAS ÁREAS | 63 |
| FIGURA 24. CONDICIÓN DE ENTRADA PARA LAGUNAS PRIMARIAS..... | 63 |
| FIGURA 25. CONDICIÓN DE SALIDA PARA LAGUNAS SECUNDARIAS..... | 64 |
| FIGURA 26. RUGOSIDAD PARA LAS LAGUNAS FACULTATIVAS..... | 64 |
| FIGURA 27. ÁNGULO MÍNIMO PARA CALIDAD DE MALLA | 65 |

| | |
|---|----|
| FIGURA 28. MÍNIMO JACOBIANO PARA CALIDAD DE MALLA..... | 65 |
| FIGURA 29. VELOCIDAD DEL AGUA RESIDUAL CON DIFERENTES VARIACIONES | 66 |
| FIGURA 30. PASO 800 SEGUNDOS Y 108800 SEGUNDOS, VELOCIDAD DEL LÍQUIDO RESIDUAL | 67 |
| FIGURA 31. PASO 28000 SEGUNDOS Y 151200 SEGUNDOS, DBOC..... | 67 |
| FIGURA 32. CALIDAD DE AGUA, EVALUADO CON EL DBOC | 68 |
| FIGURA 33. LA TOPOGRAFÍA VISUALIZADA EN IBER..... | 68 |

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal evaluar la eficiencia de las lagunas de estabilización en la ciudad de Salas. Se ha realizado la caracterización de la PTAR, levantamiento topográfico batimétrico, aforo afluente e influente, recolección de muestras de agua residual y adicional el modelado hidráulico con software Iber. Los resultados en la caracterización en el pretratamiento: cámara de rejillas (rejillas fuera de su ubicación) y un repartidor de caudal; tratamiento secundario: dos lagunas primarias y dos lagunas secundarias y vertido hacia la quebrada la Alita. Además, se determinó la masa de lodos más del 50% en lagunas primarias obteniendo periodos de retención hidráulica menores, luego se calculó la población de diseño obtenido de 5979 habitantes mayor a la población de diseño. Asimismo, los parámetros evaluados son aceites y grasas (14.2 mg/l); coliformes fecales (54×10^3 NMP/100ml); DBO (375.5 mg/l), DQO (718.4mg/l), pH (9.37), sólidos totales en suspensión (110.7 mg/l) y la temperatura (28.2 °C). Se determina que los LMP y ECA no cumplen dando como validez que la PTAR de salas es ineficiente para su funcionamiento. Asimismo, se ha realizado el modelamiento hidráulico IBER para determinar la dispersión de contaminantes que se da en el flujo de las lagunas primarias principalmente, obteniendo velocidades bajas entre el rango de 0.02 a 0.05 m/s.

Palabras claves: caracterización, LMP, eficiencia, IBER

ABSTRACT

The main objective of this research is to evaluate the efficiency of the stabilization ponds in the city of Salas. The characterization of the WWTP, bathymetric topographic survey, influent and influent gauging, collection of wastewater samples and additional hydraulic modeling with Iber software have been carried out. The results in the pretreatment characterization: grating chamber (grating out of location) and a flow divider; secondary treatment: two primary lagoons and two secondary lagoons and discharge to the Alita stream. In addition, the mass of sludge was determined to be more than 50% in primary lagoons, obtaining lower hydraulic retention periods, and then the design population was calculated to be 5979 inhabitants higher than the design population. The parameters evaluated were oils and fats (14.2 mg/l); fecal coliforms (54×10^3 NMP/100ml); BOD (375.5 mg/l), COD (718.4 mg/l), pH (9.37), total suspended solids (110.7 mg/l) and temperature (28.2 °C). It is determined that the LMP and ECA do not comply, validating that the PTAR de salas is inefficient for its operation. Likewise, IBER hydraulic modeling has been performed to determine the dispersion of pollutants in the flow of the primary lagoons, obtaining low velocities between 0.02 and 0.05 m/s.

Keywords: characterization, LMP, efficiency, IBER.

I. INTRODUCCIÓN

En 2017, el informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos emite una cifra [1]: A nivel mundial, más del 80% de las aguas residuales son vertidas a los ecosistemas sin un tratamiento adecuado y a medida que crece la demanda global de agua, el volumen de aguas residuales generadas y su nivel de contaminación se encuentran en constante aumento en todo el mundo.

El cumplimiento de la calidad de tratamiento de agua residual doméstica en el entorno nacional está al descuido de las autoridades, vertiendo al cuerpo receptor (lagos, río, lagunas) el grado de concentración de contaminantes causando alteración por su exceso a la salud y bienestar del poblador y al entorno.

La ciudad de Salas cuenta con un sistema de lagunas de estabilización y descargan el efluente a la quebrada la Alita, teniendo como antecedentes que la Municipalidad distrital de Salas realiza el control eventualmente y el mantenimiento inadecuado.

Para conocer el grado de eficiencia de las lagunas es necesario caracterizar la PTAR, levantar la forma de operación y efectuar el análisis de calidad del desecho residual con parámetros que se establece en el DS N° 003-2010-MINAM de los LMP's y el DS N° 004-2017-MINAM de los ECA's.

Según UNESCO menciona que “es necesario monitorizar y producir relatorios sobre los vertidos de contaminantes en el medio ambiente y de la calidad del agua ambiental para lograr progresar [2]. Si una cosa no se mide, el problema no puede definirse y no puede evaluarse la eficiencia de las políticas”.

El presente en estudio quiere lograr:

En lo social: Obtener información actualizada y estudios fidedignos sobre su eficiencia y operación, permitiendo un beneficio para la Municipalidad Distrital de Salas.

En lo ambiental: Verificar si el efluente excede o no los LMP.

En lo técnico: Pretende verificar la calidad del agua residual y en base a los resultados plantear alternativa de solución que puedan permitir que el vertido hacia el medio esté dentro de los rangos de los LMP.

En efecto, se tiene como objetivo general de la presente investigación es evaluar la eficiencia de las lagunas de estabilización en la ciudad de Salas. Y como objetivos específicos:

Caracterizar el estado actual de la planta de tratamiento de la laguna de estabilización de la ciudad de Salas.

Realizar la Evaluación de Impacto Ambiental, haciendo una comparación entre las metodologías para la identificación de impactos ambientales entre el método de Leopold y Batelle Columbus.

Realizar ensayos para la evaluación de los siguientes parámetros: Aceites y grasas, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, pH, sólidos totales en suspensión y temperatura para la evaluación de la eficiencia del tratamiento de la laguna de estabilización.

Evaluar el cumplimiento de los límites máximos permisibles y estándares de calidad ambiental para la eficiencia del tratamiento de la laguna de estabilización.

Seleccionar la alternativa de solución de tratamiento que mejor se adecúe según los resultados de ensayos.

Establecer bases y criterios de diseño para la alternativa seleccionada.

Describir el tren de procesos de tratamiento considerados para la zona de estudio, en base a la alternativa seleccionada.

Plantear una guía para la mejora del plan de mantenimiento de la laguna.

Adicional, se realiza el modelamiento hidráulico con software IBER.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1.1. ANTECEDENTE INTERNACIONAL

Diego Bolívar Toledo Heras, 2016. Tesis de Maestría en impactos ambientales titulada "Evaluación y medidas correctivas para el sistema de lagunas de estabilización, ciudad de Pasaje" de la universidad de Guayaquil Ecuador

La falta o deficiencia en lo referente a aspectos constructivos, operación y mantenimiento de este sistema provocan alteraciones ambientales afectando la salud física mental. Realizó la evaluación de la eficiencia del funcionamiento del sistema, proponiendo su optimización, mediante la metodología de encuestas, planimétricos y batimétricos; y análisis fisicoquímico de muestras, obteniendo resultados: caudal del afluente es 565 lt/sg, y efluente de 562 lt/sg; el análisis fisicoquímico se encuentra por debajo de los límites máximos [3].

Elise Anais Medrano Escobedo, 2018. Tesis de Maestría en ingeniería civil titulada "Diagnóstico y evaluación de la laguna de oxidación de la comunidad de Montoro a fin de reducir el impacto ambiental y la contaminación de la zona" de la universidad autónoma de Aguascalientes México

Déficit funcionamiento y calidad del efluente PTAR afecta la salud del poblador. Realizó la caracterización y diagnóstico de la PTAR, medidas de corrección y mitigación para el funcionamiento y evaluación de impacto, siguió el procedimiento de caracterización de la laguna, levantamiento batimétrico, monitoreo y análisis químico y el uso de software Qgis para procesamiento de datos. El cual resultó que el sistema de tratamiento: mal funcionamiento, configuración geométrica inadecuada y no cumple sus parámetros máximos [4].

2.1.2. ANTECEDENTE NACIONAL

Kiara Sotalaya Vicente, 2015. Tesis para optar el título profesional de ingeniero en recursos naturales renovables titulada "Evaluación de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas en las lagunas de estabilización de la ciudad de Uchiza" de la universidad nacional agraria de la selva Tingo María Huánuco

En el efluente de la PTAR presenta una alta concentración de algas evacuando al cuerpo de agua con baja calidad. Evaluó la eficiencia de la PTAR, realizando: muestreo, toma y almacenamiento de muestras y parámetros de estudio teniendo como resultado en la descarga del influente: la temperatura, pH y DQO menor a LMP, pero DBO5 y STS mayor a LMP [5].

Yhony Mamani Yapurasi, 2017. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil titulada “Evaluación de la operatividad y rediseño de la laguna de estabilización del distrito de Ilave, provincia de el Collao” de la Universidad Nacional del Altiplano Puno

La falta de mantenimiento y el crecimiento poblacional tuvo efecto en el colapso del sistema del tratamiento. Realizó la evaluación de operatividad: diseño original y operativo, rediseño y exigencias del LMP's y ECA's, en el cual su metodología lo realiza en dos etapas: primera etapa en recolección de información, de igual importancia la determinación de aguas residuales y, segunda etapa la propuesta de rediseño. Finalmente, verificó que el influente de la PTAR su tratado es parcial y no cumple LMP's y ECA's [6].

Abraham Eduan Paz García y Manuel Elvis Ruiz Valderrama, 2017. Tesis para optar el título de ingeniero ambiental titulada “Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales para el distrito de Santiago de Chuco” de la universidad nacional de Trujillo

El crecimiento poblacional ocasiona mayor volumen de aguas residuales teniendo un efecto directo al deterioro de cuerpos de agua superficial, flora y fauna, y aun más afecta la salud pública. Así que, diseñó una PTAR: pretratamiento, tratamiento primario y secundario [7].

Milhuar Vicente Llamocca Alférez, 2018. Tesis para optar el título de ingeniero sanitario titulada “Propuesta de una estación ecoeficiente de regeneración de aguas residuales urbanas para el distrito del Alto selva Alegre en la provincia de Arequipa” de la universidad nacional de San Agustín Arequipa

[8] La creciente población y el déficit en gestión obtiene líquidos residuales no tratados, una concentración elevada de contaminantes y degradación de cuencas y escasez de agua. Realizó el diseño de la PTAR: un pozo de grueso y by pass, una cámara de bombeo y rejas de gruesos, dos rejas de gruesos, una sala de pretratamiento, dos canales de desbaste de finos, dos desarenadores desengrasador, dos decantadores primarios, un tanque de tormentas, dos reactores biológicos carrusel y dos decantadores secundarios.

Ever Ivan Alvites Rodriguez, 2018. Tesis para optar el título profesional de ingeniero hidráulico titulada “Caracterización de las aguas residuales de la ciudad de Cajamarca y su propuesta de tratamiento en la zona del fundo Betania” de la universidad nacional de Cajamarca

Los desagües son descargados a los cuerpos de agua alterando la calidad de los ríos San Lucas y Mashcón generando problemas ambientales. Realizó la determinación de las aguas residuales y determinó bases y criterios de diseño: tasa de crecimiento poblacional 3.43 %, vida útil de 20 años, obteniendo parámetros para el año 2038 una población futura de 275 118 habitantes, caudal medio de 382 lps y caudal de diseño de 550 lps y para la evaluación que realizó 2017 obtuvo aporte per cápita de aguas residuales fue de 120 lps, DQO y DBO5 son 921 mg/l y 455 mg/l respectivamente [9].

Arturo Valentín Valdez Castañeda [10], 2019. Tesis para optar el título de ingeniero civil ambiental titulada “Evaluación, mejoramiento y optimización hidráulica del sistema de lagunas de estabilización de San José aplicando modelos CFD-Lambayeque, 2017” de la universidad católica San Toribio de Mogrovejo Chiclayo.

La falta de mantenimiento, excesiva aglomeración de lodos en reactores anaeróbicos y déficit tratamiento de los desechos residuales el cual tiene efecto en pobre eliminación de contaminantes y el incumplimiento de los LMP. Realizó la evaluación, mejoramiento y optimización de condiciones hidrodinámicas de la PTAR con el modelamiento bidimensional CFD.

2.1.3. ANTECEDENTE LOCAL

La ciudad de Salas, localizada en la Provincia y Departamento de Lambayeque. Como se evidencia INEI [11] de la Población Nominalmente Censada, por Área de Residencia, Según Provincia y Distrito, del año 2017, en la zona urbana tiene 4236 habitantes.

De acuerdo a SUNASS en su estudio tarifario [12], menciona que Epsel está cargo de una parte de agua potable contando con agua subterránea con un almacenamiento de reservorio de 60 m³ y con código SNIP N° 46754 al mando de la Municipalidad Distrital de Salas, se encuentra concluido pero no transferido a EPSEL S.A. Dicho proyecto tenía como objetivos la construcción ejecutado en el año 2015 una nueva captación, un sedimentador, una cámara de prefiltros, una cámara de filtro lento, un almacenamiento de reservorio de 500 m³, también el sistema de alcantarillado como las conexiones domiciliarias, sistema de redes colectoras, emisor y laguna de estabilización.

2.2. BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS

2.2.1. AGUAS RESIDUALES

2.2.1.1. AGUA RESIDUAL

Según Metcalf & Eddy [13] define un agua residual como la combinación de los desechos líquidos procedentes tanto de residencias como instituciones públicas y establecimientos industriales y comerciales, a los que pueden agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales. De manera que el cúmulo y el estancamiento de esta, lleva a la desintegración de la materia orgánica y generación de gases maloliente en grandes cantidades.

2.2.1.2. CARACTERÍSTICAS

El siguiente punto trata de estudios de caracterización de un agua residual [13] en:

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Sólidos totales [13] resulta como residuo después de que el agua sea sometida a un proceso de evaporación entre 103 y 105 °C.

Los gases emitidos durante el proceso de desintegración de la materia orgánica son correspondidos a los olores [13]. El olor más particular del agua residual es el sulfuro de hidrógeno (H₂S) a causa de la reducción de sulfatos a sulfitos por acción de organismos microscópicos anaerobios.

La temperatura suele ser siempre más alta que la del agua del abasto [13], debido por el ingreso de agua caliente procedente de las viviendas y diversos usos industriales. La propiedad física que infiere tanto a la actividad natural como a la generación de gases en el desecho residual.

El color en un inicio tiene un color grisáceo el agua residual [13], pero al incremento de tiempo en la conducción por las alcantarillas y al desarrollarse procesos anaerobios, cambia de gris a oscuro, consecuentemente en color negro.

La turbiedad indica la calidad de las líquidos residuales o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión o como medida de transmisión de la luz de un agua [13].

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

La materia orgánica es en sí sólidos que proviene de la parte animal y vegetal, como también del ser humano. Estos compuestos formados por la combinación de hidrógeno, carbono, y oxígeno, con presencia de nitrógeno, así como hierro, azufre o fósforo [13]. Las principales medidas del contenido orgánico son DBO y DQO.

Las proteínas que contienen carbono de origen animal. Además, contienen un 16 % de nitrógeno. Los cúmulos de proteínas dan origen a olores fétidos debido a los procesos de disgregación.

Grasas y aceites se encuentran las ceras, aceites, grasas animales y otros constituyentes, encontrándose en los compuestos orgánicos de mayor complejidad en su degradación natural y estabilidad y la acción bacteriana no resulta sencilla.

Agentes tensoactivos causantes de la aparición de espumas en las PTAR, están unidos por moléculas macrométricas, ligeramente solubles en el agua.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), parámetro de contaminación orgánica más empleada. El cual gracias a los microorganismos con ayuda de oxígeno disuelto se realiza la desintegración natural de la materia orgánica.

Es común, de 5 días a 20 °C, es decir 5 días dura el ensayo de la DBO en llega a oxidar entre el 60 a 70%. Debido que su duración en teoría es infinita y demora 20 días para completar la oxidación en 95 % hasta 99 % de la materia carbonosa.

Demanda química de oxígeno (DQO) se emplea para medir la concentración de materia orgánica tanto en un agua natural como un desecho residual. La DQO suele ser mayor que DBO, y eso se debe al incremento de compuestos cuya oxidación tiene lugar ha realizarse químicamente que biológicamente.

Materia inorgánica

pH. Término que expresa la magnitud de la acidez o alcalinidad y también es una forma de expresar la concentración de ion hidrógeno.

Cloruros. Procedentes de disolución de suelos y rocas y que están en contacto con el agua. Además, provenientes de otras nacientes es la descarga de agua residual doméstica, agrícola e industrial a agua superficial.

Los gases encontrados en los líquidos residuales son metano (CH₄), sulfuro de hidrógeno (H₂S), amoníaco (NH₃), dióxido de carbono (CO₂), oxígeno (O₂) y nitrógeno (N₂). Los primeros tres compuestos inciden en la desintegración de la materia orgánica presente en los desechos residuales y los restantes son gases que se encuentran en el ambiente.

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Los principales grupos de organismos se describen a continuación:

Las bacterias desempeñan un rol primordial en los procesos de desintegración y estabilización de la materia orgánica.

Los hongos y bacterias responsables de la desintegración del carbono en la biosfera. Sin ellos los procesos de desintegración de la materia orgánica se impediría en poco tiempo; y la materia orgánica intentaría a incrementarse.

Las algas conocidas como crecimiento explosivo, ya que estas pueden conducir grandes colonias en ríos, lagos y embalses. Además, llamados lagos eutróficos.

Los protozoos se alimentan de organismos microscópicos y bacterias. Idóneos para mantener el ciclo natural entre las variedades de los organismos microscópicos.

Los virus son agentes infecciosos y son expulsados por el ser humano.

Los organismos patógenos procedentes de desechos fecales del ser humano y son las bacterias, los virus, los protozoos y el grupo de los helmintos.

2.2.1.3. TIPOS DE AGUAS RESIDUALES

Según OEFA [14], lo clasifica en tres:

Tabla 1. Clasificación y origen de las aguas residuales

| Clasificación | Origen |
|-------------------------------|--|
| Aguas residuales domésticas | Son aquellos de origen residual residencial y comercial que contienen los desechos fisiológicos procedentes de la actividad del hombre. |
| Aguas residuales industriales | Son aquellas que resultan de un proceso productivo, incluyendo las que provienen de las actividades agrícolas, energéticas, agroindustrial, entre otros. |
| Aguas residuales municipales | Son aquellas aguas residuales domésticas mezcladas con agua de drenaje pluvial o de actividades industriales previamente tratadas. |

Fuente: OEFA, 2014

2.2.2. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

2.2.2.1. OBJETIVO

Según Metcalf & Eddy [13] menciona que los objetivos son: eliminar de la materia en suspensión y los flotantes, tratar la materia orgánica biodegradable, y eliminar los organismos patógenos, con el propósito de acelerar la acciones simbióticas, bajo condiciones controladas. Asimismo, se busca cuidar la salud del ser humano y evitar condiciones desfavorables ocasionadas por el vertido de desecho residual al medio ambiente.

