

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**EVALUACIÓN DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN Y PROPUESTA DE
MITIGACIÓN DEL IMPACTO CONTAMINANTE DE LAS AGUAS RESIDUALES EN
TARACO – 2021**

PRESENTADO POR:

JOSÉ PACORI PACORI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO - PERÚ

2022

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**FACULTAD DE INGENIERÍAS****ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL****TESIS****EVALUACIÓN DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN Y PROPUESTA DE****MITIGACIÓN DEL IMPACTO CONTAMINANTE DE LAS AGUAS****RESIDUALES EN TARACO – 2021****PRESENTADO POR:****JOSÉ PACORI PACORI****PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:****INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE



Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO



Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

SEGUNDO MIEMBRO



M.Sc. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS



Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

Área: Ingeniería, Tecnología

Disciplina: Otras Ingenierías, otras tecnologías

Especialidad: Aguas residuales

Puno, 05 de agosto del 2022.

DEDICATORIA

El presente trabajo fue realizado con mucho esfuerzo y es dedicado a quienes hicieron posible mi formación como persona: a mis padres Felipe y María, gracias por su apoyo moral, por los valores que han diseminado en mí.

A mis hermanos: Nancy, Delia, Yvan, quienes son mi ejemplo de trabajo y superación, muchas gracias, con mucho cariño.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Privada San Carlos, por brindarme una formación profesional para el desarrollo de mi región.
- A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.
- A los miembros del jurado calificador, por ser parte de esta investigación.
- A mi asesor por brindarme el apoyo y la orientación para la culminación de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	12

CAPÍTULO I**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA****INVESTIGACIÓN**

1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1.1.- Problema General	15
1.1.2.- Problemas específicos	15
1.2.- ANTECEDENTES	16
1.2.1.- Antecedentes Internacionales	16
1.2.2.- Antecedentes Nacionales	17
1.2.3.- Antecedentes Locales	19
1.3.- OBJETIVOS	21
1.3.1.- Objetivo General	21
1.3.2.- Objetivos específicos	21

CAPÍTULO II

3

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	
2.1.- MARCO TEÓRICO	22
2.1.1.- Tratamiento de aguas residuales	22
2.1.2.- Tratamiento Preliminar	26
2.1.3.- Tratamiento primario	28
2.1.4.- Tratamiento secundario	32
2.1.5.- Tratamiento Terciario	37
2.1.6.- Tratamiento y disposición de lodos	37
2.2.- MARCO CONCEPTUAL	39
2.3.- HIPÓTESIS	40
2.3.1.- Hipótesis general	40
2.3.2.- Hipótesis específica	41
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1.- ZONA DE ESTUDIO	42
3.2.-TAMAÑO DE MUESTRA	43
3.2.1.-Población	43
3.2.2.- Muestra	43
3.3.- MÉTODO Y TÉCNICAS	44
3.3.1.- Toma de muestra del agua residual y del río	44
3.3.2.- Evaluación de la laguna de estabilización	46
3.4.- VARIABLES E INDICADORES	46
3.4.1.- Operacionalización de variables	47
3.5.- MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	47
3.5.1.- Método específico	48
3.5.2.- Tipo de la Investigación	48
3.5.3.- Nivel de la investigación	48

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1.- RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL	49
4.1.1 .- Resultado de los análisis del agua residual al ingreso de la laguna de estabilización	49
4.1.2 .- Resultados de los análisis del agua residual en la salida de la laguna de estabilización	51
4.2.- EVALUACIÓN DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN	54
4.2.1.- Periodo de diseño	55
4.2.2.- Diseño de la Laguna Anaerobia	56
4.2.3 .- Discusión y análisis de resultados para la laguna de estabilización	59
4.2.3.1.- Discusión de los resultados para la laguna de estabilización para la DBO	59
4.2.3.2.- Discusión de los resultados para la laguna de estabilización para los SST60	
4.2.3.3.- Discusión de los resultados para la laguna de estabilización para los Coliformes termotolerantes	61
4.3.- PROPUESTA DE MITIGACIÓN: TÉCNICA, ECONÓMICA Y FINANCIACIÓN	61
4.3.1.- Variaciones de los parámetros de la PTAR	62
4.3.2.- Contrastación de la prueba de hipótesis	80
4.3.2.1- Contrastación de la hipótesis para la BDO5	80
4.3.2.2.- Contrastación de la hipótesis para los sólidos suspendidos totales	83
4.3.2.3.- Contrastación de la hipótesis para coliformes termotolerantes	87
CONCLUSIONES	91
RECOMENDACIONES	94
BIBLIOGRAFÍA	96
ANEXOS	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: LMP, para efluentes de la PTAR	22
Tabla 02: VMA para descargas de aguas residuales	25
Tabla 03: Concentración de parámetros de agua residual	24
Tabla 04: Porcentajes de remoción de los contaminantes	25
Tabla 05: Velocidad ascensional de caudal medio	29
Tabla 06: Velocidad ascensional de caudal máximo	29
Tabla 07: Tiempos de retención	30
Tabla 08: Relación de dimensiones en la decantación rectangular primaria	30
Tabla 09: Relación de dimensiones en la decantación circular primaria	30
Tabla 10: Carga sobre el vertedero	31
Tabla 11: Velocidades lineales de las barreras	31
Tabla 12: Parámetros del sistema filtro percolador	35
Tabla 13: Variables de estudio	47
Tabla 14: Resultados de los parametros fisicos del agua residual	49
Tabla 15: Resultados de los parámetros químicos del agua residual.	50
Tabla 16: Resultados de los parámetros biológicos del agua residual.	50
Tabla 17: Resultados de los parametros fisicos del agua residual	51
Tabla 18: Resultados de los parámetros químicos del agua residual.	51
Tabla 19: Resultados de los parámetros biológicos del agua residual.	52
Tabla 20: Resultados de los análisis del agua del río	53
Tabla 21: Análisis comparativo de los LMP con los resultados obtenidos del laboratorio	53
Tabla 22: Análisis comparativo de los VMA con los resultados obtenidos del laboratorio	54
Tabla 23: Cálculo de la población futura	55

Tabla 24: % de remoción en el pre tratamiento	63
Tabla 25: % de remoción en el tratamiento primario	63
Tabla 26: % de remoción en el tratamiento secundario	64
Tabla 27: % de remoción en el tratamiento terciario	64
Tabla 28: Balance de masas	65
Tabla 29: % de remoción para la DBO_5	80
Tabla 30: Resumen de los cálculos estadísticos para la DBO_5	81
Tabla 31: % de remoción para los SST	83
Tabla 32: Resumen de los cálculos estadísticos para los SST	84
Tabla 33: % de remoción para los coliformes termotolerantes	87
Tabla 34: Resumen de los cálculos estadísticos para los coliformes termotolerantes	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Desarenador de flujo horizontal	27
Figura 02: Ubicación de la zona de estudio	43
Figura 03: Laguna de estabilización	44
Figura 04: Vista de planta de la laguna	45
Figura 05: Toma de muestra del río	45
Figura 06: Dimensiones de la laguna calculada	58
Figura 07: Diagrama de flujo	66
Figura 08: Resultados de la BDO ₅ en la salida de los efluentes	82
Figura 09: Resultados de los SST en la salida de los efluentes	85
Figura 10: Resultados de los coliformes en la salida de los efluentes	89

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia	99
Anexo 02: Análisis de laboratorio	101
Anexo 03: Panel fotográfico	104

RESUMEN

En la actualidad la localidad de Taraco cuenta con una laguna de estabilización, pero esta se encuentra abandonada, ya que no cumple con los límites máximos permisibles. La presente investigación tiene por objeto evaluar y proponer una alternativa de solución al tratamiento de aguas residuales en la localidad de Taraco. El método que se utilizó en la presente investigación fue tomar muestras de agua residual en el afluente y efluente de la laguna, así mismo se tomó una muestra del agua del río, esto con la finalidad de realizar un balance de masas. La investigación es del tipo no experimental y el enfoque es cuantitativo. Como resultados a lo que se llegó en la presente investigación es que la laguna de estabilización no cumple con el D.S N° 003-2010-MINAM, ya que esta supera los LMP, así mismo el dimensionamiento de esta laguna no fue diseñado de acuerdo a las características de la zona, por lo que se propone como una alternativa de solución una planta de tratamiento que consta de un tratamiento preliminar como son rejillas y desarenador, un tratamiento primario que consta de un sedimentador primario circular, un tratamiento secundario que consta de un filtro percolador, y un tratamiento terciario que será de una cámara de cloración. Como conclusión se llegó que la laguna de estabilización no tiene la eficiencia requerida esto por la no operación y mantenimiento que se requiere, así mismo se plantea una nueva planta de tratamiento de aguas residuales mediante el sistema filtro percolador y está cumplirá con los LM.

Palabras clave: Agua residual, caudal, DBO_5 , eficiencia, laguna, planta de tratamiento.

ABSTRACT

Currently, the town of Taraco has a stabilization pond, but it is abandoned, since it does not meet the maximum permissible limits. This research aims to evaluate and propose an alternative solution to wastewater treatment in the town of Taraco. The method that was used in the present investigation was to take samples of residual water in the tributary and effluent of the lagoon, likewise a sample of the river water was taken, this with the purpose of carrying out a mass balance. The research is of the non-experimental type and the approach is quantitative. As a result, what was reached in the present investigation is that the stabilization lagoon does not comply with the DS N ° 003-2010-MINAM, since it exceeds the LMP, likewise the dimensioning of this lagoon was not designed according to the characteristics of the area, which is why a treatment plant that consists of a preliminary treatment such as grids and a sand trap is proposed as an alternative solution, a primary treatment that consists of a circular primary sedimentation, a secondary treatment that consists of a trickling filter, and a tertiary treatment that will be a chlorination chamber. As a conclusion, it was reached that the stabilization lagoon does not have the required efficiency, due to the non-operation and maintenance that is required, likewise, a new wastewater treatment plant is proposed through the trickling filter system and this will comply with the LMP.

Keywords: Waste water, flow, BOD5, efficiency, lagoon, treatment plant

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso de gran importancia para los seres vivos, este recurso viene siendo utilizado en forma inadecuada por parte de la población ya que el deterioro de algunos aparatos sanitarios en las viviendas hace que este recurso hídrico desemboque a los desagües y posterior a ello al alcantarillado, a esto lo sumamos que muchas EPSS, no vienen brindando agua de calidad que cumpla con el D.S N° 031 – 2010 -SA, agua para el consumo humano.

En la localidad de Taraco se tiene una laguna de estabilización esta se encuentra sin ningún tipo de operación y mantenimiento, ya que el efluente del agua residual de la laguna tiene excesiva carga orgánica tal igual que el ingreso a la laguna, y esta agua residual viene contaminando el río Ramis ya que la descarga del agua residual lo hace directamente.

En la actualidad a nivel nacional, regional y local se tienen plantas de tratamiento de agua residual pero que muchas veces estas no vienen siendo eficientes esto por diversos factores como la falta de operación y mantenimiento, los diseños inadecuados que muchas veces estas son sobredimensionados, la mala elección del sistema, todo esto se da debido a la burocracia que existe en muchas entidades del sector público, a esto lo sumamos la falta de profesionales especializados en el tema.

En la presente investigación se propondrá un sistema eficiente esto de acuerdo a las características de la zona que cumpla con el DS N° 003 – 2010 – MINAM, ya que para la elección del sistema se evalúa diversos factores como: la caracterización del agua residual, el clima, la población, así mismo evaluar si esta planta requerirá de la operación y mantenimiento

por parte de los beneficiarios, ya que los sistemas aerobios requieren de operadores capacitados.

En el CAPÍTULO I se menciona sobre el planteamiento del problema en la zona de estudio, antecedentes y objetivos de la investigación, en el CAPÍTULO II nos enfocamos en el marco teórico y conceptual que sirve de base para la elección del sistema más eficiente, así mismo mencionamos la hipótesis de la investigación, en el CAPÍTULO III hablamos sobre la metodología de la investigación, lugar de estudio, método y técnicas, previamente realizando la caracterización del agua residual, luego en el CAPÍTULO IV nos enfocamos en los análisis de resultados, balance de masas y discusión de resultados del sistema seleccionado para la zona.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es un recurso hídrico de vital importancia para la supervivencia de hombre, en la actualidad se tiene aproximadamente 97% de agua que se encuentra en los mares pero que esta no es apta para el consumo humano ya que contiene altas concentraciones de sales y esto es dañino para el hombre, y el 3% en promedio del agua es dulce y esta se encuentra en los ríos, lagos, nevados, aguas subterráneas entre otros, pero todo esto requiere de un tratamiento adicional para que sea apta para el consumo humano, uso agrícola u otra actividad que sea indispensable para el hombre.

En la actualidad a nivel mundial se viene innovando tecnologías para el tratamiento y reúso de las aguas residuales, ya que las tecnologías dependen del tipo de agua contaminada y depende del uso que se le va a dar. En el Perú a diferencia de otros países no se tiene una normativa que detalle los diversos sistemas de tratamiento, así como las tecnologías ya que la norma técnica OS. 090, Plantas de tratamiento de aguas residuales es muy limitada.

El departamento de Puno es uno de los departamentos más olvidados por parte de las autoridades ya que los ríos como Ramis, Suches, Coata, Huancané, llave, son afluentes del Lago Titicaca y estos ríos no tienen tratamiento alguno, y esto hace que cada día se vayan desapareciendo la fauna acuática tanto en los ríos como en el Lago.

En la actualidad la localidad de Taraco, cuenta con una laguna de estabilización, pero que esta se encuentra abandonada por parte de la autoridad local, ya que las aguas residuales en esta laguna no tienen la eficiencia requerida así mismo no tienen la adecuada operación y el mantenimiento por lo que el agua residual contaminada de la laguna descarga directamente al río Ramis, así mismo esta laguna no fue seleccionada de acuerdo a las condiciones de la zona por lo que el tratamiento que se realiza en esta laguna de estabilización es casi nula.

En la presente investigación se pretende evaluar el grado de contaminación de las aguas residuales, así como proponer un nuevo sistema de tratamiento adecuado para la zona.

FORMULACIÓN DEL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1.- Problema General

¿Cómo serán los resultados de la evaluación de la laguna de estabilización y la propuesta de mitigación del impacto contaminante de las aguas residuales en la localidad de Taraco 2021?

1.1.2.- Problemas específicos

¿Las aguas residuales que ingresan y egresan de la laguna de estabilización, excederán los LMP establecidos por el DS N° 003 – 2010 -MINAM?

¿Será eficiente la laguna de estabilización de acuerdo a la evaluación de los análisis físico químico, microbiológico y de acuerdo al diseño?

¿Será factible la propuesta de una planta de tratamiento para la mitigación del impacto contaminante de las aguas residuales?

1.2.- ANTECEDENTES

1.2.1.- Antecedentes Internacionales

Casas (2020), realizó la siguiente investigación “Análisis de la situación actual de la depuración de las aguas residuales urbanas en el estado español: estudio de alternativas de diseño de la EDAR del municipio de Nerja (Málaga)”, la presente investigación tiene el siguiente resumen: La ONU, en el año 2015 aprobó la agenda sobre el desarrollo sostenible, por lo que se analizó las PTAR, en el estado español, para los análisis se hizo el uso de los datos de planificación, con cuencas hidrográficas, como una segunda propuesta de evaluación se realizó el estudio de diseño con propuestas de diversos sistemas como tratamiento de lodos activados, uso de membranas de ultrafiltración, aireación prolongada, sistemas anaerobios, luego se procedió a evaluar los costos y se selecciona la mejor alternativa.

De las alternativas vistas se seleccionó el sistema de fangos activos con un costo de 0,39 €/m³ de agua tratada. No obstante se ha evaluado positivamente la tecnología del biorreactor anaerobio de membranas (MBR) ya que este sistema reduce significativamente el área y tiene alto potencial de recuperación de recursos en sintonía con el concepto de economía circular.

Guano (2020), realizó la siguiente investigación “Remoción de plomo y cadmio de aguas residuales industriales mediante biocoagulación con semillas de durazno”, la presente investigación tiene el siguiente resumen: Las industrias vienen creciendo en forma acelerada, ya sea debido a las demandas que se requieren en diversos sectores, y es por ello que muchas veces se eliminan diversas sustancias como son el cadmio y plomo, por lo que los

tratamientos convencionales no remueven estas sustancias en una PTAR, por lo que se requiere de otros sistemas como son la electrocoagulación, precipitación química, biocoagulación entre otros métodos. En la investigación se tomó los taninos de los duraznos, en donde se trituran las semillas y luego se realizó la maceración con metanol, por lo que se realizó la bio coagulación del agua residual agregando taninos de las semillas del durazno, en donde se determinó la remoción de los metales pesados que tuvo una eficiencia del 85.9%, el tamaño de los taninos fue de 75 micrómetros, esto con un PH de 10, posterior a ello se realizó una comparación con un coagulante como es el policloruro de aluminio en donde no pudo removerse los metales pesados, por lo que se demostró que los bio coagulantes son eficientes y tiene bajo costo en la remoción de metales pesados.

1.2.2.- Antecedentes Nacionales

Cahuaya (2018), realizó la siguiente investigación “Eficiencia en el tratamiento del efluente de un reactor UASB utilizando cabello como medio biológico y absorbente de aceites y grasas a comparación de la espuma de poliuretano en filtros percoladores”, la presente investigación tiene el siguiente resumen: Las industrias a nivel nacional vienen creciendo en forma acelerada y muchas de ellas tienen alto contenido de aceites y grasas y por lo que en la presente investigación se utilizó el cabello y la espuma de poliuretano y el para remover estas sustancias, por lo que se ha construido dos filtros a escala piloto en donde se utilizó el cabello y la espuma de poliuretano en donde el caudal de ingreso al filtro fue de 57.6 lt/día, y tuvo una eficiencia en la remoción en aceites y grasas del 89.61%, mientras que la eficiencia en la remoción de la BDO₅ en promedio fue de 76%.

Guzmán (2018), realizó la siguiente investigación “Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales del camal municipal de la provincia de Coronel Portillo departamento de Ucayali”,

la presente investigación tiene el siguiente resumen: En el Perú, existen diversas tecnologías de los sistemas de PTAR, entre las cuales podemos ver las tecnologías limpias o renovables, mecanizadas, entre otras, dentro de estas tecnologías limpias se tiene el UASB planteado para esta localidad, en el departamento de Ucayali se tiene una PTAR, mediante lagunas de estabilización sector 9 de la EPS EMAPACOPSA, en donde esta planta tiene una buena operación y mantenimiento. En el año de 1988, se han ejecutado diversos proyectos de PTAR, mediante los sistemas de UASB, esto en América Latina, la mayoría de estos sistemas se ubican en Brasil, ya que presentan temperaturas cálidas que son favorables a este sistema, los sistemas de UASB a la fecha representan plantas compactas, con eficiencias de remoción en promedio del 70%. Estos sistemas son complementados por sistemas aerobios en donde permiten remover hasta un 90%. En la investigación se propone el diseño de las redes de agua, redes de desagüe y el diseño de la PTAR del camal municipal, por lo que el contenido del agua residual de este camal es de origen orgánico con un alto valor en la BDO_5 .

Mucha (2020), realizó la siguiente investigación "Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes del anexo de Auquimarca – Pampa", la presente investigación tiene el siguiente resumen: Tiene como objetivo diseñar un sistema de planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Auquimarca, este diseño se basó en mejorar la calidad del agua residual aplicando tecnologías para los diversos procesos de tratamiento y cumpliendo con la normativa vigente, el tipo de investigación fue descriptivo y un diseño no experimental. Los resultados del análisis del agua residual tienen diversos factores que son contaminantes por lo que en el tratamiento primario se optó por un tanque Imhoff, esto para remover la materia en suspensión.

Gutierrez (2019), realizó la siguiente investigación “Mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales “San José” para su reuso con fines agrícolas - Chiclayo 2015”, la presente investigación tiene el siguiente resumen: Tiene como finalidad mejorar las aguas residuales para el reuso agrícola por lo que se rediseño la planta de tratamiento, ya que los resultados de los análisis microbiológicos excedían con los valores máximos admisibles, por lo que se han planteado el diseño de lagunas por métodos empíricos, esto con la finalidad de remover a los microorganismos existentes en el agua residual.

Villegas (2018), realizó la siguiente investigación “Remoción de fósforo y nitrógeno de aguas residuales domésticas, mediante humedales artificiales de flujo vertical empleando antracita y tereftalato de polietileno en la localidad de Toma, Carhuaz - Ancash”, la presente investigación tiene el siguiente resumen: La investigación consistió en la remoción del fósforo y nitrógeno de las aguas residuales empleando la antracita y tereftalato, para lo cual se realizó esto a escala de laboratorio empleando reactores de 250 litros, por lo que para los reactores se utilizó la antracita y arena como medio filtrante y en el otro reactor se utilizó el tereftalato esto con la finalidad de remover a los microorganismos existentes, los parámetros que se realizó fueron fósforo, nitrógeno total, PH, oxígeno disuelto, BDO₅, DQO y sólidos suspendidos volátiles.

1.2.3.- Antecedentes Locales

Valdez (2016), realizó la siguiente investigación “Aplicación de microorganismos eficaces para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la localidad de Chucuito”, la presente investigación tiene el siguiente resumen: Tiene como finalidad caracterizar las aguas residuales como son los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, y así evaluar aplicando una dosis de microorganismos, dando de esta manera respuesta a los objetivos planteados, en donde se evaluó en el afluente y efluente de la PTAR, se tomó muestras en

baldes de 20 litros, en donde se dosifico en diversos %, aplicando cada 15 días durante tres meses, para luego determinar el método más eficiente y que cumpla con la normativa, se evaluó parámetros como PH, sólidos suspendidos totales, BDO₅, DQO, oxígeno disuelto, en donde se tuvo un % porcentaje de remoción para cada parámetro evaluado.

Chuquitarqui (2017), realizó la siguiente investigación “Diseño y construcción de un reactor anaerobio de flujo ascendente (R.A.F.A.) para el tratamiento de aguas residuales urbanas de la ciudad de Puno”, la presente investigación tiene el siguiente resumen: La investigación propone un sistema RAFA, para la laguna de espinar en la ciudad de puno, para el diseño de este sistema se tomó como punto de partida el área, tiempo de residencia hidráulica, en donde se trabajó a nivel a planta piloto en donde se tuvo un tanque para las aguas residuales, un tanque para el agua tratada, el sistema es enchaquetado y circula el agua caliente hacia el reactor, se utiliza un sensor para el control de la temperatura, en el sistema se tuvo un volumen de 16 litros con un tiempo de residencia de 9.5 horas, posterior al funcionamiento del sistema se inoculó las bacterias anaerobias al sistema, en donde pudo removerse el 80.20% de la BDO₅, y el 77.23% de la DQO.