2.2.2.2. FUNDAMENTOS BÁSICOS

[15] Constan de tres elementos primordiales: recogida y conducción, tratamiento y evacuación.

Tabla 2. Fundamentos básicos para el tratamiento de desechos residuales

| Recogida y conducción | Tratamiento | Evacuación |
|--|--|---|
| Desde donde se generan hasta la PTAR a través de la red de alcantarillado. | Consta de niveles y procesos para la purificación de los líquidos residuales | Llega al afluente, pasa por el tratamiento y consecuencia de ello resultan dos corrientes salientes: efluentes purificados y lodos. |

Fuente: Alianza por el Agua, 2008

2.2.2.3. ETAPAS Y PROCESOS

Tratamiento del agua residual

Consiste en reducir los contaminantes antes de ser reutilizadas o vertidas los líquidos residuales mediante procesos y operaciones.

El Pretratamiento consiste en la eliminación de todos residuos gruesos, harapos, plásticos, la flotación de aceites, grasas y desarenado de la materia en suspensión gruesa que pueda causar atascos en los equipos y un desgaste excesivo de los mismos.

El tratamiento primario se elimina una fracción de sólidos en suspensión y de materia orgánica y es procedido mediante operaciones físicas del cribado y el desarenado.

El tratamiento secundario convencional. Objetivo principal de la eliminación de sólidos en suspensión y de compuestos orgánicos biodegradables, aunque a menudo se incluye la desinfección como parte del tratamiento secundario.

El tratamiento avanzado o recuperación, con el objeto de eliminar los constituyentes de los desechos residuales como nutrientes, compuestos tóxicos y excesos de materia orgánica o de sólidos en suspensión.

Tratamiento de fangos

El fango es el de mayor masa y para el tratamiento y evacuación son el problema más complejo. Se distinguen dos líneas de tratamiento: Línea de agua y línea de Fangos.

Tabla 3. Tratamiento en la línea de agua

| PRETRATAMIENTO | TRATAMIENTO PRIMARIO | TRATAMIENTO SECUNDARIO | TRATAMIENTO TERCIARIO |
|--|--|---|--|
| Objetivo | Objetivo | Objetivo | Objetivo |
| Remoción de sólidos gruesos, arenas y grasas | Remoción de materia flotante y sedimentable | Remoción de materia orgánica coloidal o disuelta | Remoción de sólidos en suspensión, materia orgánica residual, nutrientes y patógenos |
| Operaciones básicas | Operaciones básicas | Procesos básicos | Procesos básicos |
| -Desbaste -Tamizado -Desarenado -Desengrasado | -Decantación primaria -Tratamiento fisicoquímicos (coagulación-floculación) | -Decantación secundaria - Degradación bacteriana | -Desinfección -Floculación -Filtración -Eliminación de N y P |
| Procesos físicos | Procesos físicos y químicos | Procesos biológicos | Procesos físicos, químicos y biológicos |

Fuente: Alianza por el Agua, 2008

Tabla 4. Tratamiento en la línea de Fangos

| ESPEAMIEN-TO | ESTABILIZACIÓN | ACONDICIONA-MIENTO | DESHIDRATA-CIÓN |
|--|---|---|--|
| Objetivo | Objetivo | Objetivo | Objetivo |
| Incrementar la concentración de sólidos | Reducir la fracción biodegradable de los lodos | Mejorar las características del lodo para facilitar su deshidratación | Reducir el contenido en agua |
| Operaciones básicas | Procesos básicos | Procesos básicos | Operaciones básicas |
| -Espesado por flotación -Espesado por gravedad -Centrifugación | -Estabilización aerobio -Estabilización anaerobio -Estabilización química | -Adición de floculantes | -Secado mecánico -Secado térmico -Eras de secado |
| Procesos físicos | Procesos físicos, químicos y biológicos | Procesos biológicos | Procesos físicos |

Fuente: Alianza por el Agua, 2008

2.2.3. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

2.2.3.1. DEFINICIÓN DE LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN

CONAGUA [16] ratifica que una laguna de estabilización es el almacenamiento del agua por medio de la actividad bacteriana con acciones simbióticas de las algas y otros organismos; descargando a ella de manera espontánea y el proceso de autopurificación el que se realizan los fenómenos físico, químico y biológico.

2.2.3.2. OBJETIVO DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN

La laguna de estabilización tiene como objetivo estabilizar, tratar y eliminar los contaminantes orgánicos mediante procesos naturales.

2.2.3.3. CLASIFICACIÓN DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN

Se presentan tres tipos en función de la actividad biológica: aerobio, facultativo (aerobio y anaerobio) y anaerobio.

Laguna de estabilización aerobio

Son grandes depósitos, de poca profundidad, entre 15 y 50 cm que se emplean procesos biológicos que incluyen el uso de algas y de bacterias. Y la Microbiología del proceso en el cual el oxígeno se suministra por aireación natural a través de la superficie y por fotosíntesis de las algas, y estas liberan oxígeno utilizado por las bacterias para la desintegración aerobia de la materia orgánica, y los nutrientes y el dióxido de carbono liberados los emplean las algas. Esta relación ciclo-simbiótica se ilustra en la figura 1.

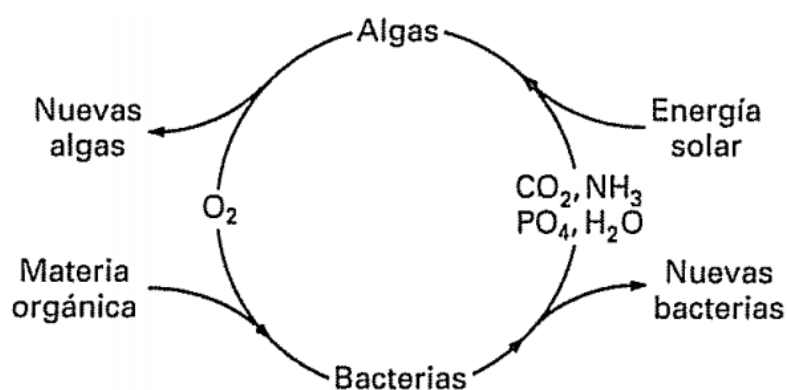


Figura 1. Simbiosis entre algas y bacterias

Fuente: Metcalf & Eddy, 1996

En el análisis del proceso llegan a eliminar la DBO₅ en un 95 % y el proceso de diseño es similar para lagunas facultativas, en función al periodo de detención hidráulico y a la carga orgánica superficial.

Lagunas facultativas

Allí se realiza una combinación de bacterias tipo facultativos, anaerobios y aerobios, y se puede apreciar en la Figura 2, existen tres zonas: una superficial en la que existen microorganismos aeróbicos y algas en una relación simbiótica; una inferior llamado anaeróbico en la que se descomponen activamente los sólidos acumulados por acción de bacterias anaerobios, y una intermedia, que es parcialmente aerobio y anaerobio, el cual se da la disgregación de los residuos orgánicos llevados a cabo por microorganismos facultativos.

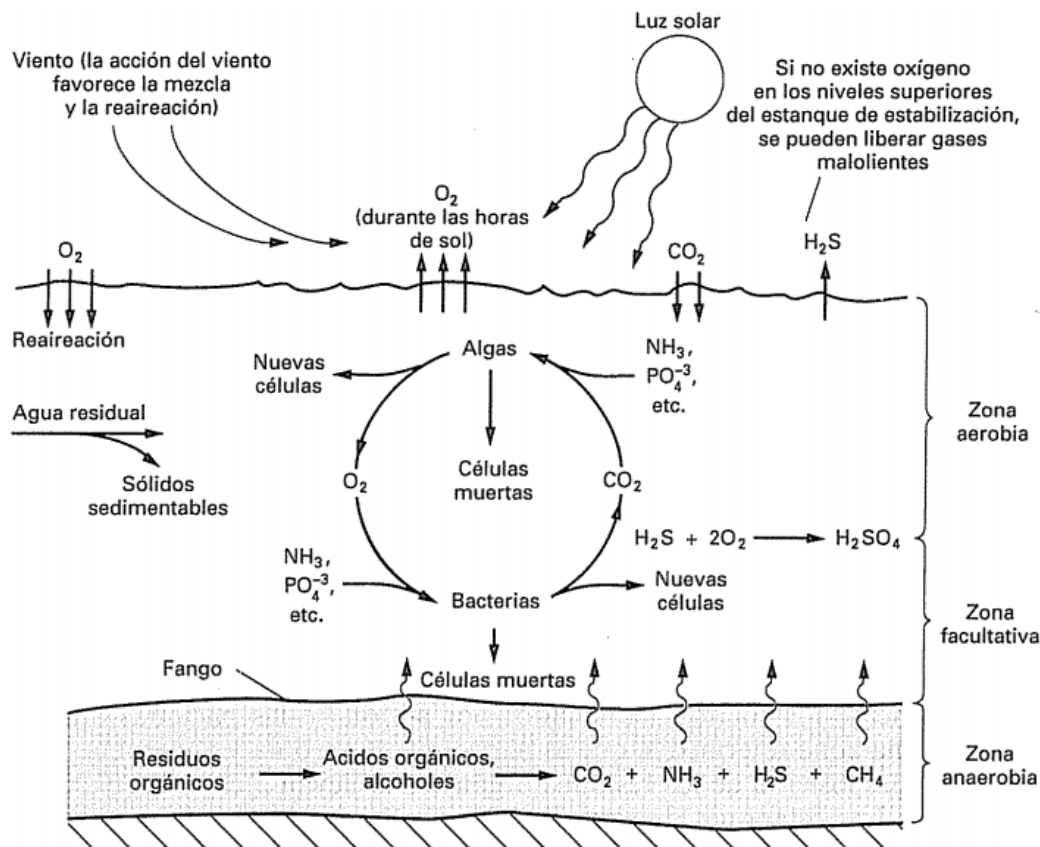


Figura 2. Representación esquemática de un tanque de estabilización

Fuente: Metcalf & Eddy, 1996

Las Ecuaciones 1 y 2 representan la simbiosis de las bacterias y algas:



Se presenta los métodos de diseño en síntesis en la tabla 5 [17]:

Lagunas anaerobias

Se usan para el tratamiento de agua residual de alto contenido orgánico y que contenga alta concentración de sólidos. Es fácil conseguir rendimientos de eliminación de la DBO_5 superiores al 70% hasta 85 %.

2.2.3.4. FORMA Y VARIABLES DETERMINANTES PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA PTAR

2.2.3.4.1. DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LAS LAGUNAS

Las lagunas de estabilización [13] se pueden vincular en paralelo o en serie, ya que la conexión paralelo permite la mejor distribución de los sólidos sedimentados y en serie reporta ventajas de eliminación de DBO o de coliformes fecales.

Tabla 5. Criterios de diseño

| MÉTODOS | VARIABLES | ECUACIÓN | VALORES RECOMENDADOS |
|--|-----------|---|---|
| MÉTODOS EMPÍRICOS Y SEMI-EMPÍRICOS | | | |
| Carga orgánica Superficial | | | |
| Extrables, (1983) | Brasil | T | $C_s = 250 \cdot (1.085)^{T-20}$ Para estos modelos no se tienen C_s recomendadas, pero se pueden emplear las siguientes: Canter y Englande, A 970 C_s (promedio), kgDBO5/ha.d 29 t, d 117 82 31 USEPA, 1983 Si $T_{aire} > 15^\circ C$ $C_s = 45-90$ kg DBO5/ha.d Si $0 < T_{aire} < 15^\circ C$ $C_s = 22-45$ kg DBO5/ha.d Si $T_{aire} < 0^\circ C$ $C_s = -11-22$ kg DBO5/ha.d |
| Área superficial | | | |
| Aceivala, 1973 Silva, 1982 Broome, 1986 | T, Q, h | $A = \frac{Q \cdot t}{h}$ | T: 7 - 110 d a 5 - 25 °C T: 6 d T: 5 d |
| Constante de rapidez de 1er Orden | | | |
| Yáñez, 1980 | T, k | $k = \frac{t}{-14.77 + 4.46T}$ | k 0.38d ⁻¹ Para T de 8 o más d |
| MÉTODOS CINÉTICOS | | | |
| Modelo de Wehner-Wilhelm, 1956 | k, t | $\frac{Se}{Si} = \frac{4ae^{\frac{1}{2d}}}{(1+a)^2 * e^{\frac{a}{2d}} - (1+a)^2 * e^{-\frac{a}{2d}}}$ | d : 0.1 a 2.0 |
| Modelo de flujo pistón (Middlebrooks y Crites, 1988) | Kp, c | $\frac{Se}{Si} = e^{-tk}$ | valores de Kp, t |

Fuente: CONAGUA, 2007

2.2.3.4.2. CARGA HIDRÁULICA

Para realizar la medición de carga hidráulica se realiza mediante el canal Parshall [18].

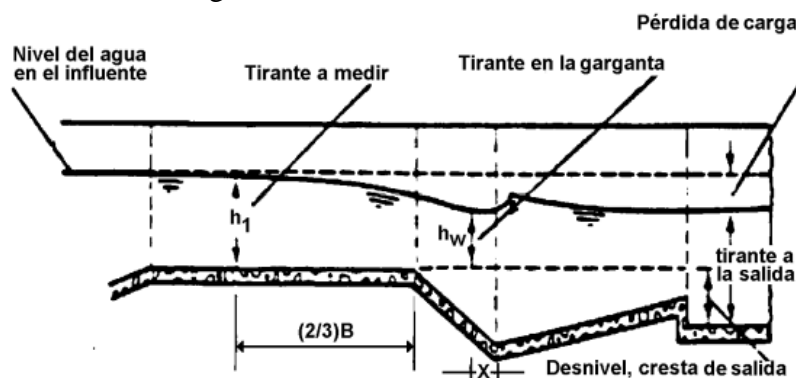


Figura 3. Perfil Hidráulico del Canal Parshall

Fuente: E. César Valdez y A. B. Vásquez Gonzales, 2003

2.2.3.4.3. TIRANTE DE AGUA

La medición del gasto se realiza mediante la determinación de los tirantes de agua, mencionado anteriormente para la carga hidráulica [18].

2.2.3.4.4. ÁREA

Es la superficie que ocupa la PTAR. Además, para las dimensiones a utilizar se prevé al terreno disponible.

2.2.3.4.5. VOLUMEN

La geometría y dimensiones de las lagunas en el efecto del oleaje. Asimismo, para el uso de almacenamiento de fangos.

2.2.3.4.6. PERÍODO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA

El período de detención hidráulica para el reactor.

\emptyset : Período de detención hidráulica (día); $\emptyset = \frac{V}{Q}$

V: Volumen de la laguna (m³)

Q: Caudal de ingreso (m³/día)

2.2.3.4.7. CAUDALES

Los caudales constituidos por agua residual doméstica, industrial o infiltración y contribuciones incontroladas. Además, dependen de época del año y la zona. Caudal medio diario obtenido a partir de los datos de todo el año; el máximo diario es el máximo caudal en 24 horas ; caudal punta horario es el caudal horario punta que se da un tiempo de 24 horas; caudal mínimo diario es el caudal mínimo registrado en 24 horas [13]. Una tarea importante que habrá de realizar el operador de la estación de tratamiento.

2.2.3.5. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Según [19], encontrada en la página 73, indica que hay impacto ambiental “cuando una acción consecuencia de un proyecto o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes del medio. El término impacto no implica negatividad, ya que éstos pueden ser tanto positivos como negativos”

2.2.3.5.1. MÉTODO DE LEOPOLD

[19] Para la evaluación de impactos, se ha elaborado la matriz de Leopold, en la cual se valorarán dichas actividades que afectan a los factores tanto de forma positiva como negativa, para así obtener una valoración final e identificar cuáles son las agresividades y fragilidades más predominantes, después de ello, se ha elaborado un cuadro especificando los valores

positivos y negativos de cada acción, de acuerdo con cada factor. Se identifica la magnitud que va desde 1 a 10 (- y +) y la importancia que va desde 1 hasta 10.

2.2.3.5.2. MÉTODO DE BATELLE-COLUMBUS

[19], El método de Battelle-Columbus es un método cuantitativo de evaluación de la magnitud del impacto ambiental; incluso así lo refiere. Además de ser un método cuantitativo es cualitativo o semicuantitativo debido a que se da valoración de la importancia del impacto a través de un índice de calidad ambiental

También se podría llegar a decir que el método de Battelle-Columbus es subjetivo, ya que, incluye la valoración de una calidad ambiental, expresada como valores subjetivos de 0 a 1, a partir de los cuales se interpreta o califica cada magnitud o dato de la variable de impacto, como un valor en una escala de calidad ambiental.

El método tiene por objetivo principal, la evaluación sistemática de los impactos de un proyecto mediante el empleo de indicadores homogéneos, que son el resultado de transformar un indicador en un índice específico relacionado con la calidad ambiental. Para la aplicación de este método se definieron indicadores de impacto con 78 parámetros ambientales, que indican la representatividad del impacto ambiental derivada de las acciones consideradas. Los 78 parámetros se ordenan en 18 componentes ambientales agrupados en 4 categorías ambientales.

2.2.3.6. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES

El D.S. N° 003-2010-MINAM [20], enuncia los LMP:

Tabla 6. LMP efluente

| PARÀMETRO | UNIDAD | LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS |
|-------------------------------|------------|---|
| Aceites y grasas | mg/l | 20 |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 mL | 10,000 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 100 |
| Demanda Química de Oxígeno | mg/L | 200 |
| pH | Unidad | 6.5-8.5 |
| Sólidos Totales en Suspensión | mL/L | 150 |
| Temperatura | °C | <35 |

Fuente: Ley General del Ambiente, 2010

2.2.3.7. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL

El D.S. N° 004-2017-MINAM [21] define el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente, ver anexo 03.

2.2.3.8. MONITOREO Y MUESTREO

[22] Objetivo principal es estandarizar la metodología para el desarrollo del monitoreo de la calidad del agua residual tratada efluente y afluente de la PTAR

2.2.3.9. MODELO HIDRÁULICO CON SOFTWARE IBER

Centro de Estudios Hidrográficos, citado por Valdez Castañeda [10], menciona que Iber es un modelo matemático bidimensional de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente, y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial. Funciona sobre una malla no estructurada de volúmenes finitos formada por elementos triangulares y/o cuadriláteros. Modelo hidráulico desarrollado por el Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, GEAMA (Universidad de A Coruña, UDC) y el Instituto FLUMEN (Universitat Politècnica de Catalunya, UPC, y Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, CIMNE).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Agua residual doméstica [23]: Agua de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana.

Afluente [23]: Agua u otro líquido que ingresa a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento.

Efluente [23]: Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) [23]: 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).

Demanda química de oxígeno (DQO) [23]: Medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidante sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio.

Depuración de aguas residuales [23]: Purificación o remoción de sustancias objetables de las aguas residuales; se aplica exclusivamente a procesos de tratamiento de líquidos.

Grado de tratamiento [23]: Eficiencia de remoción de una PTAR para cumplir con los requisitos de calidad del cuerpo receptor o las normas de reúso.

Disposición final [23]: Disposición del efluente o del lodo tratado de una PTAR.

Muestreo [23]: Toma de muestras de volumen predeterminado y con la técnica de preservación correspondiente para el parámetro que se va a analizar.

Planta de tratamiento [23]: Infraestructura y procesos que permiten la depuración de aguas residuales.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Investigación aplicada y cuantitativa y nivel de investigación descriptiva, explicativa y seccional o transversal [24].

3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Diseño de investigación no experimental el cual no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes [24].

El diseño de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único [24].

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA, MUESTREO

Población:

[25] El distrito de Salas localizado en la provincia de Lambayeque, considerada tierra del curanderismo.

Los límites son los siguientes:

Por el Norte con el distrito de Huarmaca de la provincia de Huancabamba, Región Piura;

Por el Noreste con el distrito de Pomahuaca, Provincia de Jaén de la Región Cajamarca;

Por el Sur con el distrito de Jayanca de la provincia de Lambayeque;

Por el Este con los distritos de Cañaris e Incahuasi; y

Por el Oeste con los distritos de Motupe, Chóchope y Olmos al Noroeste.

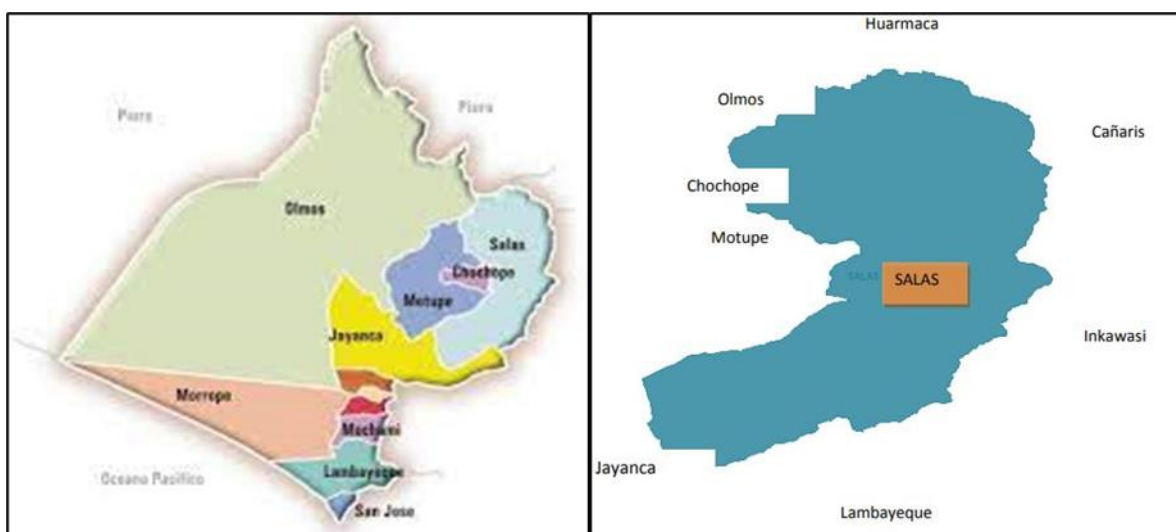


Figura 4. Localización de la ciudad de Salas

Fuente: Municipalidad Distrital de Salas.

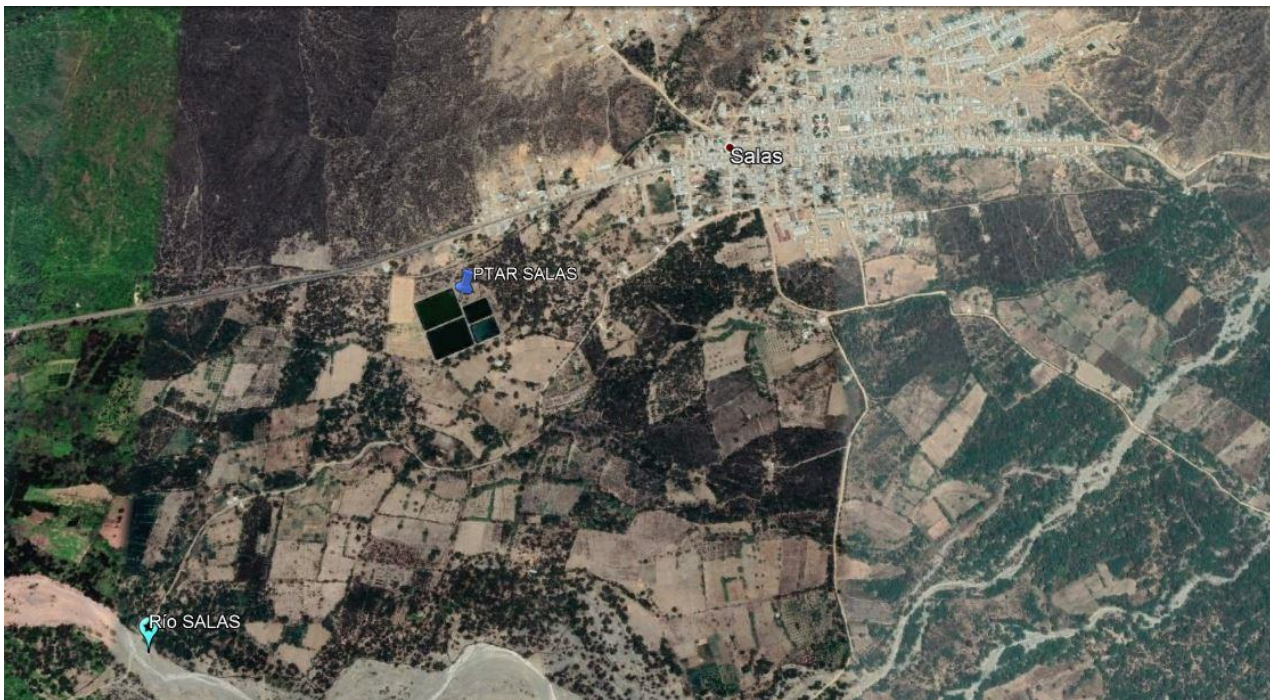


Figura 5. PTAR ciudad de Salas

Fuente: Google Earth

Su clima [25] es variado, cálido en partes de la costa y zonas bajas y frío en las partes altas. Según el censo de 2017 [11], la población asciende a 12,595 habitantes, y solo la ciudad de Salas con 4,236 habitantes. [25] y tiene una altitud de 166 m.s.n.m.

Muestra o muestreo no probabilística o dirigida: “Evaluación de la eficiencia de tratamiento de la laguna de estabilización de la ciudad de Salas provincia y departamento de Lambayeque 2019”

3.4. CRITERIOS DE SELECCIÓN

La elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o de quien hace la muestra y depende del proceso de toma de decisiones de un investigador [24].

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Se muestra a continuación:

Tabla 7. Operacionalización de variables

| Evaluación de la eficiencia de tratamiento de la laguna de estabilización de la ciudad de Salas provincia y departamento de Lambayeque 2019 | | | | | |
|---|--|---------------------------------------|--|-------------------|--|
| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DIMENSIÓN | INDICADORES | UNIDAD | INSTRUMENTO |
| EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN | Para la caracterización de aguas residuales domésticas se realizará, campañas de medición y muestreo.OS.090 RNE | PTAR: FORMA Y VARIABLES DETERMINANTES | DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LAS LAGUNAS: FLEXIBILIDAD | unidad | Fotografías |
| | | | CONTROL DE CARGA HIDRÁULICA | m | Aforo |
| | | | TIRANTE DE AGUA | m | Aforo |
| | | | ÁREA | m ² | Levantamiento topográfico-batimétrico (Estación total) |
| | | | VOLUMEN | m ³ | Levantamiento topográfico – batimétrico (Estación total) |
| | | | PERÍODO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA | seg | Aforo |
| | | | CAUDALES | m ³ /s | Aforo |
| | Eficiencia del tratamiento: Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. Puede expresarse en decimales o porcentaje. OS.090 RNE | AGUA RESIDUAL | ACEITES Y GRASAS | mg/l | Ensayos de Laboratorio |
| | | | COLIFORMES TERMOTOLERANTES | NMP/100 ml | Ensayos de Laboratorio |
| | | | DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO | mg/l | Ensayos de Laboratorio |
| | | | DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO | mg/l | Ensayos de Laboratorio |
| | | | pH | unidad | Ph-metro |
| | | | SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN | ml/l | Ensayos de Laboratorio |
| | | | TEMPERATURA | °C | Termómetro |

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La investigación es aplicada cuantitativa se va a realizar mediante análisis de datos, observación, evaluación de muestras de ensayos se presenta a continuación:

Tabla 8. Recolección de datos

| TÉCNICA | INSTRUMENTO | ELEMENTO DE LA POBLACIÓN |
|-------------|--|---------------------------|
| Observación | Registros para el monitoreo y muestreo de PTAR (figura 19 y figura 20) | PTAR |
| | Fotografías | Lagunas de estabilización |
| | Aforo | Caudal del agua residual |
| | Levantamiento topográfico-batimétrico | Área y volumen |
| | pH-metro | Agua residual |
| | Temperatura | Agua residual |
| | Ensayos de laboratorio | Agua residual |

3.7. PROCEDIMIENTOS

Para el proyecto a evaluar, se ha realizado la caracterización de la PTAR de la ciudad de Salas en el cual se ha realizado mediante toma de fotografías. Asimismo, se ha realizado el levantamiento batimétrico. Luego se ha aforado el caudal en el punto de afluente como en el punto del efluente, toma de temperatura del desecho líquido, toma de coordenadas en el punto de entrada y salida.

Además, en la toma de muestras se ha guiado con el protocolo del año 2017 el cual muestra la siguiente metodología [22]:

En los Puntos de monitoreo en entrada y salida de la PTAR., teniendo como registro la ubicación del Punto de Monitoreo, figura 06.

Preparación de materiales y equipos

10 frascos para la toma de muestras: 5 envases para cada muestra, 4 envases de plástico y un envase de vidrio, el cual son transportados en una caja conservadora (cooler).

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

| | | | |
|---|----------|---------------------------|--------------|
| Nombre de EPS/Municipio: | | | |
| Nombre de PTAR: | | | |
| Ubicación de PTAR: | | | |
| Localidad | Distrito | Provincia | Departamento |
| | | | |
| IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO | | | |
| AFLUENTE | | | |
| Denominación del punto de muestreo (afluente) | | | |
| COORDENADAS U.T.M. (WGS84) | | | |
| Norte | Este | Zona UTM | Altitud |
| | | | |
| CAUDAL DE OPERACIÓN (promedio diario) | | Método de medición | |
| | | | |
| EFLUENTE | | | |
| Denominación del punto de muestreo (efluente) | | | |
| COORDENADAS U.T.M. (WGS84) | | | |
| Norte | Este | Zona UTM | Altitud |
| | | | |
| CAUDAL DE OPERACIÓN (promedio diario) | | Método de medición | |
| | | | |
| Datos del GPS (marca, modelo, número de serie, precisión del equipo) | | | |
| | | | |

Figura 6. Ubicación del Punto de Monitoreo

Fuente: Oficina de Medio Ambiente

Precauciones durante el monitoreo

Ser muy cuidadoso en la toma de muestras de agua residual y al momento de ser transportados al laboratorio.

Muestreo. Registro de Datos de Campo

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

| | | | | |
|--|------|----|-------------|---------------------|
| Nombre de la PTAR: | | | | |
| AFLUENTE | | | | |
| Denominación del punto de monitoreo: | | | | |
| Fecha | Hora | pH | Temperatura | Caudal afluente (*) |
| | | | | |
| Eventuales observaciones al punto de monitoreo | | | | |
| Características del agua residual | | | | |
| EFLUENTE | | | | |
| Denominación del punto de monitoreo: | | | | |
| Fecha | Hora | pH | Temperatura | Caudal efluente (*) |
| | | | | |
| Eventuales observaciones al punto de monitoreo | | | | |
| Características del agua residual | | | | |

(*) Caudal de afluente y efluente en el momento del monitoreo

.....dedel 20...

Figura 7. Registro de Datos de Campo

Fuente: Oficina de Medio Ambiente

Aseguramiento y control de calidad

En el envío de la toma de muestras de agua residual al laboratorio se envía con una cadena de custodia, el cual describe quien está haciendo la muestra, fecha lugar hora, número de muestras, parámetros a evaluar, tipo de envase y firma quien hace la toma de muestra.

Como adicional a la respectiva evaluación se analiza el modelamiento hidráulico de las lagunas de estabilización en el software Iber.

3.8. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

La metodología se lleva a cabo es:

Trabajo preliminar: Identificación de problemática, recopilación y análisis de datos.

Trabajo de campo: Visita, descripción y caracterización de la PTAR en Salas, levantamiento topográfico y batimétrico, aforo de entrada (afluente), recolección de muestras de agua residual, toma de coordenadas UTM, temperatura del agua residual y del aire.

Trabajo de laboratorio: realización de ensayos de agua residual en entrada y salida de la PTAR

Trabajo de gabinete: Marco teórico, procesamiento de información de campo, procesamiento de análisis de resultados de ensayos de laboratorio, diseño de elementos del proyecto, modelado con software Iber y análisis de conclusiones y recomendaciones.

3.9. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Se encuentra en la tabla 9.

3.10. CONSIDERACIONES ÉTICAS

En este proyecto aplicativo, todo está documentado y estipulado con referencias en el estilo IEEE, el cual todo ha sido basado en libros, manuales, artículos de revistas, normas, protocolos, y tesis validadas.

Asimismo, se ha pedido autorización correspondiente a la Municipalidad Distrital de Salas para la evaluación respectiva.

Tabla 9. Matriz de Consistencia

| FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | OPERACIONALIZACIÓN | | METODOLOGÍA TÉCNICAS E INSTRUMENTOS |
|---|---|--|---|--|---|
| | | | VARIABLE | INDICADORES | |
| ¿Cuál es la eficiencia de tratamiento de la laguna de estabilización existente en la ciudad de Salas? | <p>Objetivo General: Evaluar la eficiencia de las lagunas de estabilización en la ciudad de Salas</p> <p>Objetivos Específicos: O1. Caracterizar el estado actual de la planta de tratamiento de la laguna de estabilización de la ciudad de Salas. O2. Realizar la Evaluación de Impacto Ambiental, haciendo una comparación entre las metodologías para la identificación de impactos ambientales entre el método de Leopold y Batelle Columbus. O3. Realizar ensayos para la evaluación de los siguientes parámetros: Aceites y grasas, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, pH, sólidos totales en suspensión y temperatura. O4. Evaluar el cumplimiento de los límites máximos permisibles y estándares de calidad ambiental para la eficiencia del tratamiento de la laguna de estabilización. O5. Seleccionar la alternativa de solución de tratamiento que mejor se adecúe según los resultados de ensayos. O6. Establecer bases y criterios de diseño para la alternativa seleccionada. O7. Describir el tren de proceso de tratamiento considerados para la zona de estudio, en base a la alternativa seleccionada. O8. Plantear una guía para la mejora del plan de mantenimiento de la laguna. O9. Realizar el modelamiento hidráulico con software IBER.</p> | No cumple la eficiencia y límites máximos permisibles en la laguna de estabilización de la ciudad de Salas | Evaluación de la eficiencia de tratamiento de la laguna de estabilización | Distribución física de las lagunas: flexibilidad | <p>Tipo y Diseño de Investigación Descriptivo. Aplicativo Cuantitativa Diseño de investigación No Experimental</p> <p>Población (N) y Muestra (n): Población: La ciudad de Salas</p> <p>Muestra: PTAR: lagunas de estabilización</p> <p>Técnica: Observación Instrumento: Fotografías, aforo, levantamiento topográfico-batimétrico, pHmetro, termómetro y ensayos de laboratorio, software IBER</p> |
| | | | | Control de carga hidráulica. | |
| | | | | Tirante de agua. | |
| | | | | Área | |
| | | | | Volumen | |
| | | | | Período de retención hidráulica | |
| | | | | Caudales | |
| | | | | Aceites y grasas | |
| | | | | Coliformes termotolerantes | |
| | | | | Demanda Química De Oxígeno | |
| | | | | Demanda Bioquímica de Oxígeno | |
| | | | | pH | |
| | | | | Sólidos Totales En Suspensión | |
| | | | | Temperatura | |

IV. RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA PTAR DE LA CIUDAD DE SALAS

La caracterización se ha determinado en cómo está conformado la PTAR desde el afluente hasta el punto del efluente.

La ciudad de Salas cuenta con una PTAR con lagunas de estabilización tipo facultativas. El cual cuenta con tratamiento preliminar y tratamiento secundario.

En el tratamiento preliminar cuenta sólo con una cámara de rejas ($h=1.30$ m hasta N.T.N.) con rejas gruesas de diámetro de $\frac{1}{2}$ " en figura 8 y un repartidor de caudal de altura de 1.30 m en figura 9.



Figura 8. Tratamiento Preliminar: Cámara de rejas



Figura 9. Tratamiento Preliminar: Repartidor de caudal

En el tratamiento primario cuenta con dos lagunas facultativas primarias en paralelo de profundidad de diseño de 1.50 m con talud (V:H 1:3) y 0.50 m de borde libre y dimensiones de ancho 53 m y largo de 71 m para cada uno.

En el tratamiento secundario cuenta con dos lagunas facultativas secundarias en paralelo de profundidad de diseño de 1.50 m con talud (V:H 1:3) con longitudes de ancho de 85 m y largo de 112 m para cada uno. Cada laguna primaria está conectada en serie con una laguna secundaria mediante tuberías de PVC de diámetro de 12" (30 cm). Se muestra de Google Earth



Figura 10. Tratamiento Secundario: Lagunas facultativas, dos primarias y dos secundarias

Fuente: Google Earth

En la figura 11 se muestra las dos lagunas primarias con maleza en las bermas y partes de los taludes de las lagunas.



Figura 11. Lagunas primarias con vegetación en su alrededor

En la figura 12 se muestra la primera laguna primaria con lodo, en el cual está ingresando todos los sólidos gruesos y arenas.



Figura 12. Laguna Primaria N01 con presencia de lodos y natas

En la figura 13 se visualiza la segunda laguna primaria con presencia de natas en toda la superficie de agua, espacios muertos en las esquinas y árboles en la parte de la coronación.



Figura 13. Laguna Primaria N02 con presencia de natas y arbustos

En la figura 14 se inspecciona que la laguna secundaria N01 se encuentra zonas muertas en las esquinas y por ende cortocircuitos hidráulicos



Figura 14. Laguna Secundaria N01 con zonas muertas en las esquinas

En la figura 15 se visualiza la laguna secundaria N02 con presencia de rama de árbol en las zonas muertas.