Andrade (2020), realizó la siguiente investigación “Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales distrito de Macusani, región Puno – 2020”, la presente investigación tiene el siguiente resumen: La evaluación de la eficiencia se realizó en la PTAR, en el distrito de Macusani, esto en octubre y noviembre del 2019, se tomaron muestras en el afluente y efluente de la PTAR, se tomó los siguiente parámetros como son: SST, DQO, BDO₅, aceites y grasas, coliformes termotolerantes esto con la finalidad de evaluar la eficiencia de la PTAR, estos resultados del análisis de agua residual no exceden

los LMP, en cuanto a los coliformes termotolerantes no cumplía con el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, ya que excedía de los LMP.

1.3.- OBJETIVOS

1.3.1.- Objetivo General

Evaluar y proponer una alternativa de mitigación del impacto contaminante de las aguas residuales en la laguna de estabilización en la localidad de Taraco 2021.

1.3.2.- Objetivos específicos

- Realizar el análisis físico químico y microbiológico de las aguas residuales que ingresan y egresan de la laguna de estabilización esto según el DS N° 003 – 2010 -MINAM
- Evaluar la eficiencia de la laguna de estabilización de acuerdo a los análisis físico, químico, microbiológico y de acuerdo al diseño.
- Proponer una planta de tratamiento eficiente para mitigar el impacto contaminante de las aguas residuales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.- MARCO TEÓRICO

2.1.1- Tratamiento de aguas residuales

Las aguas residuales producto de la utilización del hombre esto de los municipios o comunidades son transportadas a cuerpos de agua o a terrenos, pero muchas veces estos no son tratados, por lo que se hace la pregunta cual deben ser las características del agua residual para que el efluente esté dentro de lo que establece la norma. (Eddy, 1995, pág. 2)

Según el D.S. N° 003-2010-MINAM, se aprueba los LMP para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 01: LMP, para efluentes de la PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP, DE EFLUENTES
Aceites y grasas	mg/lt	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100, mg	10000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/lt	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/lt	200
PH	Und	6.5-8.5

Sólidos Totales en Suspensión	mg/lit	150
Temperatura	°C	< 35

Fuente: (MINAM, 2010, p. 2)

Tabla 02: VMA para descargas de aguas residuales

PARÁMETRO	UNIDAD	SIMBOLOGÍA	VMA, PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/lit	DBO ₅	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/lit	DQO	1000
Sólidos Suspendedos Totales	mg/lit	SST	500
Aceites o Grasas	mg/lit	A o G	100

Fuente: (D.S N° 010-2019-VIVIENDA, 2019, p. 11)

“Así mismo se deberá de tener en consideración la dotación, y las variaciones de consumo según lo establece la norma”. (OS -100, 2006)

La concentración de las aguas residuales urbanas es variable según Hernández (2016), afirma los siguientes parámetros establecidos:

Tabla 03: Concentración de parámetros de agua residual

Parámetro de contaminación	Concentración fuerte (mg/lit)	Concentración media (mg/lit)	Concentración ligera (mg/lit)
Sólidos suspendidos totales (SST)	500	300	100
Sólidos suspendidos volátiles (SSV)	400	250	70
Sólidos suspendidos fijos (SSF)	100	50	30
Sólidos sedimentables totales (SSdT)	250	180	40
Sólidos sedimentables volátiles (SSdV)	100	80	16
Sólidos sedimentables fijos (SSdF)	150	100	24
Sólidos disueltos totales (SSdT)	500	200	100
Sólidos disueltos volátiles (SSdV)	300	100	50
Sólidos disueltos fijos (SSdF)	200	100	50
BDO ₅	300	250	120
DQO	800	500	200
Oxígeno disuelto	0	0.1	0.2
Nitrógeno total	86	50	25
Nitrógeno orgánico	35	20	10

Nitrógeno como amoniaco libre (N-NH ₄)	50	30	15
Nitrógeno como nitritos (N-NO ₂)	0.1	0.05	0
Nitrógeno como nitratos (N-NO ₃)	0.4	0.2	0.1
Fósforo total (P)	17	7	2
Cloruros	175	100	15
PH	6.9	6.9	6.9
Grasas	40	20	0

Fuente: (Hernández, 2016)

Tabla 04: Porcentajes de remoción de los contaminantes

PROCESO DE DEPURACIÓN	% DE REMOCIÓN		
	BDO ₅	Sólidos Suspendidos Totales	Coliformes termotolerantes
Pretratamiento	0 - 10	0 - 10	
Tratamiento Primario (solo sedimentación)	25 – 40	40 – 70	25 – 55
Tratamiento primario (físico-químico)	50 – 80	40 – 70	25 – 55
Tratamiento secundario (Lechos bacterianos)	75 – 92	75 - 92	80 – 90
Tratamiento secundario (fangos activos)	75 – 95	80 - 95	80 – 90
Tratamiento terciario	92 – 98	93 – 98	
Cloración del agua tratada biológicamente			98 – 99

Fuente: (Hernández, 2016)

Dotación de Agua

“Según la norma OS 090, menciona que la dotación será de 180 lt/hab/d para climas fríos y de 220 lt/hab/d para climas templados y cálidos”. (OS 090, 2006, pág. 114)

Variaciones de Consumo

“Para las variaciones de consumo la norma OS – 100, los coeficientes, estas están dadas por el $Q_{md} = 1.3$, $Q_{mh} = 1.8 - 2.5$ ”. (OS 090, 2006, pág. 114)

2.1.2.- Tratamiento Preliminar

La finalidad de este tratamiento es proteger a los equipos de los posteriores tratamientos, las principales etapas son el cribado, desarenado, desengrasado, regulación, y el principal propósito es remover las sustancias de gran tamaño. (Ocampo & Pérez, 2013, pág. 90)

Rejas de limpieza manual

Las rejas se utilizan con el objeto de proteger a las instalaciones de la PTAR y está compuesto de barras que se empotran en cada extremo para que así sustancias de gran tamaño no ingresen, la velocidad en las rejas es en promedio de 0.45 m/s. (Ocampo & Pérez, 2013, pág. 90)

Según Rojas (2000), afirma la pérdida de energía en una rejilla puede determinarse según la siguiente fórmula: (p. 289)

$$Hr = \beta * \left(\frac{e}{a}\right)^{\frac{4}{3}} * hv \sin\theta$$

Dónde:

Hr = Pérdida de energía en m

e = Ancho de la sección transversal de la barra

β = Factor de forma en la barra (2.42 para caras rectas y 1.67 para borde semicircular)

a = Espaciamiento entre barras

$hv = \frac{V^2}{2g}$, Altura de velocidad de flujo

θ = Inclinación de la rejilla

Fuente: (Rojas, 2000, p. 289)

También se puede utilizar la siguiente expresión:

$$P\acute{e}rdida\ de\ carga = Hf = \frac{\left[\frac{V'^2 - V^2}{2g} \right]}{0.7}$$

D\acute{o}nde:

Hf = P\acute{e}rdida de energ\xeda en m

V' = Velocidad de flujo a trav\es en la rejilla

V = Velocidad de aproximaci\on del flujo

g = Gravedad.

Fuente: (Rojas, 2000, p. 289)

Desarenadores

La finalidad del desarenador es obligatoria ya que realiza la separaci\on del agua residual con las part\xedculas de gran tama\~no esto con el objeto de proteger a los equipos que se tiene, el desarenador remueve part\xedculas superiores a los 0.2 mm. (CEPIS, 2005, p\acute{a}g. 4)

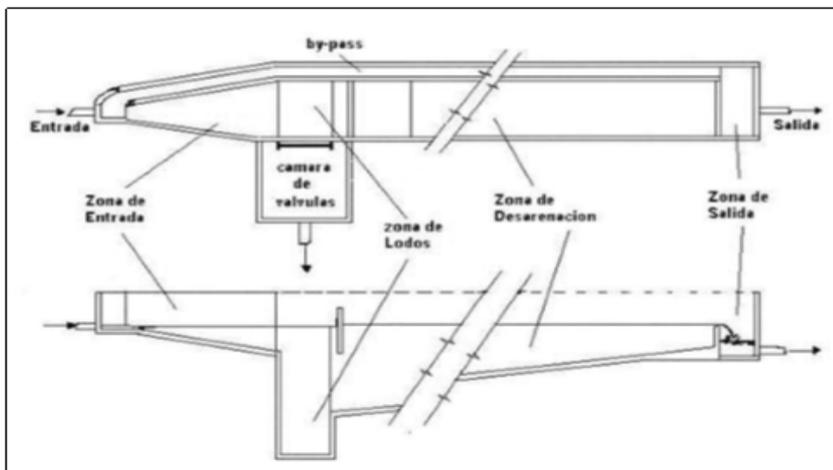


Figura 01: Desarenador de flujo horizontal

Fuente: (CEPIS, 2005, p\acute{a}g. 8)

La longitud de transición de un desarenador se determina mediante la siguiente fórmula:

$$L = \frac{T1-T2}{2Tan\theta}$$

Dónde:

T1 = Ancho del desarenador

T2 = Ancho del canal de llegada

Θ = Ángulo de divergencia = 12°30´

2.1.3.- Tratamiento primario

El objetivo de este tratamiento es la remoción de sólidos suspendidos, la sedimentación primaria es uno de los tratamientos más importantes en una planta de tratamiento, existen diversos sistemas de tratamiento primario, como son los tanques Imhoff, sedimentadores circulares, sedimentadores rectangulares, o los tratamientos físico químicos. (Ocampo & Pérez, 2013, pág. 96)

- Tanque de decantación primaria

- Velocidad ascensional

Según Hernández (2016), afirma “se define como el cociente entre el caudal a tratar y la superficie de decantación”. (p. 87)

$$V_{asc} = \frac{Q}{S}$$

Dónde:

S = Superficie de decantación

Q = Caudal a tratar (m³/h)

V asc = Velocidad ascensional

Tabla 05: Velocidad ascensional de caudal medio

Decantación Primaria	Velocidad a Caudal medio		
	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
Decantadores circulares	1.00m/h	1.50m/h	2.00m/h
Decantadores rectangulares	0.80m/h	1.30m/h	1.80m/h

Fuente: (Hernández, 2016, p. 88)

Tabla 06: Velocidad ascensional de caudal máximo

Decantación Primaria	Velocidad a Caudal máximo		
	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
Decantadores circulares	2.00m/h	2.50m/h	3.00m/h
Decantadores rectangulares	1.80m/h	2.20m/h	2.60m/h

Fuente: (Hernández, 2016, p. 88)

- Tiempo de retención

$$t_R = \frac{V}{Q}$$

Dónde:

V = Volumen de decantación

Q = Caudal a tratar (m³/h)

t_R = Tiempo de retención (h). (Hernández, 2016, p. 88)

Tabla 07: Tiempos de retención

Decantación primaria	Tiempo de retención		
	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
Tiempo de retención para caudal medio	1.50h	2.00h	3.00h
Tiempo de retención para caudal máximo	1.00h	1.50h	2.00h

Fuente: (Hernández, 2016, p. 89)

Tabla 08: Relación de dimensiones en la decantación rectangular primaria

Decantación primaria	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
L	5	-	90
L/h	5	15	40
L/b	1.5	4.5	7.5
H	1.5	3	3

Fuente: (Hernández, 2016, p. 90)

Tabla 09: Relación de dimensiones en la decantación circular primaria

	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
$\phi 1/\phi$	0.05	0.1	0.2
h1/h	0.25	0.40	0.65

Fuente: (Hernández, 2016, p. 90)

Dónde:

$\phi 1$ = Diámetro del cilindro central de entrada

h1 = Altura del cilindro central desde el borde superior del decantador

$\phi 1$ = Diámetro del decantador

h = Altura del decantador

“En decantadores rectangulares de flujo horizontal, puede tomarse como valor del dimensionamiento del sistema: Δh de 0.20m a 0.30m

Siendo Δh , la pérdida de carga ocasionada por el sistema de entrada al decantador”.