Figura 15. Laguna Secundaria N02 con presencia de rama de árbol

En la figura 16 se inspecciona que la población utiliza el agua residual de la laguna secundaria N01 para regadío de sus cultivos, mediante el uso de bomba que succiona y bombea con mangueras hacia el punto a regar plantas de plátano y maíz.



Figura 16. Agua residual reusada para regadío de cultivos

En la figura 17 se visualiza el punto de efluente donde descarga a la quebrada la Alita



Figura 17. Punto de efluente

En la figura 18 se muestra que aguas abajo se forman charcos de agua residual en el encuentro de una trocha en el cual transita la población de la Alita Alta, el cual se ve perjudicado y en peligro a contraer enfermedades.



Figura 18. Aguas abajo se encuentra charcos de desechos residuales

4.1.1. ANÁLISIS DE LA POBLACIÓN DE DISEÑO

Se ha realizado un análisis de la población de diseño para comparar datos obtenidos por la Municipalidad Distrital de Salas por el cual fue diseñado la PTAR. Se ha usado datos censales de los años 1981, 1993 y 2007. La PTAR de la ciudad de Salas lo diseñaron en el año 2007 y fue construida en el 2015. Y los resultados son los siguientes:

Tabla 10. Población de diseño en base a INEI

| Año | MÉTODO DE INTERÉS SIMPLE | PROMEDIO ¹ | AUMENTO DE POBLACIÓN (hab.) |
|------|---|-----------------------|-----------------------------|
| | $Pf=3248*(1+1.5\%*t)$, para t=0 en el año 2007 (hab.) | PROMEDIO (hab.) | |
| 1981 | 1,956 | 1,956 | - |
| 1993 | 1,698 | 1,698 | - |
| 2007 | 3,248 | 3,248 | - |
| 2008 | 3,297 | 3,364 | 67 |
| 2009 | 3,345 | 3,481 | 136 |
| 2010 | 3,394 | 3,600 | 206 |
| 2011 | 3,443 | 3,721 | 278 |
| 2012 | 3,492 | 3,845 | 353 |
| 2013 | 3,540 | 3,971 | 431 |
| 2014 | 3,589 | 4,099 | 510 |
| 2015 | 3,638 | 4,229 | 591 |
| 2016 | 3,686 | 4,362 | 676 |
| 2017 | 3,735 | 4,497 | 762 |
| 2018 | 3,784 | 4,635 | 851 |
| 2019 | 3,833 | 4,774 | 941 |
| 2020 | 3,881 | 4,916 | 1,035 |
| 2021 | 3,930 | 5,061 | 1,131 |
| 2022 | 3,979 | 5,208 | 1,229 |
| 2023 | 4,028 | 5,357 | 1,329 |
| 2024 | 4,076 | 5,509 | 1,433 |
| 2025 | 4,125 | 5,663 | 1,538 |
| 2026 | 4,174 | 5,820 | 1,646 |
| 2027 | 4,222 | 5,979 | 1,757 |

¹MÉTODO DE INTERES COMPUESTO, MÉTODO DE INTERÉS SIMPLE, MÉTODO DE LA PARÁBOLA y MÉTODO DE INCREMENTOS VARIABLES

Nota: ver cálculos en anexo 4.1.

4.1.2. TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA

A través de levantamiento topográfico obtenido por la municipalidad distrital de Salas, levantamiento batimétrico obtenido por EPSEL y la verificación de datos en campo se cuenta con los siguientes resultados. Se tiene las secciones transversales de batimetría dados a 10 m para cada laguna. Se obtiene los siguientes cálculos de volumen útil y volumen de lodo para cada laguna.

Tabla 11. Volumen de lodos

| Lagunas Facultativas | Volumen Total(m3) | Volumen lodo (m3) | Volumen útil (m3) | Volumen lodo (%) | Volumen útil (%) |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| LP N01 | 2,669.87 | 1,362.27 | 1,307.59 | 51.02% | 48.98% |
| LP N02 | 2,884.39 | 1,519.38 | 1,365.00 | 52.68% | 47.32% |
| LS N01 | 4,648.81 | 2,123.99 | 2,524.83 | 45.69% | 54.31% |
| LS N02 | 4,887.69 | 2,326.96 | 2,560.73 | 47.61% | 52.39% |
| Total | 15,090.75 | 7,332.60 | 7,758.15 | | |

Nota: ver planos de topografía y batimetría en anexo 5 y cálculos en anexo 4.2.

4.1.3. AFORO DE CAUDALES

Para el aforo de caudal en el punto de afluente se ha utilizado el método de sección velocidad. Para tener una estimación, se ha realizado el aforo de caudal ingreso a la primera y segunda laguna facultativa primaria, en la primera y segunda laguna facultativa secundaria utilizando el método volumétrico. Asimismo, se aforó en el punto de efluente por el método volumétrico. Los caudales finales son:

Tabla 12. Aforo de caudales

| PUNTO DE AFORO | CAUDAL (l/s) |
|----------------|--------------|
| Afluente | 14.730 |
| LP N01 | 6.964 |
| LP N02 | 7.479 |
| LS N01 | 4.144 |
| LS N02 | 5.405 |
| Efluente | 4.697 |

Nota: ver cálculos en anexo 4.3.

4.1.4. RETENCIÓN HIDRÁULICA

De los datos obtenidos en la zona de estudio de los caudales y volumen de lodo, se realiza una comparación del tiempo de retención hidráulica (TRH) que tiene cada laguna. Se muestra a continuación los siguientes resultados:

Tabla 13. Período de detención hidráulica

| Lagunas Facultativas | Volumen Total(m3) | Volumen Lodo(m3) | Volumen útil (m3) | Volumen lodo (%) | Caudal (m3/día) | TRH total (día) | TRH lodo (día) | TRH agua (día) |
|----------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| LP N01 | 2,669.87 | 1,362.27 | 1,307.59 | 51.02% | 601.67 | 4.44 | 2.26 | 2.17 |
| LP N02 | 2,884.39 | 1,519.38 | 1,365.00 | 52.68% | 646.22 | 4.46 | 2.35 | 2.11 |
| LS N01 | 4,648.81 | 2,123.99 | 2,524.83 | 45.69% | 358.06 | 12.98 | 5.93 | 7.05 |
| LS N02 | 4,887.69 | 2,326.96 | 2,560.73 | 47.61% | 467.03 | 10.47 | 4.98 | 5.48 |

4.1.5. CÁLCULO DE DIMENSIONES DE LAGUNAS FACULTATIVAS

Se ha calculado las dimensiones de las lagunas primarias y secundarias en base a la población de diseño con el cual fue diseñado, y la población que debería ser, dando varias observaciones en ello:

Tabla 14. Dimensiones de PTAR Salas

| Población de Diseño (hab.) | Q Diseño (m3/día) | Lagunas Facultativas | Dimensiones de Coronación | | Tirante útil (m) | Altura de lodo (m) | TRH (día) | Área (Ha) | Eficiencia de c.f.* (%) | Observación |
|----------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------|------------------|--------------------|-----------|-----------|-------------------------|-------------|
| | | | Ancho (m) | Largo (m) | | | | | | |
| 4222 | 506.64 | Laguna Primaria N01 y N02 | 53 | 71 | 1.5 | No consideraron | 11.59 | 2.66 | 96.59% | MDS** |
| | | Laguna Secundaria N01 y N02 | 85 | 112 | | | 59.28 | | 99.997% | |
| 4222 | 506.64 | Laguna Primaria N01 y N02 | 46.5 | 58.5 | 1.5 | No se consideró | 7.59 | 1.77 | 93.06% | Estudiante |
| | | Laguna Secundaria N01 y N02 | 69 | 89.5 | | | 28.72 | | 99.98% | |
| 5979 | 717.48 | Laguna Primaria N01 y N02 | 46.5 | 58.5 | 1.5 | No se consideró | 5.23 | 1.77 | 87.96% | Estudiante |
| | | Laguna Secundaria N01 y N02 | 69 | 89.5 | | | 18.24 | | 99.89% | |

*c.f.: Coliformes fecales

**MDS: Municipalidad Distrital de Salas

Nota: ver cálculos en anexo 4.4.

4.2. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Para la evaluación de impactos ambientales se ha realizado entre los métodos de Leopold y Batelle-Columbus.

4.2.1. MÉTODO DE LEOPOLD

Para el método de Leopold, el cual se presenta a continuación, ver anexo 2.1.

Actividades con potencial a causar impacto

Son aquellas actividades que durante la etapa de operación y mantenimiento de la PTAR del proyecto.

Se han considerado, en la etapa de operación y mantenimiento de la PTAR, las actividades más importantes. Las cuales se presentan a continuación:

| ETAPA | ACTIVIDADES |
|--------------------------------------|--|
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | <p>PTAR</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento Preliminar (Cámara de rejillas, repartidor de caudales) • Tratamiento secundario (2 lagunas facultativas primarias) • Tratamiento secundario (2 lagunas facultativas secundarias) • Regadío de plantas alimenticias con agua residual: plátanos, maíz, lenteja • Descarga hacia el la quebrada "La Alita" • Generación de charcos aguas residuales aguas abajo, en trocha carrozable • Efluente con DBO y nutrientes • Agentes Patógenos • Contaminación atmosférica (olores y gases de efecto Invernadero) • Limpieza y mantenimiento preventivo y correctivo del sistema |

Componentes del ambiente potencialmente afectables

Son aquellos factores o componentes ambientales que pueden ser afectados durante el desarrollo de las diferentes actividades del proyecto.

| MEDIO | FACTORES |
|-----------|---|
| FÍSICO | <p>AIRE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emisión de gases. • Partículas en suspensión. • Nivel de ruido. <p>AGUA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alteración de la calidad de agua. • Contaminación de drenajes. • Contaminación de aguas subterráneas. <p>SUELO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geomorfología. • Cambio en las condiciones físicos químicos del suelo • Calidad de suelo. • Permeabilidad. |
| BIOLÓGICO | <p>FLORA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arbustos. • Árboles. • Follaje. • Cultivos. <p>FAUNA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aves. • Insectos. • Animales terrestres. <p>ÁREAS AMBIENTALES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suelos agrícolas. <p>CALIDAD VISUAL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Paisaje. |
| SOCIAL | <p>PROCESOS SOCIOPOLÍTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Empleo. • Calidad de vida • Quejas y reclamos • Afectación a la salud pública |

Y a continuación, se muestra la matriz de Leopold en la cual se valorarán dichas actividades que afectan a los factores tanto de forma positiva como negativa, para así obtener una valoración final e identificar cuáles son las agresividades y fragilidades más predominantes.

Después de ello, se ha elaborado un cuadro especificando los valores positivos y negativos de cada acción, de acuerdo a cada factor.

| ELEMENTOS \ ACTIVIDADES | | | ACCIONES | | | | | | | | | | SUMA | | | |
|-------------------------|-------------------------------|--|--|--|--|--|--------------------------------------|---|--------------------------------|-------------------|--|--|----------|----------|-----|------|
| | | | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | | | | | | | | | | PROMEDIO | NEGATIVO | | |
| | | | T. Preliminar (Cámara de rejillas, repartidor de caudales) | T. secundario (2 lagunas facultativas primarias) | T. secundario (2 lagunas facultativas secundarias) | Regadío de plantas alimenticias con agua residual: alfalfa, maíz, lentejas | Descarga hacia el quebrada "La Alta" | Generación de drenos aguas residuales agrícolas, en rotación cancelable | Effluente con DBO y nutrientes | Agentes Patógenos | Contaminación atmosférica (olores y gases de efecto Invernadero) | Limpieza y mantenimiento preventivo y correctivo del sistema | | | | |
| DIMENSIÓN | COMPONENTE | IMPACTO | | | | | | | | | | | | | | |
| FACTORES AMBIENTALES | DIMENSIÓN FÍSICA | AIRE | EMISIÓN DE GASES | -3 | -2 | -1 | -2 | -1 | -3 | | | -3 | -1 | -16 | -38 | |
| | | | PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | | | 3 | 1 | 16 | -9 | |
| | | | NIVEL DE RUIDO | -1 | -1 | -1 | 1 | -1 | -1 | 1 | | | -5 | 1 | 5 | -5 |
| | AIRE | AGUA | ALTERACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA | 1 | 2 | 2 | | | -2 | | | | | -1 | 2 | 2 |
| | | | CONTAMINACIÓN DE ORBVAJES | 1 | 2 | 2 | 2 | | -2 | | | | | 1 | 3 | 5 |
| | | | CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS | 1 | 2 | 2 | 2 | | -2 | | | | | 1 | 3 | 7 |
| | SUELO | GEOMORFOLOGÍA | | | | | | | -2 | | | | | | -5 | -12 |
| | | CAMBIO EN LAS CONDICIONES FÍSICAS QUÍMICOS DEL SUELO | | | | | | | -3 | -3 | -2 | | -2 | -10 | -31 | |
| | | CALIDAD DE SUELO | | | | | | | -3 | -2 | -2 | | | | -7 | -17 |
| | | PERMEABILIDAD | | | | | | | -2 | -1 | 2 | | | | -3 | -5 |
| | DIMENSIÓN BIÓTICA | FLORA | ARBUSTOS | | | | | | -2 | -1 | 2 | | -1 | -3 | -7 | -18 |
| | | | ÁRBOLES | | | | | | -2 | -1 | 2 | | | | | -5 |
| FOLLAJE | | | | | | | | -2 | -1 | 2 | | -1 | -2 | -6 | -13 | |
| CULTIVOS | | | | | | | -3 | | -3 | -2 | | -2 | | | -10 | -31 |
| FAUNA | | AVES | | | | | | | | -1 | 2 | | | | -3 | -6 |
| | | INSECTOS | | | | | | | | | 2 | | | | -2 | -6 |
| | | ANIMALES TERESTRES | | | | | | | | | | | -1 | 1 | -1 | -1 |
| ÁREAS AMBIENTALES | | Suelos agrícolas | | | | | -3 | | -3 | -2 | -1 | | | | -9 | -24 |
| CALIDAD VISUAL | | PASAJE | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 | | -2 | -1 | 3 | | -3 | -10 | -20 | |
| DIMENSIÓN SOCIAL | | PROCESOS SOCIOPOLÍTICOS | EMPLEO | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | CALIDAD DE VIDA | | -2 | | | | -2 | -3 | -3 | 4 | | -2 | | | -14 | -39 |
| | QUEJAS Y RECLAMOS | | -1 | | | | -1 | -2 | -3 | 3 | | -3 | | | -10 | -25 |
| | AFECTACIÓN A LA SALUD PÚBLICA | | -1 | -2 | -1 | -2 | -2 | -3 | -4 | 1 | | -2 | | | -18 | -48 |
| | MAGNITUD (+/-) | | -7 | -2 | 0 | -16 | -10 | -43 | -17 | -11 | -9 | -27 | | 21 | | -351 |
| PROMEDIO | -18 | -2 | 3 | -39 | -24 | -131 | -36 | -24 | -19 | -61 | | -351 | | | | |

| <div style="border: 2px solid red; padding: 5px;"> <div style="float: right; background-color: #4a86e8; color: white; padding: 5px; text-align: center;">ACTIVIDADES</div> <div style="float: left; background-color: #4a86e8; color: white; padding: 5px; text-align: center;">ELEMENTOS</div> </div> | | | | ACCIONES | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|--|------------------|---|---|---|--|---------------------------------------|--|-------------------------------|-------------------|--|--|---|
| | | | | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | | | | | | | | | | |
| FACTORES AMBIENTALES | DIMENSIÓN | COMPONENTE | IMPACTO | Tratamiento Preliminar (Cámara de rejillas, repartidor de caudales) | Tratamiento secundario (2 lagunas facultativas primarias) | Tratamiento secundario (2 lagunas facultativas secundarias) | Regadío de plantas alimenticias con agua residual: plátanos, maíz, lenteja | Descarga hacia el quebrada "La Alita" | Generación de charcos aguas residuales aguas abajo, en trochas carrozables | Efluente con DBO y nutrientes | Agentes Patógenos | Contaminación atmosférica (olores y gases de efecto invernadero) | Limpieza y mantenimiento preventivo y correctivo del sistema | |
| | FÍSICA | AIRE | EMISIÓN DE GASES | | N | N | N | N | N | N | | | N | N |
| PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN | | | | | | | N | | | | | N | N | |
| NIVEL DE RUIDO | | | | N | N | N | | N | N | | | | | |
| AGUA | | ALTERACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA | | P | P | P | | | | N | | | | N |
| | | CONTAMINACIÓN DE DRENAJES | | P | P | P | | | | N | | | | |
| | | CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS | | | | | | | | N | | | | |
| SUELO | | GEOMORFOLOGÍA | | | | | | | | N | N | N | | |
| | | CAMBIO EN LAS CONDICIONES FÍSICAS QUÍMICAS DEL SUELO | | | | | | | | N | N | N | | N |
| | | CALIDAD DE SUELO | | | | | | | | N | N | N | | |
| | | PERMEABILIDAD | | | | | | | | N | N | | | |
| BIÓTICA | | FLORA | ARBUSTOS | | | | | | | N | N | | N | N |
| | | | ÁRBOLES | | | | | | | N | N | | | N |
| | FOLLAJE | | | | | | | | N | N | | N | N | |
| | CULTIVOS | | | | | | N | | N | N | | N | | |
| | FAUNA | AVES | | | | | | | | N | | | N | |
| | | INSECTOS | | | | | | | | | | | N | |
| | | ANIMALES TERESTRES | | | | | | | | | | | N | |
| | ÁREAS AMBIENTALES | Suelos agrícolas | | | | | N | | N | N | N | | | |
| | CALIDAD VISUAL | PAISAJE | | N | N | N | N | | N | N | | | N | |
| | SOCIAL | PROCESOS SOCIOPOLÍTICOS | EMPLEO | | | | | | | | | | | |
| CALIDAD DE VIDA | | | | N | | | N | N | N | | N | | N | |
| QUEJAS Y RECLAMOS | | | | N | | | N | N | N | | | | N | |
| AFECTACIÓN A LA SALUD PÚBLICA | | | | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | |
| LEYENDA: | | | LETRA | DESCRIPCIÓN | | | | | | | | | | |
| | | | N | NEGATIVO | | | | | | | | | | |
| | | | P | POSITIVO | | | | | | | | | | |
| | | | VACIO | NO APLICA | | | | | | | | | | |

4.2.2. MÉTODO DE BATELLE-COLUMBUS

Para el método de Batelle-Columbus, el cual se presenta a continuación, ver anexo 2.2.