(Hernandez, 2016, p. 91)

- Longitud del vertedero de salida

$$V_{vert} = \frac{Q}{L}$$

Dónde:

L = Longitud necesaria de vertedero

Q = Caudal a tratar

V_{vert} = Carga sobre el vertedero (m³/h.m). (Hernández, 2016, p. 91)

Tabla 10: Carga sobre el vertedero

Decantadores primarios	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
Decantadores circulares (m ³ /h.m)	5	9.5	18
Decantadores rectangulares (m ³ /h.m)	5	10	26

Fuente: (Hernández, 2016, p. 91)

Tabla 11: Velocidades lineales de las barreras

	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
Vr (m/min)	0.3	0.6	1.2

Fuente: (Hernández, 2016)

Las inclinaciones de los fondos para dichas rasquetas pueden ser:

En decantadores circulares: del 2% al 8%

En decantadores rectangulares: del 0.5% al 2%. (Hernández, 2016, p. 92)

Tanque de sedimentación .- “Los tanques de sedimentación primaria proporcionan uno de los principales grados de tratamiento del agua residual previo al tratamiento secundario”. (Metcalf & Eddy, 1995, p. 539)

2.1.4.- Tratamiento secundario

En el tratamiento secundario tiene por objeto eliminar las sustancias que no se removieron en el tratamiento primario, como la de reducir la carga orgánica, en este tratamiento las bacterias toman como alimento a la materia orgánica degradando así de esta manera pudiendo ser sistemas aerobios como anaerobios. (Ocampo & Pérez, 2013, pág. 113).

- Lagunas de Estabilización

Este tipo de sistemas son diseñados mediante procesos biológicos, de las bacterias y la materia orgánica existente en el agua residual, estas lagunas tienen una eficiencia en la remoción de la BDO₅ entre el 70 - 85%, y del 55% - 95% de los SST.

En las lagunas de estabilización se tienen las algas que tienen la función de absorber el CO₂, y emiten el oxígeno, mientras que la materia orgánica es consumida por las bacterias.

Para el tratamiento de las aguas residuales se tienen diversos tipos de lagunas: aerobias, anaerobias, facultativas entre otros, para el departamento de Puno, no son adecuadas los sistemas anaerobios. (OS 090, 2006, pág. 95)

- Lagunas Anaerobias

Este tipo de lagunas se utiliza como un primer sistema, y cuando no se cuenta con terrenos disponibles, en estas lagunas se consideran varias lagunas establecidas en serie, en el departamento de Puno no es adecuado este sistema en vista de que en temporadas de invierno las temperaturas son menores a 15°C.

Debido a que este sistema cuenta con alta carga orgánica, se sugiere incorporar una laguna facultativa esto con la finalidad de cumplir con los límites permisibles.

Según la norma OS 090, propone para el dimensionamiento de lagunas anaerobias se puede usar lo siguiente. (OS 090, 2006, pág. 96)

Carga orgánica volumétrica de 100 - 300 g BDO₅/(m³.d)

Período de retención de 1 a 5 días

Profundidad de 2.5 a 5 m

50% de eficiencia de remoción de DBO₅

La carga orgánica para una laguna anaerobia viene dada por:

$$C.O = \frac{Q*DBO}{1000}$$

Dónde:

C.O = carga orgánica

Q = Caudal de diseño

La carga Volumétrica γ_v viene dado por:

$$\gamma_v = 20T - 100$$

$$\% DBO_{removido} = 2T + 20$$

El volumen de la laguna viene dado por:

$$V_a = \frac{DBO*Q}{\gamma_v}$$

Dónde:

Va = Volumen en m³

Q = Caudal de diseño

γ_v = Carga volumétrica

$$A_a = \frac{V_a}{h}$$

A_a = Área de la laguna

h = Altura de la laguna

El tiempo de retención viene dado por:

$$t_r = \frac{V_a}{Q}$$

La remoción de coliformes fecales Viene dado por:

$$Ne = \frac{N_i}{1+kt*tr}$$

$$kt(d^{-1}) = 2.6(1.19)^{T-20}$$

Dónde:

$kt(d^{-1})$ = Constante global de decaimiento

Ne = Coliformes fecales a la salida de la laguna

N_i = Coliformes fecales a la entrada de la laguna. (Cansino & Tomasini, 2017, págs. 41)

- Lagunas Aereadas

Este tratamiento es uno de los más importantes ya que utiliza terrenos donde no requiere de grandes extensiones así mismo este tipo de tratamiento se enfoca a los de origen doméstico e industrial. Dentro de los sistemas de lagunas aereadas se encuentran:

Las lagunas aereadas de mezcla completa, en donde la materia orgánica se mantiene en suspensión y es algo parecido a los sistemas de lodos activados.

“Lagunas aereadas facultativas, en este sistema el sistema está compuesto por un sistema de aireación, en donde se puede observar la presencia de burbujas en la parte superficial”.(OS 090, 2006)

Lagunas facultativas

En este tipo de lagunas el aire requerido por las bacterias es producido por las algas esto por la fotosíntesis, esto se produce en el fondo de la laguna. Para el diseño de este tipo de laguna se tomará la temperatura más baja del mes más frío, de no ser posible contar con este dato se tomará la temperatura del aire en el mes más frío. (OS 090, 2006, pág. 97)

Laguna de maduración

“Este tipo de lagunas se proyectan con tiempos de retención en promedio de 7 días, la remoción de los coliformes fecales en este sistema se puede calcular en base a modelos de mezcla completa”. (Rojas 2005, pág. 168)

Filtros Percoladores

Este sistema tiene un material filtrante como puede ser material de grava o material prefabricado, en donde el agua residual a través circula de arriba hacia abajo percolando material filtrante (Ramalho, 1983, pág. 493). Según la norma OS 090, tienen una eficiencia en la remoción de la DBO₅ del 50% -90%, y del 70% - 90% de los SST.

Tabla 12: Parámetros del sistema filtro percolador

PARÁMETRO	TIPO DE CARGA	
	BAJA	ALTA
Carga hidráulica, m ³ /m ² /d	1 – 4	8 – 40
Carga orgánica, kg DBO/m ³ /d	0.08 – 0.40	0.40 – 4.80
Profundidad (lecho de piedra), m	1.50 – 3	1.00 – 2
(medio plástico), m	Hasta 12 m	1 – 2
Razón de recirculación	0	

Fuente: (OS 090, 2006, p. 106)

Los filtros percoladores no contarán con caudal de recirculación, sin embargo, el factor de recirculación ($F = 1$) se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$F = \frac{(1+R)}{\left(1+\frac{R}{10}\right)^2}$$

Dónde:

R: razón de recirculación = 0

El volumen del filtro percolador viene dado por:

$$V = \left(\frac{W}{F}\right) * \left(\frac{0.4425E}{(1-E)}\right)^2$$

Dónde:

W = Carga orgánica de ingreso al filtro

E = Eficiencia del filtro

F = Factor de recirculación

(Hernández 2016, p. 170)

Biodiscos

Los biodiscos son sistemas que rotan alrededor de su propio eje, en donde tienen unos discos prefabricados en promedio de 3m, tienen una longitud en promedio de 7 m, en donde se incorporan gran cantidad de discos, los discos rotan alrededor del agua residual en donde están sumergidos aproximadamente un 40% de su área, estos al girar generan aire que es transportado al interior del agua residual para que las bacterias puedan degradar la materia en suspensión. (Ramalho, 1983, pág. 493)

Lodos activados

Según la norma (OS 090 R. , 2006), “se considera dentro de este sistema cuando la eficiencia está entre 75% - 95%, dentro de este sistema están los de aireación prolongada”. (OS 090 2006, pág. 100)

Sopladores

“Son equipos rotatorios y se emplean en la estabilización aerobia. Si se seleccionan sopladores rotatorios de desplazamiento positivo, al menos dos de los tres sopladores deben equiparse con motores de doble velocidad que proporcionan flexibilidad y optimicen el proceso”. (Cortinez, 2012, pág. 74)

Aeración con difusores

“Los difusores de aire se instalan en el fondo del reactor. Los difusores de aire comúnmente utilizados son de burbujas grandes o burbujas finas. Estos sistemas aumentan la temperatura del reactor, las espumas en el reactor no generan problema”. (Cortinez, 2012, pág. 72)

2.1.5.- Tratamiento Terciario

Se utiliza estos sistemas cuando el tratamiento secundario no cumple con los LMP, por lo que se requiere incorporar de otros sistemas como tratamiento por cloración, osmosis inversa, nitrificación y desnitrificación, coagulación, filtración entre otros, el tipo de tratamiento a incorporar deberá de estar fijado por el profesional responsable de la ejecución de los estudios. (OS 090, 2006, pág. 110)

2.1.6.- Tratamiento y disposición de lodos

Lecho de Secado de Lodos

Según la norma OS 090, “los lechos de secado son unos de los métodos más simple y económico de tratar los lodos estabilizados la gravedad específica de los lodos digeridos varía de 1.03 y 1.04, los siguientes valores se dan como guía para el contenido de sólidos en el lodo digerido: Para el lodo primario digerido: de 8 a 12% de sólidos, Para el lodo digerido de procesos biológicos, incluido el lodo primario de 6 a 10% de sólidos”. (OS 090, 2006, pág. 112)

“La profundidad del lecho está entre 0.20 y 0.40 m, Período de aplicación igual a 5 horas, Período de secado igual a 3 semanas para climas cálidos y entre 6 semanas para climas más fríos”. (p. 113)

Según CEPIS, (2005) establece las siguientes fórmulas para el dimensionamiento de lecho de secado de lodos:

$$C = \text{Población} * \text{Contribución per cápita} \frac{\text{grSS/hab.día}}{1000}$$

Según la organización panamericana de la salud (2005), la masa de sólidos que conforman los lodos viene dada por la siguiente expresión (p. 19)

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

El volumen diario de lodos digeridos viene dado por (pág. 19)

$$Vdl = \frac{Msd}{\rho_{lodo} * (\% \text{ de } \frac{\text{sólidos}}{100})}$$

Dónde:

ρ_{lodo} : Densidad de lodo = 1.04 kg/lt

% sólidos = % de sólidos en el lodo, varía de 8% - 12%

El volumen de lodos a extraerse del tanque viene dado por:

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000}$$

Dónde:

Td = Tiempo de digestión en días

El área de lecho de secado viene dada por:

$$Als = \frac{Vel}{Ha}$$

Dónde:

Ha = Profundidad de aplicación varía entre 0.20 m – 0.40 m.