| COMPONENTES | PARÁMETROS | UIP | TABLAS | CA S/ PROYECTO | CA C/ PROYECTO | ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL | | | SEÑALES DE ALERTA | |
|--------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------|----------------------|----------------------|-----------------------------|----------------|------------------------|-------------------------------|---------------------|
| | | | | | | S/ PROYECTO | C/ PROYECTO | EIU, Cambio neto | | |
| ECOLOGÍA | | | | | | | | | | |
| Especies y Poblaciones | T e r r e s | Pastizales y Praderas | 14 | 763(1) | 0.35 | 0.1 | 4.9 | 1.4 | -3.50 | Medidas mitigadoras |
| | | Cosechas | 14 | 734(1) | 0.5 | 0.2 | 7 | 2.8 | -4.20 | Medidas mitigadoras |
| | | Vegetación natural | 14 | 730(1) | 0.4 | 0.25 | 5.6 | 3.5 | -2.10 | Medidas mitigadoras |
| | | Especies dañinas | 14 | 743(1) | 0.3 | 0.2 | 4.2 | 2.8 | -1.40 | Medidas mitigadoras |
| | A c c u ã s | Aves de caza continentales | 14 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | | Pesquerías comerciales | 14 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | | Vegetación natural | 14 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | | Especies dañinas | 14 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| Hábitats y comunidades | T e r r e s | Aves acuáticas | 14 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | | Pesca deportiva | 14 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | | Cadenas alimentarias | 12 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | | Uso del suelo | 12 | 756(1) | 0.55 | 0.25 | 6.6 | 3 | -3.60 | Medidas mitigadoras |
| | A c u ã s | Especies raras y en peligro | 12 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | | Diversidad de especies | 14 | 736(2) | 0.4 | 0.2 | 5.6 | 2.8 | -2.80 | Medidas mitigadoras |
| | | Cadenas alimentarias | 12 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | | Especies raras y en peligro | 12 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| Ecosistemas | Sólo descriptivo | - | - | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| CONTAMINACIÓN AMBIENTAL | | | | | | | | | | |
| Contaminación del agua | Pérdidas en las cuencas hidrográficas | 20 | 689(1) | 0.70 | 0.6 | 14 | 12 | -2.00 | Medidas mitigadoras | |
| | DBO | 25 | 663(2) | 0.3 | 0.15 | 7.5 | 3.75 | -3.75 | Medidas mitigadoras | |
| | Oxígeno disuelto | 31 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | | |
| | Coliformes fecales | 18 | 696(2) | 0.3 | 0.1 | 5.4 | 1.8 | -3.60 | Medidas mitigadoras | |
| | Carbono inorgánico | 22 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | | |
| | Nitrógeno inorgánico | 25 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | | |
| | Fosfato inorgánico | 28 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | | |
| | Plaguicidas | 16 | 680(2) | 0.35 | 0.4 | 5.6 | 6.4 | 0.80 | No aplica medidas mitigadoras | |
| | pH | 18 | 658(1) | 0.5 | 0.4 | 9 | 7.2 | -1.80 | Medidas mitigadoras | |
| | Variaciones de flujo de corriente | 28 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | | |
| | Temperatura | 28 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | | |
| | Sólidos disueltos totales | 25 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | | |
| Contaminación atmosférica | Sustancias tóxicas | 14 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | | |
| | Turbidez | 20 | 659(1) | 0.55 | 0.5 | 11 | 10 | -1.00 | Medidas mitigadoras | |
| | Monóxido de carbono | 5 | 617(1) | 0.8 | 0.3 | 4 | 1.5 | -2.50 | Medidas mitigadoras | |
| | Hidrocarburos | 5 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | | |
| | Óxidos de nitrógeno | 10 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | | |
| | Partículas sólidas | 12 | 627(1) | 0.6 | 0.45 | 7.2 | 5.4 | -1.80 | Medidas mitigadoras | |
| | Oxidantes Fotoquímicos | 5 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | | |
| Contaminación del suelo | Óxidos de azufre | 10 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | | |
| | Otros | 5 | 630(1) | 0.5 | 0.4 | 2.5 | 2 | -0.50 | Medidas mitigadoras | |
| | Uso del suelo | 14 | 756(1) | 0.6 | 0.3 | 8.4 | 4.2 | -4.20 | Medidas mitigadoras | |
| Contaminación por ruido | Erosión | 14 | 717(4) | 0.3 | 0.2 | 4.2 | 2.8 | -1.40 | Medidas mitigadoras | |
| | Ruido | 4 | 640(2) | 0.7 | 0.65 | 2.8 | 2.6 | -0.20 | Medidas mitigadoras | |

| ASPECTOS ESTÉTICOS | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|--------------------------|--------------|------|------|-------|------|-------|-------------------------------|
| Suelo | Material geológico superficial | 6 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | Relieve y caracteres topográficos | 16 | 718 (1) | 0.5 | 0.3 | 8 | 4.8 | -3.20 | Medidas mitigadoras |
| | Extensión y alineaciones | 10 | 753 (3) | 0.4 | 0.3 | 4 | 3 | -1.00 | Medidas mitigadoras |
| Aire | Olor y visibilidad | 3 | 699 (2) | 0.8 | 0.15 | 2.4 | 0.45 | -1.95 | Medidas mitigadoras |
| | Sonidos | 2 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| Agua | Presencia de agua | 10 | 754 (2) | 0.3 | 0.45 | 3 | 4.5 | 1.50 | No aplica medidas mitigadoras |
| | Interfase agua-tierra | 16 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | Olor y materiales flotantes | 6 | 695 (1) | 0.85 | 0.1 | 5.1 | 0.6 | -4.50 | Medidas mitigadoras |
| | Área de la superficie de agua | 10 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| Biota | Márgenes arboladas y geológicas | 10 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | Animales domésticos | 5 | 743 (2) | 0.4 | 0.35 | 2 | 1.75 | -0.25 | Medidas mitigadoras |
| | Animales salvajes | 5 | 743 (1) | 0.6 | 0.3 | 3 | 1.5 | -1.50 | Medidas mitigadoras |
| | Diversidad de tipos de vegetación | 9 | 732 (2) | 0.4 | 0.1 | 3.6 | 0.9 | -2.70 | Medidas mitigadoras |
| Objetos artesanales | Variación dentro de los tipos de vegetación | 5 | 733 (2) | 0.8 | 0.1 | 4 | 0.5 | -3.50 | Medidas mitigadoras |
| | Objetos artesanales | 10 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| Composición | Efectos de composición | 15 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | Elementos singulares | 15 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| ASPECTOS DE INTERÉS HUMANO | | | | | | | | | |
| Valores educativos y científicos | Arqueológico | 13 | - | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | Ecológico | 13 | - | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | Geológico | 11 | 752 (2) | 0.5 | 0.25 | 5.5 | 2.75 | -2.75 | Medidas mitigadoras |
| | Hidrológico | 11 | - | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| Valores históricos | Arquitectura y estilos | 11 | - | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | Acontecimientos | 11 | - | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | Personajes | 11 | - | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | Religiones y culturas | 11 | - | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | Frontera del oeste | 11 | - | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| Culturas | Indios | 14 | - | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | Otros grupos étnicos | 7 | - | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | Grupos religiosos | 7 | - | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| Sensaciones | Admiración | 11 | 774 (2) | 0.5 | 0.2 | 5.5 | 2.2 | -3.30 | Medidas mitigadoras |
| | Aislamiento, soledad | 11 | - | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | Misterio | 4 | - | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | Integración con la naturaleza | 11 | 775 (1) | 0.45 | 0.1 | 4.95 | 1.1 | -3.85 | Medidas mitigadoras |
| Estilos de vida (patrones culturales) | Oportunidades de empleo | 13 | 780 (1) | 0.7 | 0.4 | 9.1 | 5.2 | -3.90 | Medidas mitigadoras |
| | Vivienda | 13 | 784 (1) | 0.5 | 0.2 | 6.5 | 2.6 | -3.90 | Medidas mitigadoras |
| | Interacciones sociales | 11 | 787 (2) | 0.95 | 0.1 | 10.45 | 1.1 | -9.35 | Medidas mitigadoras |
| | | | total | 33 | | | | | |
| IMPACTOS MÁS SIGNIFICATIVOS | | | | | | | | | |
| | IMPACTOS MAYORES NEGATIVOS | EIU (Cambio neto) | | | | | | | |
| | Interacciones Sociales | -9.35 | | | | | | | |
| | olores y materiales flotantes | -4.50 | | | | | | | |
| | Cosechas | -4.20 | | | | | | | |
| | Uso de suelo | -4.20 | | | | | | | |
| | IMPACTOS MAYORES POSITIVOS | EIU (Cambio neto) | | | | | | | |
| | Presencia de agua | 1.50 | | | | | | | |
| | Plaguicidas | 0.80 | | | | | | | |

4.3. RESULTADOS DE AGUA RESIDUAL

Para la toma de muestras se usó el protocolo especificado para efluentes en aguas domesticas [22], el registro de ubicación del punto de monitoreo. Además, se usó el registro de datos de campo.

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

| | | | | |
|---|------------|----|-------------|---------------------|
| Nombre de la PTAR: | | | | |
| AFLUENTE | | | | |
| Denominación del punto de monitoreo: | | | | |
| Fecha | Hora | pH | Temperatura | Caudal afluente (*) |
| 01/05/2021 | 10:58 a.m. | - | 26.5°C | 14.73 l/s |
| Eventuales observaciones al punto de monitoreo: Cámara de rejas (rejas fuera de su ubicación) | | | | |
| Características del agua residual: agua gris con sólidos gruesos | | | | |
| EFLUENTE | | | | |
| Denominación del punto de monitoreo: | | | | |
| Fecha | Hora | pH | Temperatura | Caudal efluente (*) |
| 01/05/2021 | 12:39 P.m | - | 28.2°C | 4.70 l/s |
| Eventuales observaciones al punto de monitoreo: Vertido al cuerpo receptor quebrada La Alta | | | | |
| Características del agua residual: Agua verde clara. | | | | |

(*) Caudal de afluente y efluente en el momento del monitoreo

La Alta 01 de mayo del 2021
Ciudad de Salas

Figura 19. Ficha de registro

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

| | | | |
|--|----------|--------------------|----------------------|
| Número de EPS/Municipio: Municipalidad Distrital de Salas | | | |
| Número de PTAR: - | | | |
| Ubicación de PTAR: | | | |
| Localidad | Distrito | Provincia | Departamento |
| La Alta Alto | Salas | Lambayeque | Lambayeque |
| IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO | | | |
| AFLUENTE | | | |
| Denominación del punto de monitoreo (afluente): Cámara de rejas | | | |
| COORDENADAS U.T.M. (WGS84) | | | |
| Norte | Este | Zona UTM | Altitud |
| 9305744 | 0653335 | 17M | 151 msnm |
| CAUDAL DE OPERACIÓN (promedio diario) | | Método de medición | |
| 14.73 l/s | | | Sección verticalidad |
| EFLUENTE | | | |
| Denominación del punto de monitoreo (efluente): Quebrada La Alta | | | |
| COORDENADAS U.T.M. (WGS84) | | | |
| Norte | Este | Zona UTM | Altitud |
| 9305602 | 0653197 | 17M | 143 msnm |
| CAUDAL DE OPERACIÓN (promedio diario) | | Método de medición | |
| 4.70 l/s | | | Visualítico |
| Datos del GPS (marca, modelo, número de serie, precisión del equipo) | | | |
| GPS GARMIN GPSmap62S | | | |

Figura 20. Ficha de ubicación

Se emitió resultados finales como consta en el INFORME DE ENSAYO N° 172-052021, de fecha 10 de mayo del 2021.

INFORME DE ENSAYO N° 172-052021

| | | | |
|--|----------------------|------------------------|--------------------|
| Código de Laboratorio | | 169-042021-1 | 169-042021-2 |
| Código de Cliente | | Entrada PTAR | Salida PTAR |
| Item de Ensayo | | Agua Residual | Agua Residual |
| Fecha de Muestreo | | 27/04/2021 | 27/04/2021 |
| Hora de Muestreo | | 02:00:00 p.m. | 02:32:00 p.m. |
| ENSAYOS | | MICROBIOLÓGICOS | |
| Parámetro | Unidad | Resultados | Resultados |
| Coliformes fecales | NMP/100mL | 24x10 ⁶ | 54x10 ³ |
| ENSAYOS | | FISICOQUÍMICOS | |
| Parámetro | Unidad | Resultados | Resultados |
| pH ⁺ | Units pH | 7.30 | 9.37 |
| Sólidos Totales Suspendidos (TSS) | mg/L | 96.7 | 110.7 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)** | mg O ₂ /L | 289.2 | 375.5 |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO)** | mg O ₂ /L | 649.6 | 718.4 |
| Aceites y Grasas** | mg HEM/L | 12.9 | 14.2 |

Nota: ver informe de ensayo en anexo 6.

Figura 21. Informe de ensayo N°172-052021

Fuente: Laboratorio L&M ciudad de Trujillo

Además, la temperatura realizada en la zona de estudio con el instrumento llamado Termohigrómetro

Tabla 15. Datos de temperatura de agua residual

| HORA | PUNTO DE MUESTREO | TEMPERATURA | |
|------------|-------------------|-------------|---------------|
| | | AR (°c) | AMBIENTE (°c) |
| 10:55 a.m. | Afluente | 25.9 | 37.7 |
| 10:58 a.m. | Afluente | 26.5 | 36.6 |
| 11:40 a.m. | Afluente | 28.4 | 38.1 |
| 12:27 p.m. | Efluente | 26.9 | 34.3 |
| 12:30 p.m. | Efluente | 26.4 | 33.9 |
| 12:38 p.m. | Efluente | 27.7 | 32.8 |
| 12:39 p.m. | Efluente | 28.2 | 32.8 |

4.4. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL

Según el D.S. N° 003-2010-MINAM, que establece los LMP y verificando en un cuadro comparativo con los resultados de nuestros efluentes obtenidos en el laboratorio L&M se muestra lo siguiente:

Tabla 16. Evaluación de los parámetros y verificación de los LMPs

| PARAMETRO | UNIDAD | RESULTADOS EFLUENTE | LMP | CONDICIÓN |
|-------------------------------|------------|---------------------|-----------|------------|
| Aceites y grasas | mg/l | 14.2 | 20 | CUMPLIÓ |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100 mL | 54x10 ³ | 10,000 | NO CUMPLIÓ |
| DBO | mg/l | 375.5 | 100 | NO CUMPLIÓ |
| DQO | mg/l | 718.4 | 200 | NO CUMPLIÓ |
| pH | unidad | 9.37 | 6.5 – 8.5 | NO CUMPLIÓ |
| Sólidos Totales en Suspensión | mg/l | 110.7 | 150 | CUMPLIÓ |
| Temperatura | °C | 28.2 | <35 | CUMPLIÓ |

4.5. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

La propuesta de alternativa de solución se ha determinado en base de la caracterización y operatividad de la planta y a los resultados de laboratorio, análisis de la eficiencia y el vertido hacia el cuerpo receptor. Acorde a los resultados obtenidos en el respectivo PTAR de la ciudad de Salas, se recomienda que siga manteniendo las características y estructuras existentes, implementando una cámara de rejillas, un desarenador y medidor Parshall incluyendo realizar la desinfección con cloro en una cámara de contacto de clarificador para alcanzar el LMP para coliformes fecales, además necesario realizar la remoción de lodos para lagunas de estabilización para aumentar el período de detención hidráulica en las lagunas primarias facultativas.

4.6. BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO

Según RNE OS.090 [23] indica que las bases y criterios de diseño se rigen en guías de ingeniería que especifican objetivos, resultados o límites que deben cumplirse en el diseño de un proceso, estructura o componente de un sistema, se encuentran a nivel nacional y extranjero.

4.6.1. CRITERIOS DE DISEÑO

4.6.1.1. PRETRATAMIENTO

Cribas

Según RNE norma OS.090 [23] las cribas deben utilizarse en toda PTAR, aún en las más simples. Se diseñarán preferentemente cribas de limpieza manual, salvo que la cantidad de material cribado justifique la limpieza mecanizada. Reafirma, Stewart M. Oakley [26] que se debe diseñar cribas para todo sistema de lagunas. Asimismo, resume los parámetros de diseño para rejillas manuales, ver anexo 7.1.

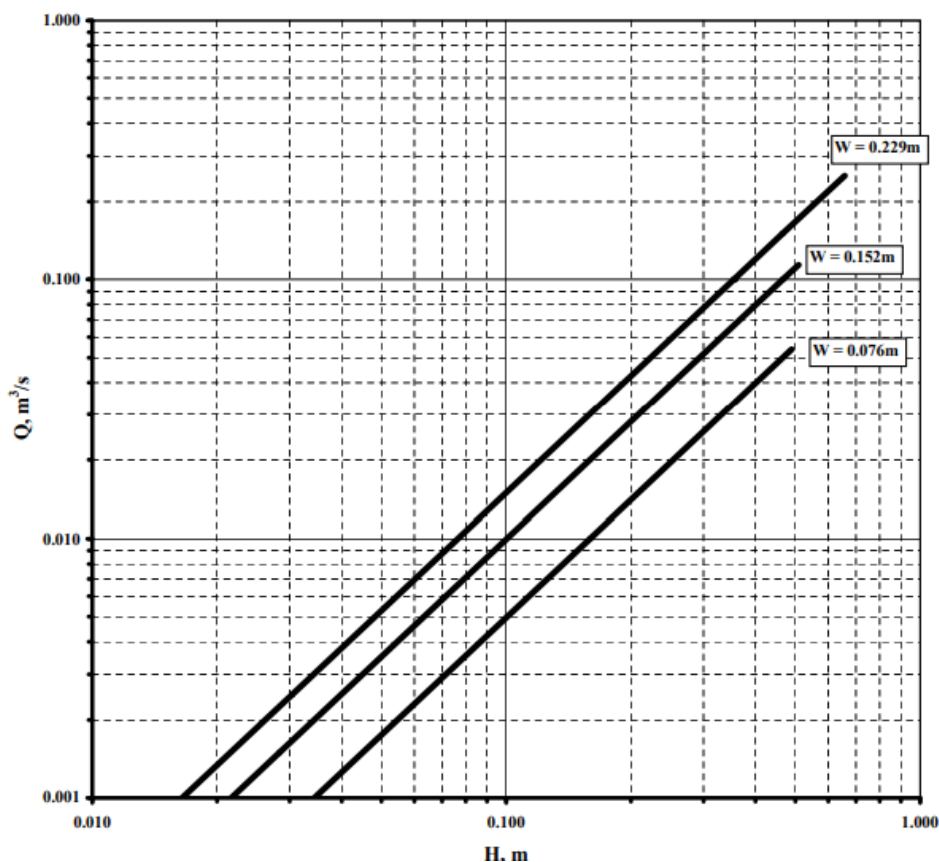
Desarenadores

Según RNE norma OS.090 [23] la inclusión de desarenadores es obligatoria en las plantas que tienen sedimentadores y digestores. Para sistemas de lagunas de estabilización el uso de desarenadores es opcional.

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. Según Stewart M. Oakley [26], se debe diseñar desarenadores en todo sistema de lagunas. Asimismo, resume parámetros de diseño para desarenadores horizontales, ver anexo 7.2.

Medidor de caudal

Se indica rangos de caudales para Canaletas Parshall.



Nota: ver anexo 7.2.

Figura 22. Caudal y tirante en función del ancho de garganta

Fuente: Stewart M. Oakley [26]

4.6.1.2. TRATAMIENTO SECUNDARIO

4.6.1.2.1. LAGUNAS FACULTATIVAS

Según RNE norma OS.090 [23] para lagunas facultativas se describe lo siguiente:

- En donde no exista ningún dato se usará la temperatura promedio del aire del mes más frío.
- El coeficiente de mortalidad bacteriana (neto) será adoptado entre el intervalo de 0,6 a 1,0 (1/d) para 20°C.