Fuente: (CEPIS, 2005, p. 19)

2.2.- MARCO CONCEPTUAL

Agua Residual: “Es el agua proveniente de la transformación de las actividades del hombre ya sea doméstica o industrial y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión”. (OS 090, 2006, pág. 80)

Agua Residual Municipal

“Dentro de estas aguas residuales están, las aguas residuales domésticas o industriales, siempre que estas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado”. (OS 090, 2006, pág. 80)

Demanda Química De Oxígeno (DQO): “Mide la cantidad de oxígeno para la oxidación química de la materia orgánica. Así mismo incluye la cantidad de oxígeno requerido para llevar a cabo la nitrificación”. (Robles, 2000, pág. 16)

Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO₅): “Es el oxígeno que requieren los microorganismos para degradar la materia orgánica. El valor de la DQO da una idea del contenido de materia oxidable”. (Robles, 2000, pág. 17)

Oxígeno Disuelto: “Cantidad de oxígeno solubilizado en el agua residual, es decir el oxígeno libre que se encuentra”. (OS 090, 2006, pág. 84)

Sólidos en Suspendidos Totales: “Son sólidos constituidos por sólidos sedimentables, sólidos y materia orgánica en suspensión, que son retenidos en el elemento filtrante”. (Ocampo & Perez, 2013, pág. 10)

Nitrógeno: “El nitrógeno es una variedad de compuestos como el nitrógeno orgánico, amoniacal, nitritos y nitratos señalan la proximidad o distancia al punto de vertido de agua residual la concentración del ion amonio”. (Hernández, 2016, pág. 10)

PH: “En la naturaleza, así como en los vertidos urbanos e industriales se encuentran ácidos y bases, las aguas urbanas tienen un PH promedio al valor de 7”. (Hernández, 2016, pág. 11)

Temperatura

“La temperatura es el principal factor de la complejidad del agua ya que si la temperatura desciende su efecto puede ser perjudicial para el sistema de tratamiento.” (Robles, 2000, pág. 34)

Grasas

“Las grasas en las aguas residuales, son perjudiciales en vista que deterioran los sistemas de alcantarillado, estas grasas generan una película envolvente de los flóculos biológicos impidiendo la circulación del oxígeno en los sistemas de PTAR”. (Hernández, 2016, pág. 11)

Bacterias.

“Las bacterias, son organismos microscópicos con cromosoma bacteriano único, división binaria y que intervienen en los procesos de estabilización de la materia orgánica”. (OS 090, 2006, pág. 80)

2.3.- HIPÓTESIS

2.3.1.- Hipótesis general

La evaluación y propuesta de mitigación del impacto contaminante de las aguas residuales en la laguna de estabilización en la localidad de Taraco reducirá la contaminación.

2.3.2.- Hipótesis específica

- De los resultados del análisis físico químico y microbiológico de las aguas residuales que ingresan y egresan de la laguna de estabilización exceden los LMP establecidos por el DS N° 003 – 2010 – MINAM.
- La laguna de estabilización de acuerdo a la evaluación de los análisis físico, químico, microbiológico y de acuerdo al diseño no es eficiente.
- La propuesta de la planta de tratamiento eficiente mitiga el impacto contaminante de las aguas residuales.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.- ZONA DE ESTUDIO

El lugar de estudio se encuentra situado en el distrito de Taraco en las coordenadas 15°17'54"S 69°48'44" O, al noreste del distrito de Huancané, tiene una superficie de 198.02 Km², y una altitud de 3819 m.s.n.m.

Ubicación Política

Departamento : Puno
Provincia : Huancané
Distrito : Taraco

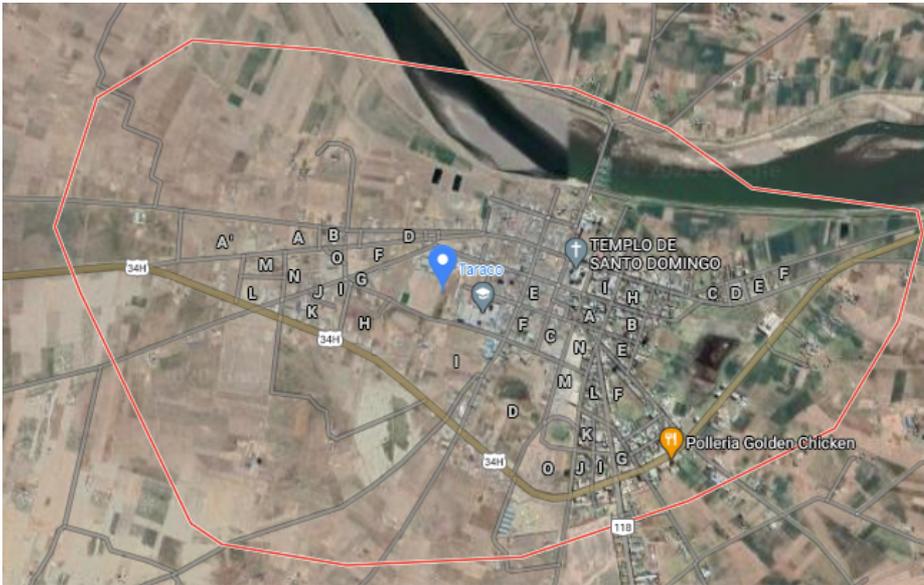


Figura 02: Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Google Earth

3.2.-TAMAÑO DE MUESTRA

3.2.1.-Población

La población de la presente investigación son las aguas residuales de la localidad de Taraco y estas desembocan en la laguna de estabilización

3.2.2.- Muestra

Se tomarán 2 muestras del agua residual en el afluente y efluente de la laguna de estabilización, así mismo se tomará la muestra del río esto con la finalidad de realizar el balance de masas, tiene la coordenada este 394627.34m, y la coordenada norte 8308736.73m.

Ubicación de la laguna



Figura 03: Ubicación de la laguna de estabilización

Fuente: Google Earth

3.3.- MÉTODO Y TÉCNICAS

3.3.1.- Toma de muestra del agua residual y del río

La toma de muestra del agua residual se realizó por el laboratorio B & C en donde cuenta con los parámetros que se establecen para la evaluación de la laguna de estabilización.

El personal responsable deberá de cumplir con los protocolos establecidos por la ANA, en donde deberán de utilizar guantes, mascarillas, lentes para la protección de la vista.

Estas muestras deben de preservarse y conservarse en un cooler con hielo, en donde en el rotulado de las muestras no debe de estar con borrones ni manchas.

Por otro lado se debe de tener en cuenta el punto a tomar la muestra ya que el agua residual puede variar por lo que en la presente investigación se tomará la muestra al ingreso de la laguna, en la salida, y se tomó la muestra del río esto para el balance de masas.



Figura 04: Laguna de estabilización existente



Figura 05: Toma de muestra del río

3.3.2.- Evaluación de la laguna de estabilización

Se evaluó la laguna de estabilización, en donde se procedió a verificar si esta laguna cumplió con lo establecido por el D.S 003 – 2010 MINAM, así mismo se estableció algunas recomendaciones que brindan los libros internacionales, por lo que se verificó las dimensiones, en que se encuentre dicha laguna para posterior a ello se realizó un dimensionamiento de la laguna esto con los parámetros del agua residual realizado.

Posterior a ello se evaluó el sistema más eficiente de una planta de tratamiento de aguas residuales para la zona esto previo balance de masas entre el agua residual y el agua del río. Según la resolución Jefatural N° 056 – 2018 – ANA, clasifica a las fuentes de agua por categorías por lo que al Río Ramis lo clasifica dentro de la categoría 3.

Según el decreto supremo N° 004 – 2017 – MINAM, se aprueba los estándares de calidad ambiental del agua, y están clasificados por categoría, por lo que dentro de la categoría 3, que corresponde a riego de vegetales y bebida de animales y establece una BDO₅ de 15 mg/lt.

3.4.- VARIABLES E INDICADORES

Las variables consideradas en el estudio serán:

Laguna de estabilización (Variable Dependiente): Estructura en la zona.

Aguas residuales (Variable Independiente): Las aguas que serán tratadas y que presentan características físicas, químicas y microbiológicas.

3.4.1.- Operacionalización de variables

Tabla 13: Variables de estudio

Variables	Dimensión	Indicador	Índice
Variable dependiente	Laguna anaerobia	Capacidad de retención de la materia orgánica.	mg/lt
:Laguna de estabilización	Parámetros físicos	Sólidos suspendidos totales	mg/lt
		Temperatura	°C
Variable independiente:	Químicos	DBO ₅	mg/lt
Aguas residuales		Aceites y grasas	mg/lt
		DQO	mg/lt
	Microbiológicos	Número de coliformes fecales	NMP

3.5.- MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

En la presente investigación se utilizó la prueba t student, es una prueba estadística para evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias en una variable.

Se simboliza: t.

En esta prueba se evaluó la hipótesis nula la media de la población estudiada es igual a un valor especificado $\mu > 0$, se hizo uso del estadístico t donde \bar{x} es la media muestral, s es la desviación estándar muestral y n es el tamaño de la muestra.

Los grados de libertad utilizados en esta prueba se corresponden al valor $n - 1$.

$$S = \sqrt{\sum(X - \bar{X})^2 / (n - 1)}$$

$$t = \frac{\bar{X} - u}{s/\sqrt{n}}$$

Dónde:

\bar{X} = Media aritmética

u = Valor de referencia

S = Desviación estándar

n = Número de muestras

3.5.1.- Método específico

El enfoque de la metodología fue cuantitativo, ya que se utilizó números, se encuentra dentro de una metodología cuantitativa discreta ya que se trabajó con números finitos, que puedan cuantificarse.

3.5.2.- Tipo de la Investigación

La investigación se ubicó dentro del tipo de investigación no experimental, ya que no se movió deliberadamente las variables, sin ejercer la administración de las mismas.

3.5.3.- Nivel de la investigación

El nivel investigativo fue descriptivo simple, ya que solo se trabajó con una muestra simple al ingreso y a la salida de la laguna.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1.- RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL

De acuerdo a nuestro primer objetivo específico, en donde se planteó realizar el análisis físico químico y microbiológico de las aguas residuales que ingresan y egresan de la laguna de estabilización esto según el DS N° 003 – 2010 -MINAM, a continuación se detalla el procedimiento.

4.1.1 .- Resultado de los análisis del agua residual al ingreso de la laguna de estabilización

Tabla 14: Resultados de los parametros fisicos del agua residual

PARÁMETROS	UND	RESULTADO
Temperatura	°C	17
Sólidos suspendidos totales	mg/lit	580

De acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio esto según el anexo 2 y tabla 14, se tiene que la temperatura del agua residual es igual a 17°C, según decreto supremo N° 003 – 2010 – MINAM, el LMP debe de ser menor a 35°C, por lo que no supera los LMP, en cuanto a los sólidos suspendidos se tuvo un valor igual a 580 mg/lit, según decreto supremo N° 003

– 2010 – MINAM, los sólidos suspendidos no debe de superar a 150 mg/lt, por lo que el agua residual supera los LMP.

Tabla 15: Resultados de los parámetros químicos del agua residual

PARÁMETROS	UND	RESULTADO
PH		6.8
Demanda química de oxígeno	<i>mg/l</i>	510
Aceites y grasas	mg/lt	14

De acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio esto según el anexo 2 y tabla 15, se tiene que el PH del agua residual es igual a 6.8, según decreto supremo N° 003 – 2010 – MINAM, el LMP debe estar comprendido entre 6.5 - 8.5, por lo que el PH está dentro de los LMP, en cuanto a la demanda química de oxígeno se tuvo un valor igual a 510 mg/lt, según decreto supremo N° 003 – 2010 – MINAM, la demanda química de oxígeno no debe de superar de 200 mg/lt, por lo que el agua residual supera los LMP, en cuanto a los aceites y grasas de acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio se tuvo un valor igual a 14 mg/lt, según decreto supremo N° 003 – 2010 – MINAM, los aceites y grasas deben ser menores a 20 mg/lt, por lo que en cuanto a este parámetro no supera los LMP.