La carga de diseño para lagunas facultativas se determina:

$$C_d = 250 \times 1,05^{T-20}$$

En donde: C_d es la carga superficial de diseño en kg DBO / (ha.d) T es la temperatura del agua promedio del mes más frío en °C.

[23] Para evitar el crecimiento de plantas acuáticas con raíces en el fondo, la profundidad de las lagunas debe ser mayor de 1.5 m. Para el diseño de una laguna facultativa primaria, el proyectista deberá proveer una altura adicional para la masa de lodos entre períodos de limpieza de 5 a 10 años.

[23] Para lagunas facultativas primarias se debe determinar el volumen de lodo acumulado teniendo en cuenta un 80% de remoción de sólidos en suspensión en el efluente, con una reducción de 50% de sólidos volátiles por digestión anaeróbica, una densidad del lodo de 1.05 kg/l y un contenido de sólidos de 15% a 20% al peso. Con estos datos se debe determinar la frecuencia de remoción del lodo en la instalación, ver anexo 4.4.

Diseño de lagunas para remoción de organismos patógenos

El coeficiente de mortalidad neto puede ser corregido con la siguiente relación de dependencia de la temperatura.

$$K_T = K_{20} \times 1,05^{(T - 20)}$$

En donde:

K_T es el coeficiente de mortalidad neto a la temperatura del agua T promedio del mes más frío, en °C

K_{20} es el coeficiente de mortalidad neto a 20 °C.

4.6.1.3. DESINFECCIÓN

Según RNE norma OS.090 [23] indica que solamente en el caso que el cuerpo receptor demande una alta calidad bacteriológica, se considerará la desinfección de efluentes secundarios o terciarios, en forma intermitente o continua.

[8] La desinfección con cloro sigue siendo la forma más usual de desinfección de los líquidos residuales debido a su bajo historial de costo y del largo plazo de la eficacia. [23].

Tabla 17. Los criterios para Desinfección

| Características | Valor o Rango |
|---------------------------------|------------------------------|
| Tipo de desinfectante | Cloro gas |
| Caudal de diseño | Caudal máximo horario |
| Punto de aplicación | Ingreso a cámara de contacto |
| Dosificación de cloro | 6 a 8ppm |
| período de detención hidráulica | 15min (para Q_{maxh}) |

Fuente: Tesis Cajamarca Ever Ivan Alvites Rodriguez, 2018

4.6.1.4. DESCARGA A LA QUEBRADA

El desecho residual tratada se descarga a la quebrada la Alita, el flujo se dispersa por una trocha por donde transita la población de la Alita Alta hasta llegar al río Salas, el cual el agua residual tiene que cumplir que estable el DS N° 003-2010-MINAM y DS N° 004-2017-MINAM de LMP y ECA respectivamente.

4.7. DESCRIPCIÓN DEL TREN DE PROCESO DE PTAR

A lo descrito anteriormente, la PTAR se integrará por:

- Tratamiento Preliminar: cribado, desarenador canal parshall
- Tratamiento secundario, lagunas de estabilización conformado por: 02 lagunas primarias facultativas y 02 lagunas secundarias facultativas
- Desinfección
- Descarga a la quebrada

4.7.1. DESCRIPCIÓN DEL PRETRATAMIENTO

Asimismo, Stewart M. Oakley [26] el pretratamiento sirve para lo siguiente:

- Remover los sólidos grandes que flotan o están suspendidos. Consisten principalmente en: harapos, plásticos, tela, papel, y otros desechos sólidos que pueden entrar al alcantarillado.
- Remover los sólidos inorgánicos pesados, los que se llaman sólidos arenosos, que se han venido en el encuentro del alcantarillado.

[27] Es esencial el tratamiento preliminar que por cuanto una deficiencia en la selección de los procesos puede conllevar a la inoperatividad de la PTAR.

[26] Tanto los sólidos flotantes como gruesos pueden causar perjuicios en el funcionamiento de los estanques.

[26] Las arenas pueden colmar la entrada de los reactores primarios donde impiden la mezcla del afluente con el contenido del reactor, provocan erosión en el revestimiento y en los taludes internos, además se presentan inconvenientes de cortocircuitos hidráulicos, olores fétidos, e inspección ocular desagradable. También, las arenas pueden contribuir significadamente a la masa de lodos que llena una laguna primaria, y por ende la laguna necesitará limpieza con más frecuencia. Y lo más adecuado de remover las arenas y sólidos gruesos es por medio de criba y desarenador horizontal, y el canal Parshall para controlar el tirante de agua y caudal.

Rejas

[27] Las rejillas, normalmente son de barras paralelas. Técnica más prevalecida para remover materiales gruesos presentes en el agua residual y la [23] Norma OS.090 especifica la distancia entre barras de 20 y 50 mm

Desarenador

El Objetivo es eliminar partículas de diámetro no menor a 0.2 mm [23],y el retiro de la arena en desarenadores de flujo horizontal se realiza generalmente por un sistema de rastras [28].

Canal Parshall

[27] La medición de tirantes y caudales de agua residual en la entrada y salida es totalmente necesaria para el control los procesos y operaciones en una PTAR.

4.7.2. TRATAMIENTO SECUNDARIO

4.7.2.1. LAGUNAS FACULTATIVAS

[26] Se requiere que el diseño se realice en dos baterías de lagunas facultativas en paralelo, [23] para realizar el mantenimiento de una de las unidades de limpieza, y para la adecuada eliminación principalmente de la Escherichia coli y tener un mínimo de 10 días de TRH en [23] una de las unidades en serie.

4.7.3. DESINFECCIÓN

[27] Cuando se requiere de un control de microorganismos patógenos, medidos como NMP/100mL de BColi, es necesaria la desinfección.

[8] El propósito de la desinfección en la PTAR es reducir substancialmente el número de organismos vivos en el agua que se descargará al medio ambiente. La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua que es tratada (por ejemplo: turbiedad, pH, etc.), del tipo de desinfección que es utilizada, de la dosis de desinfectante (concentración y tiempo), y de otras variables ambientales.

Se seleccionó el método de desinfección con cloro por:

- Su obtención es fácil.
- Costo solicitado más bajo.
- Largo período de almacenamiento y es apropiado para un sistema de respaldo.

Los siguientes rendimientos que se obtienen:

- Eliminación Coliformes: 99.9 %
- Eliminación de SS: 30 %
- Eliminación DBO5 y DQO: 30 %

4.7.4. DISPOSICIÓN DEL EFLUENTE: DESCARGA A LA QUEBRADA

[29] Según ANA afirma que tratar el agua residual es necesario y obligatorio para reducir la contaminación de las nacientes de agua y velar la salud de la población. Es imprescindible tratar esta agua residual antes de verterla de nuevo a la naturaleza, debido a su poder contaminante.

4.8. GUÍA PARA LA MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA LAGUNA

4.8.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de una PTAR es purificar el agua residual hasta alcanzar niveles máximos y proporcionar una adecuada integración de la misma con el entorno, y obtener los mejores rendimientos y eficiencias posibles.

[26] La rutina en la operación y mantenimiento para PTAR son definitivos para el lograr la buena marcha de esta. Su simplicidad de funcionamiento es ventajosa, no significa que se deba abandonar. Cualquier tecnología, que sea compleja o simple, fracasará sin la operación y mantenimiento respectivos.

[26] Para evitar un fracaso en la PTAR, lo mínimo que se requiere es: un personal cualificado en lo que demanda su función.

4.8.2. OPERACIÓN FUNDAMENTAL

Medición de caudales. Tiene una importancia decisiva para evaluar el funcionamiento de los reactores. Es primordial tener un inventario de los caudales para determinar las cargas hidráulicas y orgánicas, el período de detención hidráulica, y como evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento y su capacidad de operación. El operador debe registrar los caudales diariamente para tener un inventario de caudales y anticipar problemas.

Control de tirantes de agua. Cada tipo de lagunas está diseñado para tener un tirante fijo de agua. Controlar los tirantes es responsabilidad del operador

Medición de la Profundidad de Lodos. [26] Según Stewart M. Oakley afirma que, en estudios realizados por Mara, 1992, la única forma de verificar los cálculos de masa de lodos es realizar mediciones los estanques facultativos al menos una vez por año. Con una vara o guayaquil que permita introducirla en los reactores, adosando en una parte de la vara una tela de color blanco para visualizar la estimación del tirante de lodo.

4.8.3. MANTENIMIENTO HABITUAL

[26] Según Stewart M. Oakley si no se adecua el mantenimiento diariamente, en poco tiempo la PTAR se perjudicará, con consecuencias no previstas para el proyecto y debe ser el objetivo fundamental del operador, por ende, debe ser consciente de que su trabajo es muy importante para el funcionamiento adecuado del sistema. El mantenimiento del cribado y desarenador, la inspección ocular y el aspecto olfativo son importantes para poder determinar algún indicio de falla en la PTAR, verificar los caminos y cercos.

Los implementos y herramientas de Mantenimiento. Según lo referenciado por Stewart M. Oakley [26] presenta un inventario de equipos y herramientas básicas para el operador, ver anexo 8.1.

4.8.4. REGISTROS DE INFORMES DE CAMPO Y DE OPERACIÓN

[26] En el Anexo 8.2 y el anexo 8.3 se muestra modelos de fichas para el llenado de datos.

4.8.5. EL MONITOREO Y CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO

Control de Muestreo y Pruebas de Laboratorio. Referenciarse al Protocolo de Monitoreo para PTAR [22].

Interpretación de los Resultados. Es muy importante que los encargados las capacidades técnicas para evaluación de los resultados dando hincapié al cumplimiento LMP y ECA dado por D.S. N° 003-2010-MINAM [20] y el D.S. N° 004-2017-MINAM [21] respectivamente.

4.8.6. REMOCIÓN DE LODOS

Según RNE norma OS.090 [23] para la remoción de lodos de las lagunas primarias, se procederá al drenaje mediante el uso de sifones u otro dispositivo. Las lagunas deberán drenarse hasta alcanzar un nivel que permita la exposición del lodo al ambiente. La operación de secado debe efectuarse en la estación seca, y sobrecargando el líquido residual al reactor en paralelo. El lodo del fondo debe dejarse secar a la intemperie. El mecanismo de secado es exclusivamente por evaporación y su duración depende de las condiciones ambientales, principalmente de la temperatura.

El lodo seco puede ser removido en forma manual o con la ayuda de equipo mecánico.

El lodo seco almacenarse apilándose no más de 2 m por un tiempo no menos de 6 meses, previo a su uso en suelos para mejorar su calidad. Si no se usa, llevar a un relleno sanitario.

[26] Se recomienda que para la remoción del reactor se desvíe el afluente a otra laguna en paralelo. Después de vaciar el estanque, se seca los lodos por un período entre uno y dos meses.

La extracción de lodos con equipo mecánico no debe tomar más de una semana. Los fangos removidos serán almacenados en un sitio que no ponga en riesgo a la población y al medio ambiente y al menos, por un período de un año para destruir los huevos helmintos. Después de haberse removido los fangos, se llena el estanque vacío para recuperar la capacidad de tratamiento.

4.8.7. PERSONAL REQUERIDO

[26] Dados las investigaciones por Cubillos, 1994 y del INAA, 1996 recomienda contratar a un operador y un vigilante a tiempo completo por cada PTAR hasta un área total de 8 hectáreas asimismo un ingeniero supervisor de tiempo parcial, ver anexo 8.4.

4.8.8. MEDIDAS DE SEGURIDAD E HIGIENE PARA OPERADORES

[26] La OMS regula medidas para operadores de PTAR, además es fundamental que tengan capacitaciones en riesgos para la salud del trabajador, ver anexo 8.5

4.8.9. PROBLEMAS OPERATIVOS Y SU SOLUCIÓN

En anexo 8.6. se muestra las respectivas orientaciones.

4.9. MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN SOFTWARE IBER

[30] Para el análisis de este proyecto se utilizó el software Iber en v 2.5.2. Software libre y de acceso gratuito encontrado en Iberaula, el cual se realiza una simulación hidráulica y la calidad de agua teniendo como parámetro la DBOC Demanda Bioquímica Carbonácea. [31] El software Iber resuelve ecuaciones Navier Stokes en dos dimensiones y para resolverlas emplea el procedimiento de los volúmenes finitos. Y tiene los siguientes procesos: preproceso, proceso y el postproceso.

4.9.1. PREPROCESO

Geometría

Para el preproceso se ha visto conveniente generar la geometría en civil 3d con las medidas obtenidas en el lugar de estudio en el cual es compatible en IBER 2.5.2. en formato dxf. Se realiza un colapso del modelo para evitar puntos y líneas se repliquen. Luego se generó las superficies, siempre que los contornos estén cerrados adecuadamente.

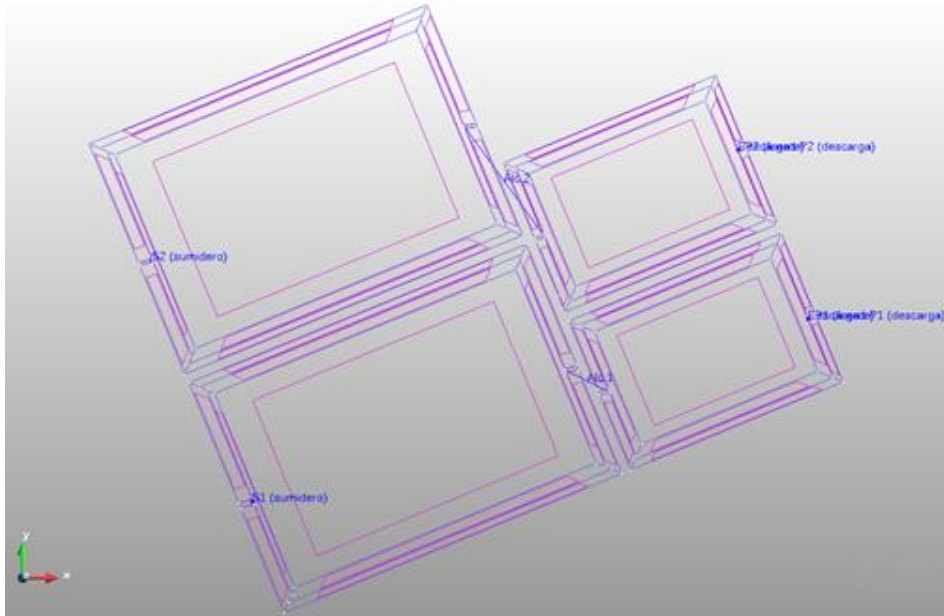


Figura 23. Geometría importada del civil 3d al IBER con sus respectivas áreas

Asignación de condiciones contornos e iniciales

Se asignó valores en condiciones de contorno según resultados obtenidos en la zona de estudio, caudal de laguna primaria 1 y laguna primaria 2 de 6.96 l/s y 7.47 l/s respectivamente y como el de laboratorio para la DBO de 289.2 mg/l para analizar cómo es la dispersión de contaminantes en los puntos de descarga en las entradas de las lagunas primarias.

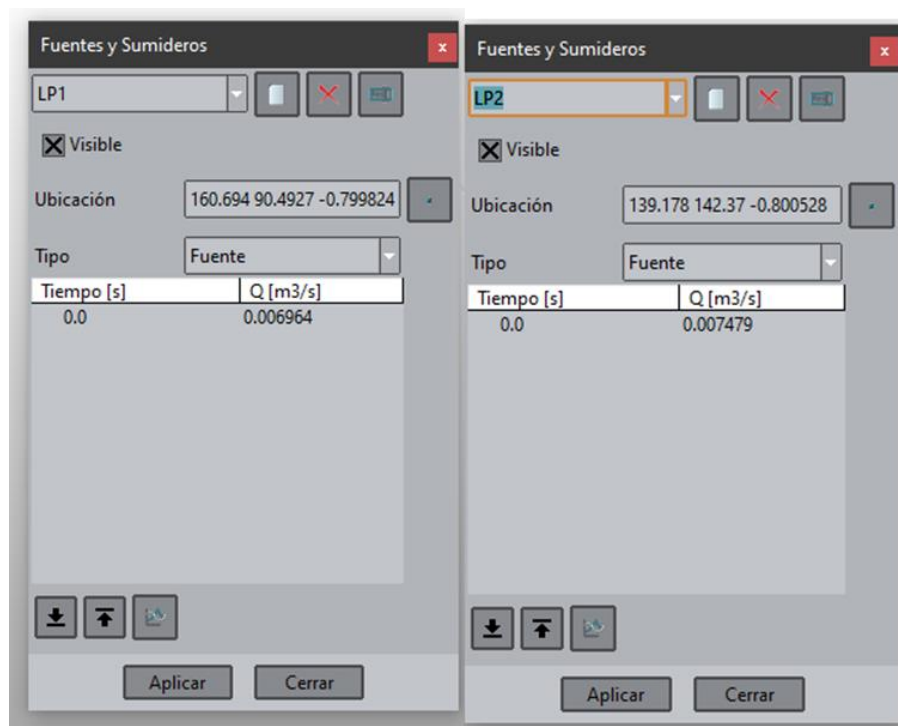


Figura 24. Condición de entrada para lagunas primarias

Fuente: Software IBER v2.5.2

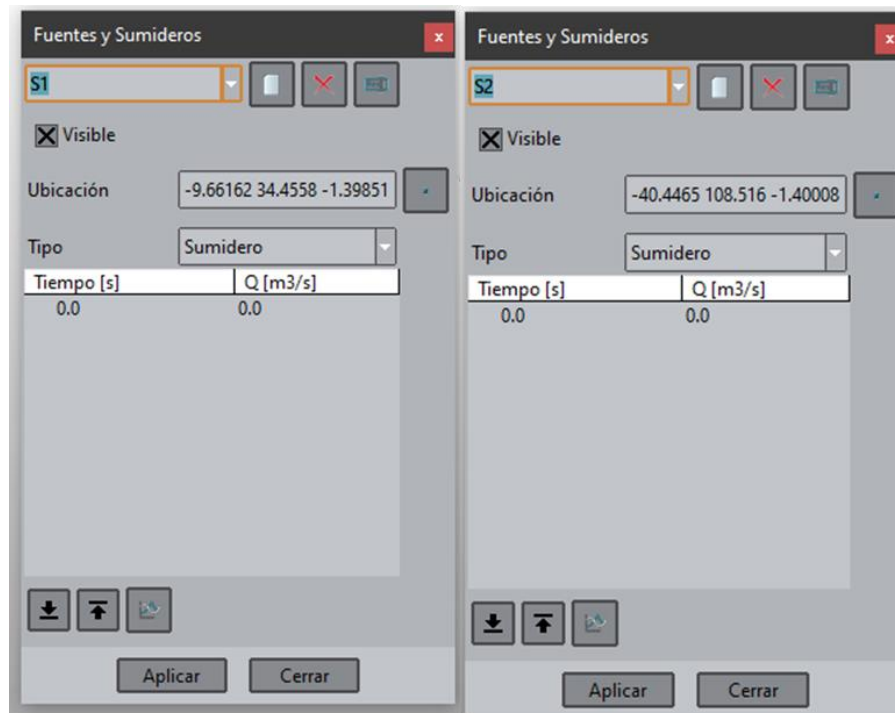


Figura 25. Condición de salida para lagunas secundarias

Fuente: Software IBER v2.5.2

Asignación de parámetros de rugosidad y calidad de agua

Se agregó valores de rugosidad dados por el mismo programa de arena/arcilla de $n=0.023$ y concreto(hormigón) de $n=0.018$. Para el caso de la calidad de agua se indicó el parámetro correspondiente.