Tabla 16: Resultados de los parámetros biológicos del agua residual.

PARÁMETROS	UND	RESULTADO
Demanda bioquímica de oxígeno	<i>mg/l</i>	380
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	$8.6 * 10^5$

De acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio, esto según el anexo 2 y tabla 16, se tiene que la DBO del agua residual es igual a 380 mg/lit, según decreto supremo N° 003 – 2010 – MINAM, el LMP para la BDO₅ debe ser igual a 100 mg/lit, por lo que este parámetro supera los LMP. En cuanto a los Coliformes termotolerantes se tuvo un valor igual a $8.6 * 10^5$ NMP/100ml, según decreto supremo N° 003 – 2010 – MINAM, el LMP para los coliformes termotolerantes debe ser menor a 10000 NMP/100ml, por lo que este parámetro supera los LMP.

4.1.2 .- Resultados de los análisis del agua residual en la salida de la laguna de estabilización

Tabla 17: Resultados de los parámetros físicos del agua residual

PARÁMETROS	UND	RESULTADO
Temperatura	°C	17
Sólidos suspendidos totales	mg/lit	392

De acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio, esto según el anexo 2 y tabla 17 se tiene que la temperatura del agua residual es igual a 17°C, según decreto supremo N° 003 – 2010 – MINAM, el LMP debe de ser menor a 35°C, por lo que no supera los LMP. En cuanto a los sólidos suspendidos se tuvo un valor igual a 392 mg/lit, según decreto supremo N° 003 – 2010 – MINAM, los sólidos suspendidos no debe de superar a 150 mg/lit, por lo que el agua residual supera los LMP.

Tabla 18: Resultados de los parámetros químicos del agua residual

PARÁMETROS	UND	RESULTADO
PH		6.9
Demanda química de oxígeno	mg/l	470
Aceites y grasas	mg/lit	14

De acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio, esto según el anexo 2 y tabla 18 ,se tiene que el PH del agua residual es igual a 6.9, según decreto supremo N° 003 – 2010 – MINAM, el LMP debe estar comprendido entre 6.5 - 8.5, por lo que el PH está dentro de los LMP. En cuanto a la demanda química de oxígeno se tuvo un valor igual a 470 mg/lit, según decreto supremo N° 003 – 2010 – MINAM, la demanda química de oxígeno no debe de superar de 200 mg/lit, por lo que el agua residual supera los LMP. En cuanto a los aceites y grasas de acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio se tuvo un valor igual a 14 mg/lit, según decreto supremo N° 003 – 2010 – MINAM, los aceites y grasas deben ser menores a 20 mg/lit, por lo que en cuanto a este parámetro no supera los LMP.

Tabla 19: Resultados de los parámetros biológicos del agua residual.

PARÁMETROS	UND	RESULTADO
Demanda bioquímica de oxígeno	<i>mg/l</i>	310
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	$8.3 * 10^5$

De acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio, esto según el anexo 2 y tabla 19, se tiene que la BDO₅ del agua residual es igual a 310 mg/lit, según decreto supremo N° 003 – 2010 – MINAM, el LMP para la BDO₅ debe ser igual a 100 mg/lit, por lo que este parámetro supera los LMP. En cuanto a los Coliformes termotolerantes se tuvo un valor igual a $8.3 * 10^5$ NMP/100ml, según decreto supremo N° 003 – 2010 – MINAM, el LMP para los coliformes termotolerantes debe ser menor a 10000 NMP/100ml, por lo que este parámetro supera los LMP.

Tabla 20: Resultados de los análisis del agua del río

PARÁMETROS	UND	RESULTADO
Demanda biológica de oxígeno	mgO_2/l	12

De acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio, esto según el anexo 2 y tabla 20, se tiene que la BDO₅ del agua del río es igual a 12 mg/lit, de acuerdo a los ECA, para la categoría 3, riego de vegetales y bebida de animales debe ser menor a 15 mg/lit, por lo que el agua del río está dentro de los ECA.

Tabla 21: Análisis comparativo de los LMP con los resultados del laboratorio esto en la salida de la laguna

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP, DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LABORATORIO
Aceites o grasas	mg/lit	20	14
Coliformes termotolerantes	NMP/100, mg	10000	830000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/lit	100	310
Demanda Química de Oxígeno	mg/lit	200	470
PH	Unidad	6.5-8.5	6.9
Sólidos Totales en Suspensión	mg/lit	150	392

Temperatura	°C	< 35	17
-------------	----	------	----

Tabla 22: Análisis comparativo de los VMA, con los resultados obtenidos en el laboratorio esto en el ingreso a la laguna

PARÁMETRO	UNIDAD	VMA PARA	
		DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LABORATORIO
Aceites y grasas	mg/lit	100	14
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/lit	500	380
Demanda química de oxígeno	mg/lit	1000	510
Sólidos totales en suspensión	mg/lit	500	580

4.2.- EVALUACIÓN DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN

De acuerdo a nuestro segundo objetivo específico se evaluó la eficiencia de la laguna de estabilización de acuerdo a los análisis físico, químico, microbiológico y de acuerdo al diseño, para lo cual se detalla a continuación.

4.2.1.- Periodo de diseño

En la presente investigación se evaluó la laguna de estabilización, para lo cual se determinó las dimensiones reales de la laguna por lo que para el diseño se planteó para una población futura de 20 años.

Tabla 23: Cálculo de la población futura

AÑO	POBLACIÓN	$P_{i+1} - P_i$	R
2005	15601	-136	-136
2006	15465	-148	-148
2007	15317	-157	-157
2008	15160	-160	-160
2009	15000	-161	-161
2010	14839	-160	-160
2011	14679	-163	-163
2012	14516	-166	-166
2013	14350	-167	-167
2014	14183	-169	-169
2015	14014		

$$r_{\text{(promedio)}} = -158.7$$

Nota si la razón de crecimiento resulta ser negativa se debe de tomar un valor de 0, esto según la RM-192-2018-VIVIENDA, por lo tanto, consideraremos una tasa de crecimiento igual a cero, porque no se puede tomar estructuras hidráulicas que se reduzcan de tamaño, por lo tanto, la población futura será la misma.

$$P_f = P_o + r (t_f - t_o) = 14014 - 0.00 * (2035 - 2015) = 14014 \text{ hab.}$$

Cálculo de los caudales:

$$Q_m = \frac{\text{Población futura} * \text{Dotación} * 0.8}{86400}$$

$$Q_m = \frac{14014 * 180 * 0.8}{86400} = 23.356 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{diario} = 1.3 Q_m = 1.3 * 23.356 = 30.363 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{horario} = (1.8)Q_m = 1.8 * 23.356 = 42.041 \text{ lt/seg}$$

4.2.2.- Diseño de la Laguna Anaerobia

DATOS:

Dotación = 180.00 lt/hab.día

Pf = 14014 hab

Qm = 23.36 lt/s = 2018.016 m³/d

Qd = 30.36 lt/s = 2623.4208 m³/d

Qmax = 42.04 lt/s = 3632.4288 m³/d

DBO₅ = 380 mg/lt = 958.56 kg/día

Temperatura = 17°C

Coliformes fecales = 860000 NMP/100ml

Solución:

1.- Carga orgánica

$$C.O = \frac{Q * DBO}{1000} = \frac{3632.429 * 380}{1000} = 1380.32 \text{ kg/día}$$

2.- Carga Volumétrica de diseño

$$\gamma_v = 20T - 100 = 20 * 17 - 100 = 240 \frac{\text{gr} DBO}{\text{m}^3} * \text{día}$$

3.- Remoción de la DBO₅

$$\% DBO \text{ removido} = 2T + 20 = 2 * 17 + 20 = 54\%$$

4.- Volumen de la laguna

$$Va = \frac{DBO \cdot Q}{\gamma v} = \frac{380 \cdot 3632.429}{240} = 5751.35 \text{ m}^3$$

5.- Área de la laguna (considerando 5 m de profundidad)

$$Aa = \frac{Va}{Z} = \frac{5751.35}{5} = 1150.27 \text{ m}^2$$

6.- Tiempo de retención hidráulica

$$Tr = \frac{Va}{Q} = \frac{5751.35}{3632.429} = 1.58 \text{ días}$$

7.- Concentración de la DBO_5 , en el efluente de la laguna

$$DBOe = (100 - \%DBO \text{ removido}) * DBO5$$

$$DBOe = (100 - 54) * 380 = 174.8 \text{ mg/l}$$

8.- Remoción de coliformes fecales

$$kt = 2.6(1.19)^{T-20} = 2.6(1.19)^{17-20} = 1.516d^{-1} = 1.54$$

Coliformes fecales en el efluente de la laguna

$$Ne = \frac{Ni}{1 + kt * Tr} = \frac{860000}{1 + 1.54 * 1.58} = 249789.777 \text{ NMP/100ml}$$

9.- Dimensionamiento

Se considera una sección trapezoidal con taludes de 1:1.

Como se tiene un volumen total de 5751.35 m^3 , las dimensiones de la laguna se realizan por tanteo, teniendo en consideración que debe resultar igual al valor calculado o ligeramente mayor.

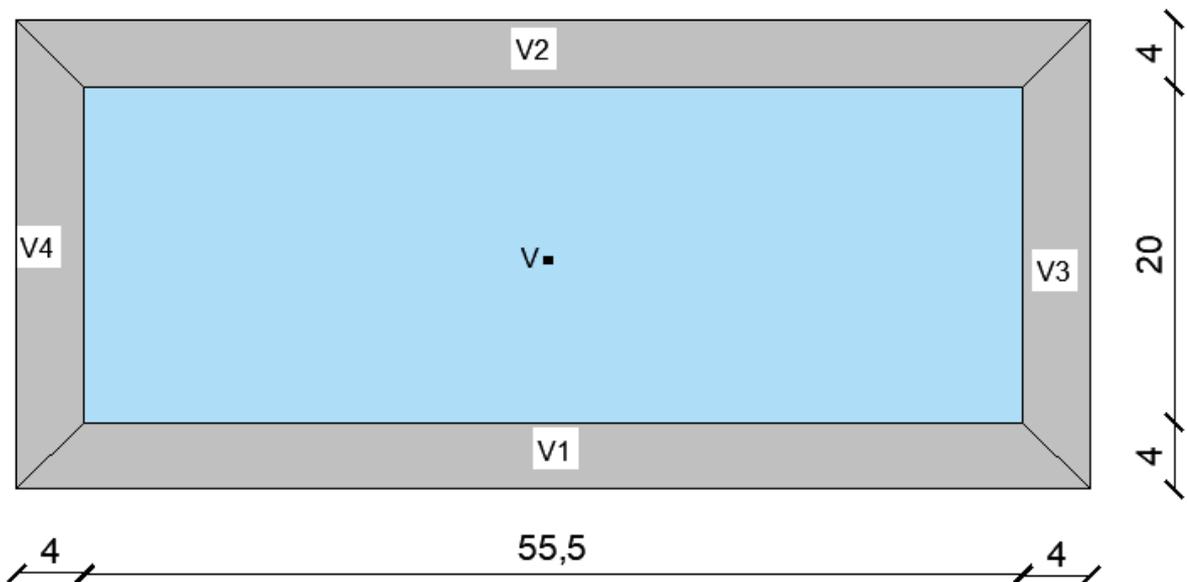


Figura 06: Dimensiones de la laguna calculada

$$V_{\blacksquare} = 55.5 \text{ m} * 20 \text{ m} * 5 \text{ m} = 5550 \text{ m}^3$$

$$V_1 = 4 \text{ m} * \frac{5 \text{ m}}{2} * 59.5 \text{ m} = 595 \text{ m}^3$$

$$V2 = 4m * \frac{5m}{2} * 59.5 m = 595 m^3$$

$$V3 = 4m * \frac{5m}{2} * 24m = 240 m^3$$

$$V4 = 4m * \frac{5m}{2} * 24m = 240 m^3$$

4.2.3 .- Discusión y análisis de resultados para la laguna de estabilización

Según la evaluación realizada podemos ver que la laguna de estabilización no cuenta con un pretratamiento, como son la rejilla y el desarenador, de igual forma no cuenta con un tratamiento primario, solo cuenta con una laguna de estabilización, y una laguna de estabilización está considerada como un tratamiento secundario, por lo que se puede ver la deficiencia en la elección de este sistema.