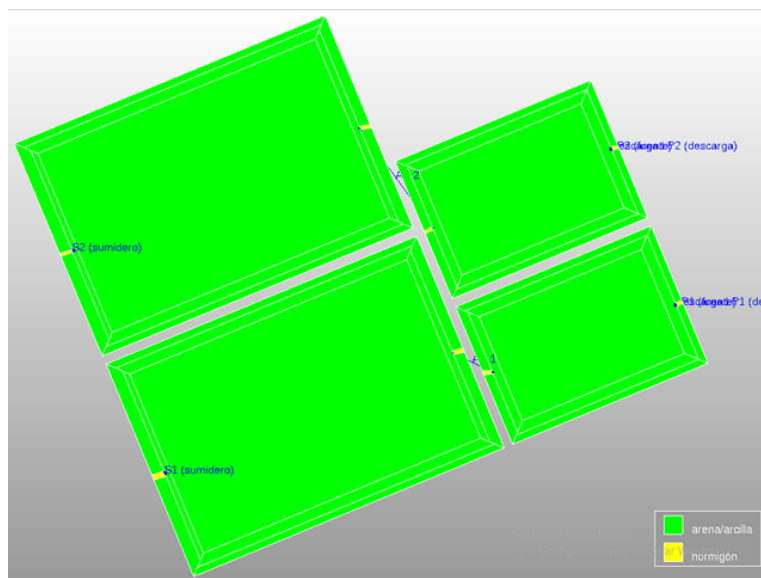


Figura 26. Rugosidad para las lagunas facultativas

Fuente: Software IBER v2.5.2

Generación de malla

Para la generación de la malla se ha realizado la repartición cada 1m, el cual se ha previsto de que converjan en las zonas que tienen inclinación. Desde luego se puede analizar la calidad de malla que se está generando.

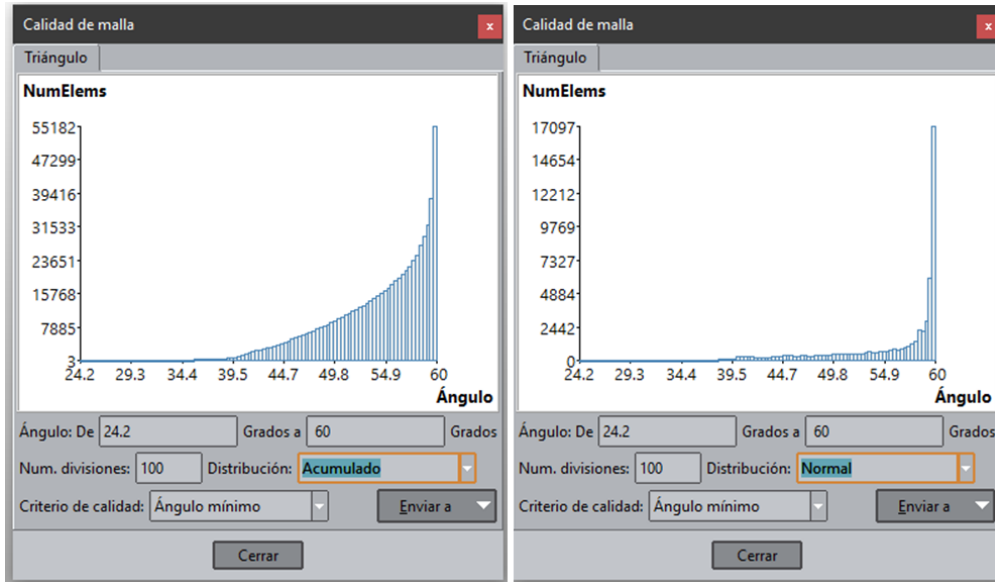


Figura 27. Ángulo mínimo para calidad de malla

Fuente: Software IBER v2.5.2.

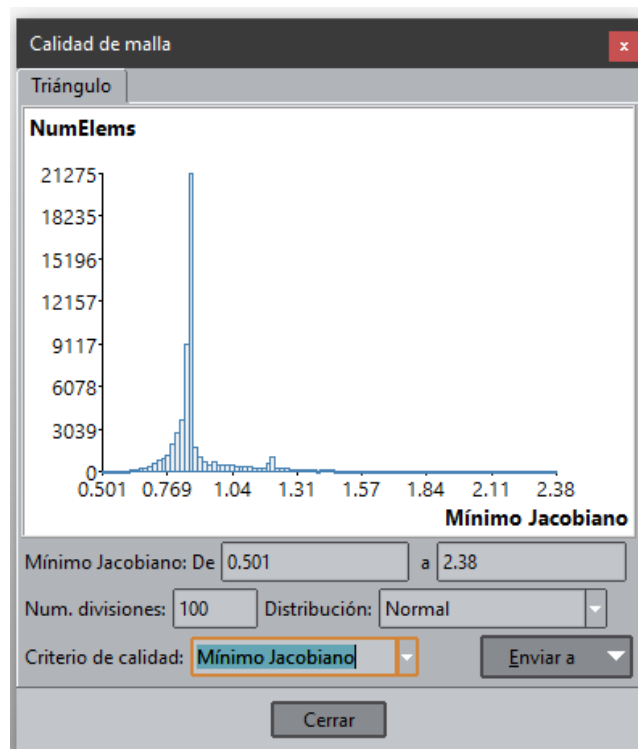


Figura 28. Mínimo Jacobiano para calidad de malla

Fuente: Software IBER v2.5.2

4.9.2. PROCESO

Para el cálculo se ha indicado en datos de problemas el tiempo de simulación de 200000 segundos y los pasos que transcurre cada 800 segundos. Además de la activación de las ventanas de general, resultados y calidad de agua.

4.9.3. POSTPROCESO

Se analiza los resultados encontrados en la simulación respectiva. Se refleja el flujo de dispersión a una velocidad de 0.02 a 0.05 m/s y teniendo zonas muertas en las esquinas de los reactores.

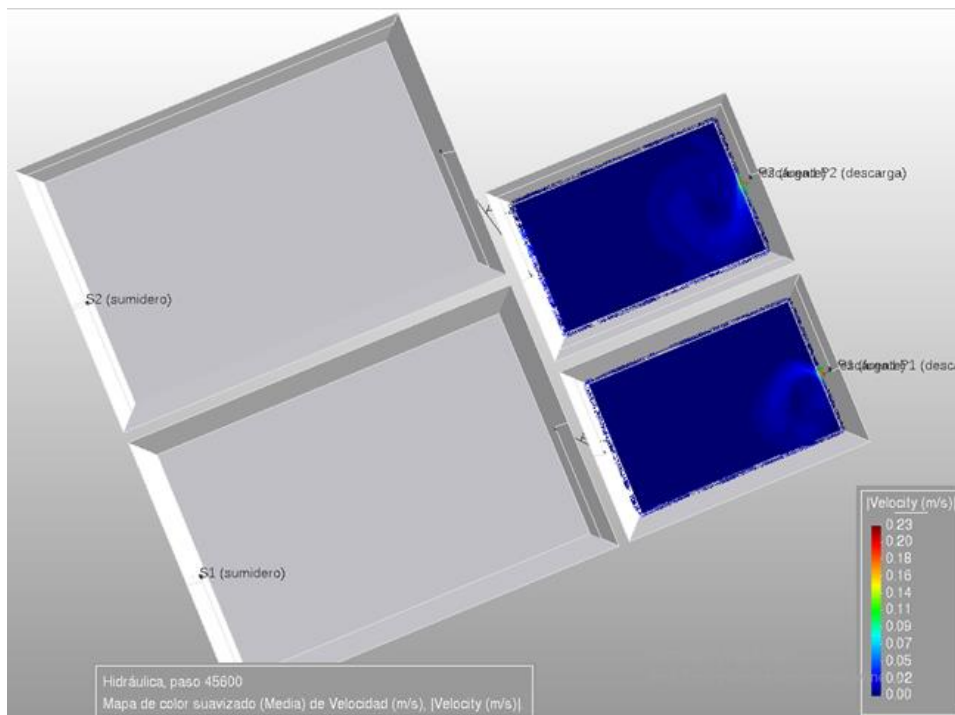


Figura 29. Velocidad del agua residual con diferentes variaciones

Fuente: Software IBER v2.5.2

Cuando ingresa el caudal hacia los reactores, imagen izquierda está en el paso 800 segundos, fluye a una velocidad de ingreso de 0.5 m/s en promedio, y mientras se va dispersando el caudal hacia el interior lleva una velocidad de 0.06 m/s. En la imagen derecha, se observa en el paso 108800 segundos, la velocidad se mantiene en 0.02 a 0.05 m/s

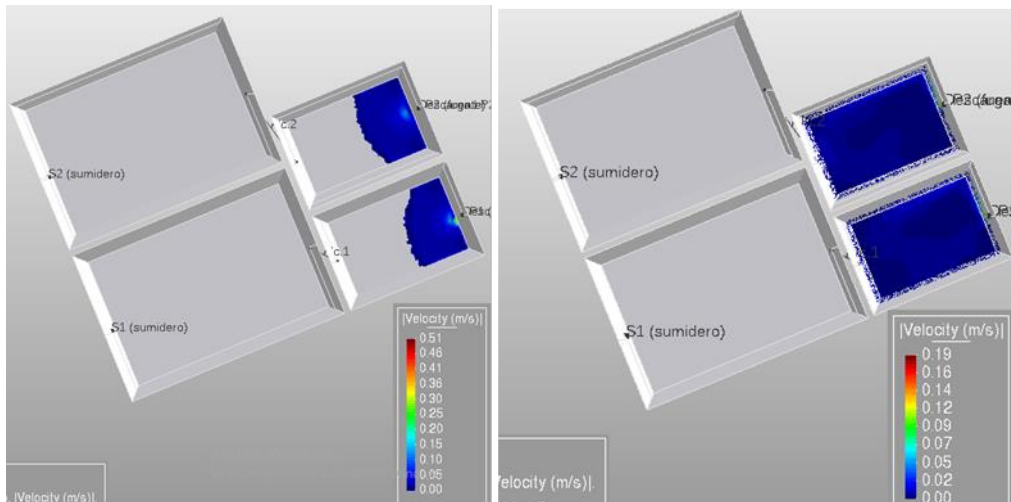


Figura 30. Paso 800 segundos y 108800 segundos, velocidad del líquido residual

Fuente: Software IBER v2.5.2

Se hace una interpretación en la simulación de la DBOC, parámetro de calidad de agua. En la imagen izquierda se visualiza, paso de 28000 segundos, una dispersión de la materia orgánica que ingresa en función a la velocidad prevista y en la imagen derecha, paso 151200 segundos, se observa en las esquinas más concentración de materia orgánica dando una estimación de las zonas muertas.

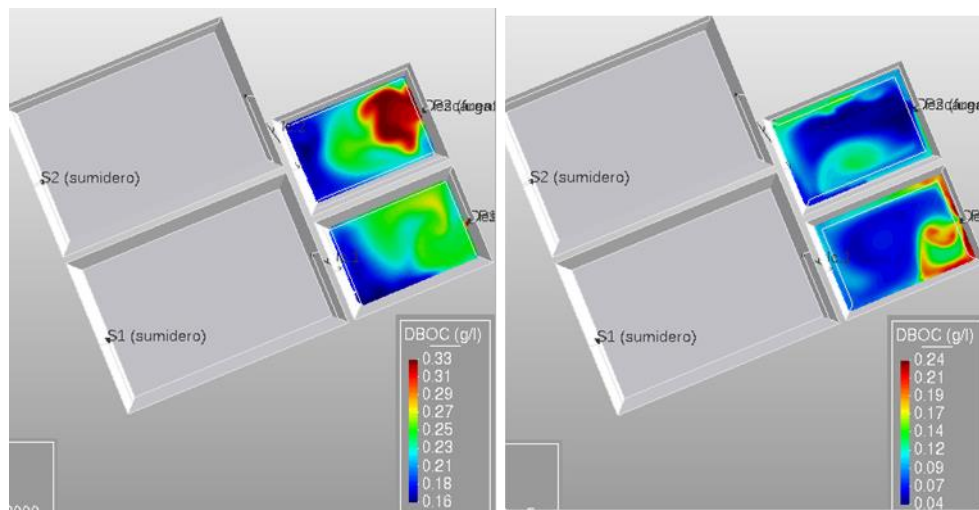


Figura 31. Paso 28000 segundos y 151200 segundos, DBOC.

Fuente: Software IBER v2.5.2

Se muestra el parámetro de la DBOC el cual muestra una dispersión de contaminantes muy variado, desde que ingresa hasta el punto de llegada.

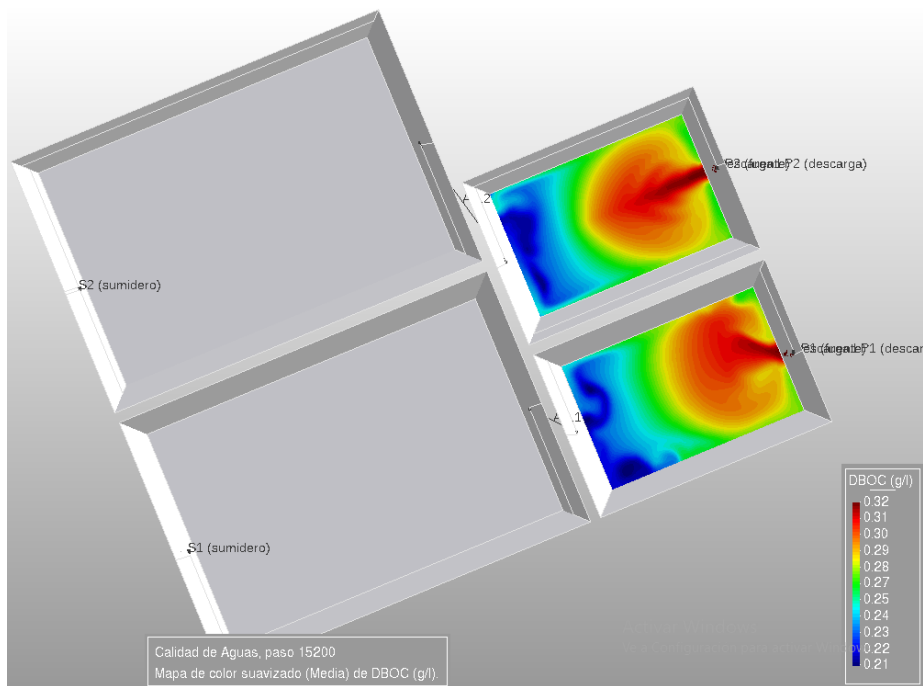


Figura 32. Calidad de agua, evaluado con el DBOC

Fuente: Software IBER v2.5.2

Se visualiza con el análisis de topografía, el cual todas las lagunas presentan el mismo tirante en el que se encuentran construidas actualmente.

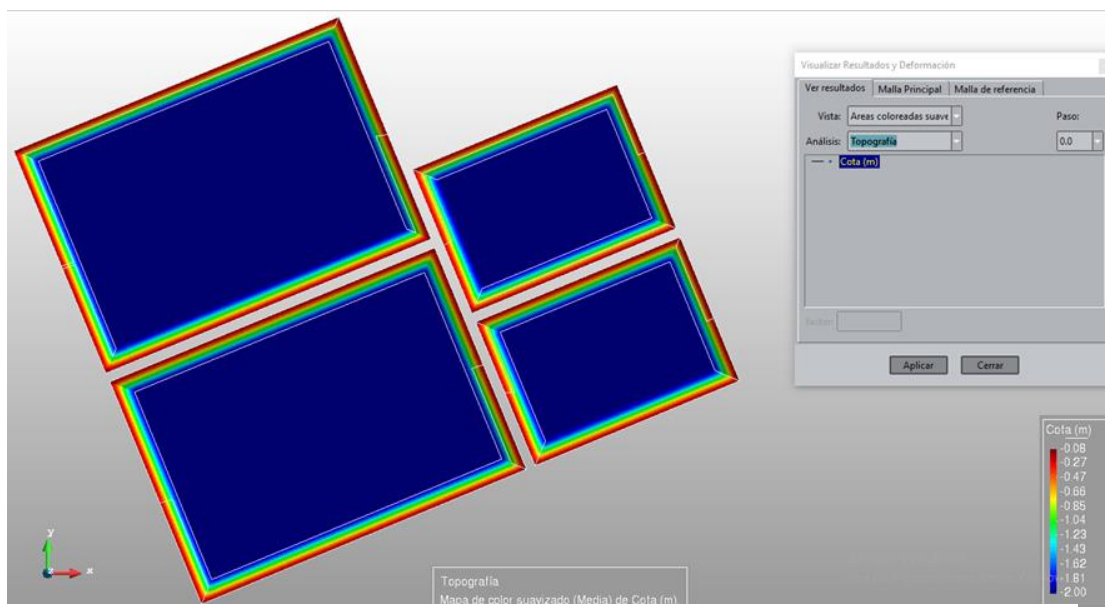


Figura 33. La topografía visualizada en IBER

Fuente: Software IBER v2.5.2

V. DISCUSIÓN

5.1. CARACTERIZACIÓN DE LA PTAR

Para la caracterización de la PTAR Salas, se ha analizado que no cuenta con lo necesario en el tratamiento preliminar consecuentemente no realiza bien su operación. Lo que relata según Stewart M. Oakley [26] indica lo siguiente:

- Remover los sólidos gruesos que flotan o están suspendidos. Estos sólidos gruesos consisten principalmente de papel, plásticos, harapos y tela, y otros desechos sólidos que pueden entrar al alcantarillado.
- Remover los sólidos inorgánicos pesados, los que se llaman sólidos arenosos, que han entrado al alcantarillado.

El cual hacia las lagunas primarias está ingresando todo lo que llega, [26] sólidos flotantes y gruesos que están causando graves problemas en la operación de las lagunas: conllevando a la formación de nata dando lugar a malos olores, foco para la reproducción de insectos, y condiciones no agradables a la inspección ocular.. Desde luego, [26] las arenas están ingresando a las la lagunas primarias, donde se impide la mezcla del afluyente con el contenido del reactor, el cual está generando erosiones en las geomembranas, y causando complicaciones de estancamientos hidráulicos. También, las arenas están contribuyendo significativamente a la masa de lodos que llena las lagunas primarias, y como resultado están necesitando en urgencia mantenimiento.

Al tener este primer tratamiento en deficiencia, se ha evaluado el volumen de lodos de las lagunas el cual se determina que ya está sobrepasando más del 50% de fangos, reafirmando lo mencionado anteriormente, el cual se expresa que necesita una remoción de fangos para las lagunas primarias.

Además, se ha analizado los caudales de ingreso de cada laguna y con el volumen de lodo y se realiza una crítica de que los periodos de retención hidráulica han disminuido por el exceso de fangos, presenciado en las lagunas primarias.