Así mismo según el dimensionamiento realizado resulta un volumen de 5751.35 m³, y un área de 1150.27 m².

Verificando in situ la laguna resulta un volumen de 4735.85m³, y un área de 947.17 m² por lo que se puede observar el inadecuado dimensionamiento.

4.2.3.1.- Discusión de los resultados para la laguna de estabilización para la DBO₅

Según nuestro resultado de laboratorio obtenido se tiene una DBO₅ de 380 mg/lit esto en el afluente mientras que en el efluente de la laguna se tiene una BDO₅ de 310 mg/lit, según el D.S. N° 003-2010-MINAM de los LMP, establece que los efluentes de las PTAR, no debe de superar de 100 mg/lit de DBO₅, por lo tanto la laguna de estabilización no cumple con lo establecido por la norma.

$$Eficiencia = \frac{(380-310)}{380} = 0.1842 = 18.42\%$$

Podemos ver que la eficiencia del sistema es relativamente baja, ya que según la norma OS 090, la eficiencia para estos sistemas debe estar comprendida entre 70% - 85%, y según nuestro cálculo la eficiencia resulta igual a 18.42%.

Esta deficiente eficiencia se debe a que el sistema no tiene el mantenimiento y operación que se debe de dar a esta laguna anaerobia.

Las lagunas anaerobias no son eficientes para la zona ya que la localidad de Taraco tiene, en promedio una temperatura promedio anual de 8°C, llegando en invierno hasta -8°C, y las bacterias a estas temperaturas no son eficientes, por lo que se recomienda a corto plazo incorporar sistemas de aireación ya que estos sistemas emiten aire caliente al agua así mismo incorporar bacterias aerobias como los nitrosomas y nitrobacter para que así estos cumplan la función de degradar la materia orgánica, por lo que la laguna anaerobia se transformaría a una laguna aerobia.

Por otro lado se puede optar por sistemas como paneles solares esto con la finalidad de aumentar la temperatura del agua residual, manteniendo el sistema como anaerobio en vista que no se incorpora aire al sistema, teniendo en consideración que el sistema trabajaría con las bacterias anaerobias.

4.2.3.2.- Discusión de los resultados para la laguna de estabilización para los SST

Según nuestro resultado de laboratorio obtenido se tiene 580 mg/lit de SST, esto en el afluente mientras que en el efluente de la laguna se tiene 392 mg/lit, según el D.S. N° 003-2010-MINAM de los LMP, establece que los efluentes de las PTAR, no debe de superar de 150 mg/lit de SST, por lo tanto, la laguna de estabilización no cumple con lo establecido por la norma.

$$Eficiencia = \frac{(580-392)}{580} = 0.3241 = 32.41\%$$

Podemos ver que la eficiencia del sistema es baja, ya que la eficiencia para estos sistemas debe estar comprendida entre 55% - 95%, y según nuestro cálculo la eficiencia resulta igual a 32.41 %. Esta deficiente eficiencia se debe a que el sistema no tiene la adecuada operación y mantenimiento.

4.2.3.3.- Discusión de los resultados para la laguna de estabilización para los Coliformes termotolerantes

Según nuestro resultado de laboratorio obtenido se tiene 860000 NMP/100ml de coliformes, esto en el afluente mientras que en el efluente de la laguna se tiene 830000 NMP/100 ml, según el D.S. N° 003-2010-MINAM de los LMP, establece que los efluentes de las PTAR, no debe de superar de 10000 NMP/100ml, por lo tanto, la laguna de estabilización no cumple con lo establecido por la norma ya que existe infinidad de bacterias que alteran la fauna acuática.

$$Eficiencia = \frac{(860000-830000)}{860000} = 0.03488 = 3.48\%$$

Podemos ver que la eficiencia del sistema es prácticamente casi nula, ya que la eficiencia para estos sistemas debe estar comprendida en promedio del 90%, y según nuestro cálculo la eficiencia resulta igual a 3.48%. Esta deficiente eficiencia se debe a que el sistema no tiene el adecuado mantenimiento y operación.

4.3.- PROPUESTA DE MITIGACIÓN: TÉCNICA, ECONÓMICA Y FINANCIACIÓN

De acuerdo a nuestro tercer objetivo específico se ha propuesto una planta de tratamiento eficiente para mitigar el impacto contaminante de las aguas residuales, por lo que se detalla a continuación el procedimiento realizado.

TÉCNICA.- Según lo evaluado en la laguna de estabilización, podemos ver que tiene deficiencias en el diseño y la eficiencia del sistema, pese a contar con una laguna de estabilización, esta no está diseñada para la población existente en vista que las

dimensiones son menores a lo calculado, por lo que nuestra propuesta de solución es plantear una nueva planta de tratamiento de aguas residuales de acuerdo a la zona, y esta estaría conformado de la siguiente manera

- Tratamiento Preliminar 01 rejilla, 01 desarenador, de acuerdo a la norma OS 090, se tomará una rejilla manual, y no mecanizada en vista de que los sistemas mecanizados requieren de energía eléctrica y estos son usados por poblaciones en donde su tasa de crecimiento es alta

Con respecto al desarenador estos son necesarios en toda planta de tratamiento, el desarenador seleccionado será el de tipo manual y de flujo horizontal, no se requerirá un sistema mecánico esto por la operación y mantenimiento, ya que los sistemas mecánicos son usados para grandes poblaciones.

- Tratamiento primario, consta de un decantador primario circular, se elige este decantador en vista que la población futura de la localidad de Taraco es de 14014 habitantes, y según la norma OS 090, menciona dentro de los tratamientos primarios están el tanque Imhoff, tanque de flotación y decantadores primarios, descartamos el tanque Imhoff porque estos se diseñan para población de hasta 5000 habitantes, descartamos el tanque de flotación en vista de que este es un tratamiento físico – químico, y se usa cuando las partículas tienen baja densidad, así como los aceites.

Por lo tanto, consideramos un decantador primario circular, la forma que adoptamos circular es porque tiene mayor durabilidad que un decantador rectangular ya que las fuerzas interiores actúan uniformemente en la superficie.

4.3.1.- Variaciones de los parámetros de la PTAR

Tabla 24: % de remoción en el pre tratamiento

PARÁMETROS	ENTRADA	SALIDA	% DE REMOCIÓN
BDO ₅	380mg/lit	361.mg/lit	5%
Sólidos suspendidos	580 mg/lit	551 mg/lit	5%
Coliformes	= 860000 NMP/100ml	= 860000 NMP/100ml	0%

Según Hernández (2016) de los porcentajes de remoción de los contaminantes tal cual se establece en la tabla 04, y estos son reflejados en la tabla 23, se puede observar que en el pretratamiento se tiene una remoción de 19 mg/lit de la BDO₅, que representa el 5%, para los sólidos suspendidos se tiene una remoción de 29 mg/lit que representa el 5%, en cuanto a los coliformes no se tiene remocion alguna.

Tabla 25: % de remoción en el tratamiento primario

PARÁMETROS	ENTRADA	SALIDA	% DE REMOCIÓN
BDO ₅	361 mg/lit	261.725mg/lit	27.5%
Sólidos suspendidos	551 mg/lit	247.95mg/lit	55%
Coliformes	= 860000 NMP/100ml	473000 NMP/100ml	40%

Según Hernández (2016) de los porcentajes de remoción de los contaminantes tal cual se establece en la tabla 04, y estos son reflejados en la tabla 24, se puede observar que en el tratamiento primario se tiene una remoción de 99.275 mg/lit de la BDO₅, que representa el 27.5%, para los sólidos suspendidos se tiene una remoción de 303.05 mg/lit que representa el 55%, en cuanto a los coliformes se tiene una remoción de 387000 NMP/100ml, que representa el 40%.

Tabla 26: % de remoción en el tratamiento secundario

PARÁMETROS	ENTRADA	SALIDA	% DE REMOCIÓN
BDO ₅	261.725mg/lit	78.52mg/lit	67.5%
Sólidos suspendidos	247.95mg/lit	49.59mg/lit	75%
Coliformes	473000 NMP/100ml	260150 NMP/100ml	85%

Según Hernández (2016) de los porcentajes de remoción de los contaminantes tal cual se establece en la tabla 04, y estos son reflejados en la tabla 25, se puede observar que en el tratamiento secundario se tiene una remoción de 183.205 mg/lit de la BDO₅, que representa el 67.5%, para los sólidos suspendidos se tiene una remoción de 198.36 mg/lit que representa el 75%, en cuanto a los coliformes se tiene una remoción de 212850 NMP/100ml, que representa el 85%.

Tabla 27: % de remoción en el tratamiento terciario

PARÁMETROS	ENTRADA	SALIDA	% DE REMOCIÓN
BDO ₅	78.52mg/lit	78.52mg/lit	0%
Sólidos suspendidos	49.59mg/lit	49.59mg/lit	0%
Coliformes	260150 NMP/100ml	2601.5 NMP/100ml	99%

Según Hernández (2016) de los porcentajes de remoción de los contaminantes tal cual se establece en la tabla 04, y estos son reflejados en la tabla 26, se puede observar que en el tratamiento terciario no se tiene una remoción alguna de la BDO₅, para los sólidos suspendidos de igual manera no se tiene remoción, en cuanto a los coliformes se tiene una remoción de 234135 NMP/100ml, que representa el 99%.

Tabla 28: Balance de masas

Características del Sistema	Agua residual	Agua del río	ECA-3
Caudal	0.41m ³ /seg	13.20m ³ /seg	
DBO5 afluente al tratamiento secundario	261.725mg/lt	12 mg/lt	15 mg/lt

$$DBO_{5\text{ efluente}} * Q_{\text{efluente}} + DBO_{5\text{ río}} * Q_{\text{río aguas arriba}} = DBO_{5\text{ diseño}} * Q_{\text{río aguas abajo}}$$

$$DBO_{5\text{ efluente}} * 0.41 + 12 * 13.2 = 15 * 13.61$$

$$DBO_{5\text{ efluente}} = 111.585\text{ mg/lt}$$

$$DBO_{5\text{ agua afluente}} - DBO_{5\text{ efluente}} = 261.725\text{mg/lt} - 111.585\text{mg/lt} = 150.14\text{mg/lt}$$

$$Eficiencia = \frac{150.14}{261.725} = 57.36\%$$

Según el balance de masas entre el efluente del agua residual y el caudal del río y aplicando la norma OS 090, el sistema que elegimos es el de filtro percolador, que corresponde a una eficiencia entre 50% - 90%.