Se ha efectuado el análisis de la población de diseño de la ciudad de Salas, teniendo como datos principales el año en que fue diseñado (año base de 2007 con dato de población de INEI hasta 2027), construida en 2015 teniendo en promedio de 7 años de funcionamiento. Se expresa que realizando el cálculo de la población futura del promedio de los 4 métodos (interés compuesto, interés simple, la parábola e incrementos variables) resulta una población mayor a lo establecido de 5979 habitantes. Asimismo, refutando las dimensiones de las lagunas facultativas se critica que no fueron consideradas las alturas para el volumen de lodos y además las dimensiones de

coronación están sobredimensionadas, dando lugar a mayor periodo de detención hidráulica y mayor área. Según [13] Metcalf & Eddy indica que para lagunas facultativas su periodo de retención hidráulica está en el rango de 5 a 30 día. Además, reafirma [23] el RNE OS.090 que si se tiene varias unidades en serie, mínimo una de ellas se requiere un período de detención nominal de 10 días para la adecuada remoción de nematodo intestinales.

5.2. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Para la evaluación de impactos ambientales, se tiene la matriz de Leopold y Batelle-Columbus.

5.2.1. MÉTODO DE LEOPOLD

Se identificaron que los factores más impactados por las acciones que se han realizado en la fase de operación y mantenimiento de la PTAR fueron:

Los factores más impactados son (Fragilidad):

El factor que más impacto tiene es procesos sociopolíticos en 2 sub-factores que son: afectación a la salud pública y calidad de vida. Luego, aire en un sub-factor emisión de gases; y seguido de suelo con un sub-factor cambios en las condiciones físicos químicos del suelo y asimismo, flora por el sub-factor cultivos.

Las acciones que más han impactado son (Agresividad):

Generación de charcos aguas residuales aguas abajo, en trocha carrozable; limpieza y mantenimiento preventivo y correctivo del sistema; y regadío de plantas alimenticias con agua residual: plátanos, maíz, lenteja.

5.2.2. MÉTODO DE BATELLE COLUMBUS

En el método de Batelle Columbus se han identificado 33 parámetros para la evaluación de impactos de la PTAR de la ciudad de Salas.

Los impactos negativos, más significativos, evaluados con el método de Batelle-Columbus son: en categoría aspectos de interés humano, el parámetro de interacciones sociales; con cambio neto de -9.35. En la categoría de aspectos estéticos; el parámetro olores y materiales flotantes con cambio neto de -4.50. En la categoría ecología, el parámetro cosechas con cambio neto de -4.20; y la categoría contaminación ambiental, con el parámetro uso del suelo con cambio neto de -4.20.

Los impactos positivos, en la categoría de aspectos estéticos, en el parámetro presencia, resulta un cambio neto de 1.50. En la categoría contaminación ambiental, el parámetro plaguicida, su cambio neto es 0.80.

Realizando una comparación entre ambos métodos se llega a la conclusión que tanto la matriz de Leopold y Batelle-Columbus, presentan resultados similares; en el cual se relacionan entre sí; por ejemplo, en procesos sociopolíticos en 2 sub-factores que son: afectación a la salud pública y calidad de vida; siendo similar aspectos de interés humano, el parámetro de interacciones sociales.

5.3. REALIZACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

Los resultados obtenidos por el laboratorio L&M son fehacientes y no determino discusión ante ello. Para el monitoreo se rigió al Protocolo de la Oficina de Medio Ambiente [22] .

5.4. EVALUACIÓN DE LOS LMP

Ante todo, aclarar algunas observaciones dadas por SUNASS, citado por Valdez Castañeda [10]: da una observación de la unidad de los sólidos totales en suspensión de “la unidad es probablemente incorrecta. Sería preferible la unidad mg/l”.

ACEITES Y GRASAS: CONAGUA afirma que [17] ,las lagunas de estabilización se utilizan para remover coliformes termotolerantes y DBO, asimismo se recomienda evaluar la eficiencia de grasas y aceites. Hay que tener en cuenta que el DS N° 003-2010-MINAM indica que aceites y grasas como máximo es 20 mg/l, teniendo como resultado 14.2 mg/l. encontrándose dentro del rango establecido.

COLIFORMES FECALES: Según SENASBA (Bolivia) [17], los Coliformes fecales son bacterias que indican la contaminación fecal del agua. [13] Estos organismos han sido empleados como indicador de la contaminación humana. Valor obtenido de $54 \cdot 10^3$ NMP/100ml no cumple con el LMP. En comparación con el LMP se encuentra quintuplicado al 10,000 NMP/100ml.

DBO: Según Orozco [27] es la unión de todos los compuestos biodegradables que pueden ir en un deshecho residual. Además, Metcalf & Eddy [13] que para la fiabilidad de los resultados obtenidos, es común, de 5 días a 20 °C, es decir 5 días dura el ensayo de la DBO en llega a oxidar entre el 60 a 70%. Debido que su duración en teoría es infinita y demora 20 días para completar la oxidación en 95 % hasta 99 % de la materia carbonosa. Se asume la temperatura de 20 °C en promedio para climas templados.

DQO: Según Metcalf & Eddy [13] para desechos domésticas, la razón DBO5/DQO se encuentra de 0.4 a 0.8. En comparación a ello, los resultados obtenidos en el afluente de DBO5/DQO es $(289 \text{ mg/l}) / (649.6 \text{ mg/l})$ se obtiene un cociente de 0.45. El valor de DQO

siempre debe ser mayor que la de DBO5, pues no toda la materia oxidable químicamente es biooxidable.

pH: resultado obtenido de 9.37 unidad el cual está sobrepasando al LMP de 6.5 a 8. Se analiza que el agua residual tiene alcalinidad.

[32] Según Rolim, menciona que cuando el color de laguna se presenta verde oscuro, el valor del pH probablemente será alcalino. Si el color fuera verde amarillo o pálido, indica con certeza que se ha iniciado el proceso de acidificación. Además, para valores de pH por encima de 9, ocurre una reducción o mortandad de las bacterias entéricas de la especie *Escherichia coli*.

SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN: Parámetro según DS N° 003-2010-MINAM cumple con el LMP en 110.7 mg/l a 150 mg/l.

TEMPERATURA: parámetro que afecta a los procesos naturales de los desechos residuales, debido a las reacciones enzimáticas involucradas en el metabolismo de las células de las bacterias. A bajas temperaturas la actividad se reduce y a altas temperaturas la actividad se incrementa, manteniendo temperaturas no mayores a los 40°C [33]. En la respectiva evaluación la temperatura valor obtenido de 28.2 °C cumpliendo con el LMP de 35°C.

Adicional a los LMP, se ha estimado el ECA en la quebrada La Alita el parámetro del DBO en ríos de 10 mg/l según el DS N004 2017 MINAM, teniendo como base la tesis del Altiplano de Puno, se ha seguido el criterio y se estimado un valor superior al permitido de 264.4mg/l, ver anexo 09.

Se refuta que tanto el LMP y ECA no están cumpliendo dentro de lo que determina el MINAM, determinándose que la PTAR de Salas está operando de manera ineficiente.

5.5. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

Dada el análisis realizado, se expresa que el tratamiento preliminar para una PTAR es indispensable y primordial. El objetivo de lagunas de estabilización es la eliminación de las sustancias orgánicas biodegradables (procesos biológicos), según afirma Metcalf & Eddy [13]. Al no tener una cámara de rejas en operación y un desarenador, todo lo que llega a las lagunas primarias son las más perjudicadas al tener sólidos grueso y arenas, principalmente y su proceso biológico disminuye y por ende su eficiencia no es la adecuada, ni alcanzable. [34] La masa de lodos es generada principalmente por los sólidos suspendidos y al acumularse por un tiempo prolongado el cual se acorta el período de detención hidráulica y se reduce la eficiencia de la PTAR.

Para eliminar los coliformes fecales realizar la desinfección con cloro en una cámara de contacto de clarificador para alcanzar el LMP y de la misma manera es necesario realizar la remoción de lodos para laguna primarias facultativas y así incrementar el periodo de detención hidráulica.

5.6. ESTABLECER BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO

Para ello, se ha determinado las bases y criterios de diseño a lo establecido principalmente por el RNE Norma OS.090 y literatura científica nacional y extranjera. Para los criterios de diseño de la cloración se toma como base, tesis nacional, ubicada en antecedentes de Ever Ivan Alvites Rodríguez, 2018; tesis de la universidad nacional de Cajamarca, ver anexo 07.

5.7. DESCRIPCIÓN DEL TREN DE TRATAMIENTO

Se ha guiado del RNE Norma OS.090, y literatura científica nacional y extranjera.

5.8. GUÍA PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

En la guía se ha precisado lo mínimo que debe tener una PTAR, asimismo se ha adecuado a lo respecto a la PTAR de Salas, precisando con la ayuda de la Norma OS.090, ver anexo 08.

Tiempos de postcovid-2019 tener presente para el personal de trabajo, se requiere cumplir con los dictámenes dados por el Estado Peruano en el cual se expresa en [35] el R.M. N°972-2020 MINSA.

5.9. MODELAMIENTO HIDRÁULICO IBER

En la simulación hidráulica del preproceso, se determina una calidad de malla adecuada, en donde el ángulo mínimo y el mínimo jacobiano no presenta valores negativos.

En la simulación postproceso se precisa que presenta velocidades entre 0.02 a 0.05 m/s, velocidades muy bajas.

Von Sperling, citado por Valdez Castañeda [10], menciona que la dispersión es una medida del grado de mezcla, presentando en los cuerpos de agua una característica de dispersión de contaminantes.

Andy Shilton citado por Valdez Castañeda [10], determina que las zonas muertas es la masa ocupado por los lodos acumulados físicamente, el cual reduce el volumen efectivo de la laguna, por ende reduce la eficiencia hidráulica y el tratamiento. Como se muestra en la figura 29 se tiene velocidades bajas en las esquinas dando a lugar a cuerpos muertos. Asimismo, se generan cortocircuitos hidráulicos que son estancamientos de agua residual.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó la masa de lodos más del 50% en las lagunas primarias, obteniendo periodos de retención hidráulica menores, luego población futura obtenido de 5979 habitantes mayor a la población de diseño realizado de 4222 habitantes y finalmente se calculó las dimensiones de las lagunas dando como resultado que no fueron considerados tirantes para lodos y tienen medidas de coronación sobredimensionadas.

2. Realizando una comparación entre ambos métodos se llega a la conclusión que tanto la matriz de Leopold y Batelle-Columbus, presentan resultados similares; en el cual se relacionan entre sí; por ejemplo, en procesos sociopolíticos en 2 sub-factores que son: afectación a la salud pública y calidad de vida; siendo similar aspectos de interés humano, el parámetro de interacciones sociales.

3. Los resultados obtenidos de laboratorio en punto del efluente son aceites y grasas de 14.2 mg/l; coliformes fecales de 54×10^3 NMP/100ml; DBO un valor de 375.5 mg/l, DQO de 718.4mg/l, pH de 9.37, los sólidos totales en suspensión de 110.7 mg/l y la temperatura de 28.2 °C.

4. La PTAR de la ciudad de Salas no cumple los LMP y ECA, siendo su operación ineficiente.

5. La propuesta de alternativa de solución es implementar una cámara de rejillas, un desarenador y medidor Parshall incluyendo realizar la desinfección con cloro en una cámara de contacto de clarificador.

6. Las bases y criterios de diseño a la propuesta de solución tienen como base el RNE OS.090 y literatura científica nacional e internacional

7. El tren de la PTAR estará integrada por: tratamiento preliminar: cribado, desarenador canal parshall; tratamiento secundario, lagunas de estabilización conformado por: 02 lagunas primarias facultativas y 02 lagunas secundarias facultativas; desinfección y la descarga a la quebrada.

8. El cumplimiento de la guía de operación y mantenimiento es necesario para el buen funcionamiento de la PTAR de Salas.

9. Modelamiento hidráulico IBER, ha simulado valores de velocidad de ingreso a 0.5 m/s y dentro del flujo valores entre 0.02 a 0.06 m/s y DBOC determina la dispersión de materia orgánica que se da en el flujo

VII. RECOMENDACIONES

La Municipalidad Distrital de Salas, tome las acciones correspondientes para la operación del tratamiento preliminar implementando un cámara de rejillas, desarenador y canal parshall, asimismo realizar la gestión correspondiente para la eliminación de lodos de las lagunas primarias.

La Municipalidad Distrital de Salas, tome las acciones correspondientes para su respectivo mantenimiento de la PTAR, para mejorar el funcionamiento de la PTAR y cumplir con los LMP y ECA.

Realizar el adecuado diseño de una PTAR es indispensable, para después no tener deficiencias en el funcionamiento de la PTAR.

La Municipalidad Distrital de Salas, tome las acciones correspondientes para realizar la desinfección del agua residual para disminuir los coliformes fecales y por ende ser reutilizado el agua residual para áreas verdes de la zona.

El modelamiento hidráulico en IBER para Lagunas de Estabilización, se recomienda utilizar para simular los reactores y asimilar como va a hacer su comportamiento con el líquido residual, asimismo para llevar a cabo una simulación debe tener un ordenador de buena capacidad computacional.

VIII. REFERENCIAS

- [1] UNESCO, *AGUAS RESIDUALES El Recurso No Explotado*. París, 2017.
- [2] UNESCO, “Las Aguas residuales El recurso desaprovechado,” Italia, 2017.
- [3] D. B. Toledo Heras, “Evaluación y Medidas Correctivas para El Sistema de Lagunas de Estabilización, Ciudad de Pasaje,” Universidad de Guayaquil, 2016.
- [4] E. A. Medrano Escobedo, “Diagnòstico y evaluaciòn de la laguna de oxidaciòn de la comunidad de Montoro a fin de reducir el impacto ambiental y la contaminaciòn de la zona,” Universidad autònoma de aguascalientes, 2018.
- [5] K. Satalaya Vicente, “Evaluaciòn de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domèsticas en las lagunas de estabilizaciòn de la ciudad de Uchiza,” Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2015.
- [6] Y. Mamani Yapurasi, “Evaluaciòn de La Operatividad y Rediseño de La Laguna de Estabilizaciòn Del Distrito de Ilave, Provincia de El Collao,” UNA, 2017.
- [7] A. E. Paz Garcia and M. E. Ruiz Valderrama, “Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales para el distrito de Santiago de Chuco,” universidad nacional de Trujillo, 2017.
- [8] M. V. Llamocca Alfèrez, “Propuesta de una estaciòn ecoeficiente de regeneraciòn de aguas residuales urbanas para el distrito del Alto selva Alegre en la provincia de Arequipa,” universidad nacional de San Agustín, 2018.
- [9] E. I. Alvites Rodriguez, “Caracterizaciòn de las aguas residuales de la ciudad de Cajamarca y su propuesta de tratamiento en la zona del fundo Betania,” universidad nacional de Cajamarca, 2018.
- [10] A. V. Valdez Castañeda, “Evaluaciòn, mejoramiento y optimizaciòn hidràulica del sistema de lagunas de estabilizaciòn de San José aplicando modelos CFD-Lambayeque, 2017,” universidad catòlica Santo Toribio de Mogrovejo, 2019.
- [11] INEI, “Poblacion Nominalmente Censada, por Àrea de Residencia, Segùn Provincia y Distrito, 1972, 1991, 1993, 2007 y 2017,” Chiclayo, 2018.
- [12] SUNASS, “Estudio Tarifario de la Entidad prestadora de servicios de saneamiento de Lambayeque S.A (EPSEL),” pp. 2018–2023, 2018.

- [13] I. Metcalf & Eddy, *Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización*, Tercera ed. España, 1995.
- [14] OEFA, “Fiscalización Ambiental En Aguas Residuales,” *Org. Eval. y Fisc. Ambient.*, p. 36, 2014, [Online]. Available: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827.
- [15] Alianza por el Agua, *Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas*, Ideasamare. 2008.
- [16] CONAGUA, *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Lagunas de Estabilización*. Coyoacán.
- [17] CONAGUA, *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento Diseño de Lagunas de estabilización*. Coyoacán, 2007.
- [18] E. C. Valdez and A. B. Vásquez Gonzales, *Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales*. México, 2003.
- [19] V. Conesa Fdez.-Vítora, *Guía Metodológica para la evaluación el impacto ambiental*, Cuarta edi. Madrid España, 2011.
- [20] Ley General del Ambiente, “Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales,” *El Peru.*, 2010, doi: 10.3354/meps08245.
- [21] Ley General del Ambiente, “Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias,” *El Peru.*, 2017, [Online]. Available: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>.
- [22] OMA and MVCS, “Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales,” 2017, [Online]. Available: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002476/247647s.pdf>.
- [23] RNE OS.090, *Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Perú, 2006.
- [24] D. R. Hernández Sampieri, D. C. Fernández Collado, and D. M. del P. Baptista Lucio, *METODOLOGÍA de la investigación*, Quinta edi. México, 2010.
- [25] MDS, “PLAN DE DESARROLLO CONCERTADO MUNICIPLAIDAD DISTRITAL DE SALAS 2013 2021,” Salas.
- [26] S. M. Oakley, “Manual de Diseño , Construcción , Operación y Mantenimiento, Monitoreo y Sostenibilidad,” 2005.

- [27] A. Orozco Jaramillo, *Bioingeniería de aguas residuales*, Segunda. Colombia, 2014.
- [28] CONAGUA, *Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Plantas de Tratamiento Pretratamiento y Tratamiento Primario*. México.
- [29] ANA, “Tratar el agua residual es necesario y obligatorio,” Lima, 2018.
- [30] GEAMA, UPC, and CIMNE, “Manual de referencia del módulo de calidad de aguas,” España, 2019.
- [31] CEDEX, *Modelo IBER 2.0 Manual de Usuario*, Primera. España, 2016.
- [32] S. Rolim Mendonca, “Lagunas de Estabilización.”
- [33] A. Noyola, J. M. Morgan Sagastume, and L. P. Guereca, *SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES: GUÍA DE APOYO PARA CIUDADES PEQUEÑAS Y MEDIANAS*, Primera. México, 2013.
- [34] F. Cortés Martínez, A. Treviño Cansino, and A. C. Tomasini Ortiz, *Dimensionamiento de lagunas de estabilización*, Primera. México, 2017.
- [35] Ministerio de salud, *Lineamientos para la vigilancia, prevención y control de la salud de los trabajadores con riesgo de exposición a SARS-CoV-2*, vol. 01, no. 2. 2020, p. 98.

IX. ANEXOS

Los anexos se encuentran en carpetas externas en tipo pdf.

Anexo 1. Solicitud de permiso.

Anexo 2. Evaluación de impactos ambientales

Anexo 3. Tabla del ECA para ríos.

Anexo 4. Cálculos

Anexo 5. Planos de topografía y batimetría.

Anexo 6. Informe de laboratorio.

Anexo 7. Criterios de diseño.

Anexo 8. Formatos para operación y mantenimiento.

Anexo 9. Estimación de la DBO para analizar el ECA.

Anexo 10. Temperatura SENAMHI

Anexo 11. Panel fotográfico