- Tratamiento secundario, según la norma OS 090, menciona lo siguiente el sistema de lodos activados tiene una eficiencia del 70% – 95%, los filtros percoladores tienen una eficiencia del 50% – 90%, las lagunas aeradas tienen una eficiencia del 80% - 90%, las zanjas de oxidación tienen una eficiencia del 70% – 95%, y las lagunas de estabilización del 70% –

85%, por lo tanto nuestra eficiencia según nuestro balance de masas resulta igual a 57.36%, que corresponde a un filtro percolador, ya que se encuentra entre 50% - 90%.

- Tratamiento terciario, según la norma OS 090, menciona diversidad de tratamientos terciarios como: osmosis inversa, coagulación, filtración, oxidación química, nitrificación - desnitrificación, precipitación, todos estos son tratamientos avanzados, y en muchos de ellos el tratamiento es bastante caro, el objetivo de la presente investigación es básicamente que la planta de tratamiento cumpla con el D.S. N° 003-2010-MINAM de los LMP, y la norma OS 090, de acuerdo a los cuadros de la remoción de las eficiencias se tiene una elevada cantidad de microorganismos por lo que para remover la cantidad de bacterias se opta por la cloración de agua.

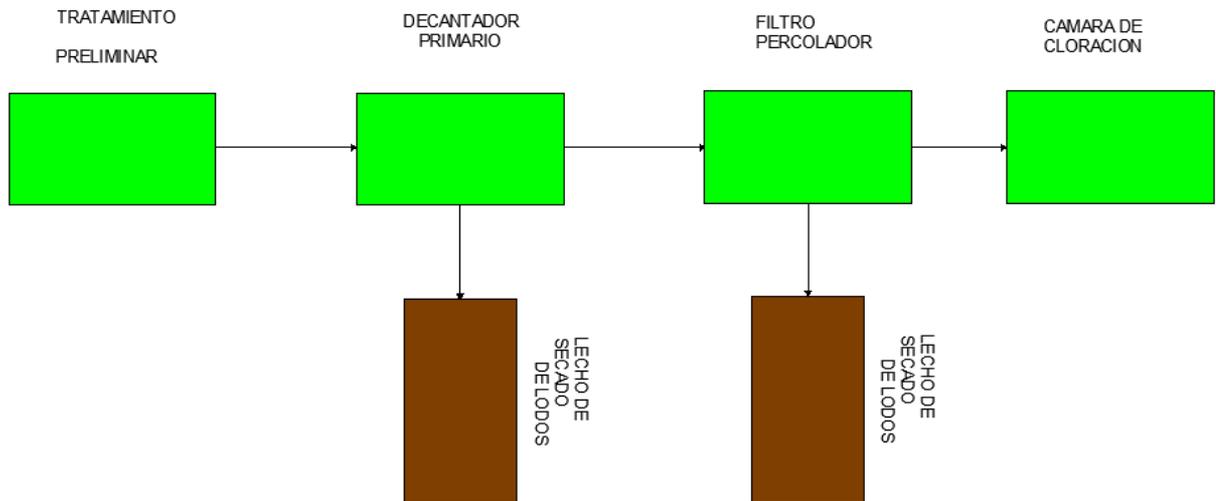


Figura 07: Diagrama de flujo seleccionado

ECONÓMICA .- El sistema seleccionado es económico, en vista que que no requiere de sistema de aireación en el tratamiento secundario, como los sopladores en el caso de los

sistemas de lodos activados que requieren de energía, así mismo el mantenimiento es económico ya que no cuentan con equipos mecanizados, y el sistema seleccionado cumplen con los LMP.

FINANCIACIÓN.- La localidad de Taraco por ser un distrito, que no tiene recursos para la ejecución de este proyecto, su financiamiento debe de ser a través del ministerio de vivienda, tal cual se vienen ejecutando a la fecha las PTAR, en las provincias del departamento de Puno. La propuesta planteada estaría solucionando los problemas que se vienen presentando con la contaminación de las aguas residuales, ya que el sistema planteado cumple con el D.S. N° 003 – 2010-MINAM de los LMP.

Diseño de las rejillas:

Cálculo de demanda

Dotación = 180 lt/hab.día

Pa = 14014 habitantes

Pf = 14014 habitantes

Qm = 23.356 lt/s

Qmh = 42.041 lt/s

Qd= 42.041 lt/s

Constante Mínimo Kmín = 0.50

Qdiseño = 42.041 lt/s Caudal de diseño

Qmax =42.041 lt/s Caudal máximo

Qmín=KmínxQp = 11.68 lt/s Caudal mínimo

Cálculo de las barras

Número de canales Nc = 1 und

Caudal máximo Qmáx = 42.041 lt/s

Caudal mínimo $Q_{min} = 11.68 \text{ lt/s}$

Espesor de las barras $e = \frac{1}{4} \text{ pulg}$

Espaciamiento entre barras $a = 1 \text{ pulg}$

Ancho de las barras $b_r = 1 \frac{1}{2} \text{ pulg}$

Velocidad entre barras $V_r = 0.70 \text{ m/s}$

$$\text{Coeficiente geométrico} = E = \frac{a}{a+e} = \frac{1}{1+0.25} = 0.8$$

$$\text{Área útil} = A_u = \frac{Q_{max}}{V_r * 1000} = \frac{42.041}{0.70 * 1000} = 0.06 \text{ m}^2$$

$$\text{Área del canal} = A_c = \frac{A_u}{E} = \frac{0.06}{0.8} = 0.075 \text{ m}^2$$

Cálculo del canal de rejillas y cribas

Ancho del canal $B = 0.25 \text{ m}$

Coefficiente rugosidad del canal $n = 0.013$

$Y_{min} Y/B = 0.093$

$$\text{Tirante máximo} = Y_{max} = \frac{A_c}{B} = \frac{0.075}{0.25} = 0.3 \text{ m}$$

$$\text{Radio Hidráulico} = R_H = \frac{A_c}{P_m} = \frac{A_c}{2Y+B} = \frac{0.075}{2*0.3+0.25} = 0.0883 \text{ m}$$

$$S = \left(\frac{Q_{max} * n}{A_c * R_H^{\frac{2}{3}}} \right)^2 = \left(\frac{42.041 * 0.013}{0.075 * 0.0883^{\frac{2}{3}}} \right)^2 = 1.35\%$$

$$\text{velocidad antes de las rejillas} = Vc = \frac{Q_{max}}{Ac} = \frac{42.041}{0.075 \cdot 1000} = 0.56 \text{ m/s}$$

$$R = Q_{min} * \frac{n}{S^{\frac{1}{2}} * B^{\frac{2}{3}}} = 11.68 * \frac{0.013}{0.0135^{\frac{1}{2}} * 0.25^{\frac{2}{3}}} = 44.219 \text{ m}$$

$$\text{tirante mínimo} = Y_{min} = 0.093 * B = 0.093 * 0.25 = 0.02 \text{ m}$$

$$\text{Área mínima} = A_{min} = B * Y_{min} = 0.02 * 0.25 = 0.01 \text{ m}^2$$

$$\text{Velocidad mínima en el canal} = V_{min} = \frac{Q_{min}}{A_{min}} = \frac{11.68}{0.01 * 1000} = 2.01 \text{ m/s}$$

$$\text{número de barras} = N = \frac{B-a}{e+a} = \frac{0.25-0.0254}{0.0064+0.0254} = 7$$

Pérdida de carga en las rejillas

Velocidad máxima en la rejilla $V_r = 0.70 \text{ m/s}$

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Forma de barra rectangular

Factor forma $\beta = 2.42$

Separación entre barras $a = 1 \text{ pulg}$

Diámetro de la barra $e = \frac{1}{4} \text{ pulg}$

Inclinación de las barras $\theta = 60^\circ$

Obstrucción en las rejillas $t = 50\%$

Según Kirshner (Rejas Limpias)

$$\text{Pérdida de energía en la rejilla} = h_v = \frac{v^2}{2g} = \frac{0.7^2}{2 * 9.81} = 0.02 \text{ m}$$

$$\text{Pérdida total en la rejilla} = H_r = \beta * \left(\frac{e}{a}\right)^{\frac{4}{3}} * h v \text{sen}\theta = 2.42 * \left(\frac{0.25}{1}\right)^{\frac{4}{3}} * 0.02 * \text{sen } 60^\circ = 0.01m$$

Según Metcalf & Eddy (Rejas Obstruidas)

$$\text{Velocidad considerando 50\% de obstrucción} = V' = \frac{v}{t} = \frac{0.70}{0.5} = 1.40m/s$$

$$\text{Pérdida de carga} = H_f = \frac{\left[\frac{V'^2 - v^2}{2g}\right]}{0.7} = \frac{\left[\frac{1.4^2 - 0.7^2}{2*9.81}\right]}{0.7} = 0.11m$$

Elegimos el de mayor carga = 0.11m

Cálculo de la altura de la reja

Tirante máximo $Y_{max} = 0.3m$

Considerando $BL = 0.70m$

$$\text{Altura de la reja} = H = Y_{max} + BL = 0.3 + 0.70 = 1.00m$$

Cálculo de la longitud de la reja

Altura de la reja $H = 1.00 m$

Inclinación de las barras $\theta = 60^\circ$

$$\text{Longitud de la reja} = L = \frac{H}{\text{sen}\theta} = \frac{1.00}{\text{sen } 60^\circ} = 1.16 m$$

$$\text{Proyección horizontal} = PH = \frac{H}{\text{tan}\theta} = \frac{1.00}{\text{tan } 60^\circ} = 0.58 m$$

Diseño de desarenador

Datos de Diseño:

$$Q_{mh} = 42.041 \text{ lt/s}$$

$$\text{Constante m\u00ednimo } K_{m\u00edn} = 0.50$$

$$Q_{m\u00e1x} = 42.041 \text{ lt/s}$$

$$Q_{m\u00edn} = 11.68 \text{ lt/s}$$

$$b \text{ canal} = 25 \text{ cm}$$

C\u00e1lculo de la longitud del desarenador

Consideramos una altura de agua $H = 0.15 \text{ m}$,

$$L = 25 * H$$

$$L = 25 * 0.20 = 5.00 \text{ m}$$

Por norma OS 090, se adiciona 25% como m\u00ednimo a la entrada y a la salida del desarenador

$$L_r = 1.25 * 5.00 = 6.25 \text{ m} = 4.70 \text{ m}$$

C\u00e1lculo del ancho

$$A = \frac{Q_{max}}{v * H} = \frac{0.042041}{0.30 * 0.20} = 0.70 \text{ m}$$

C\u00e1lculo de la longitud de transici\u00f3n

$$L_t = \frac{T_2 - T_1}{2 \tan 22.30^\circ} = \frac{0.70 - 0.25}{2 * \tan 22.30^\circ} = 0.55 \text{ m}$$

Dise\u00f1o del tanque de decantaci\u00f3n primaria

Para el dise\u00f1o de la decantaci\u00f3n primaria se considera una secci\u00f3n circular por tener una mayor resistencia al fluido frente a las fuerzas que ejerce el agua residual.

$$\text{Dotaci\u00f3n} = 180.00 \text{ lt/hab.d\u00eda}$$

$$\text{Poblaci\u00f3n futura} = 14014 \text{ hab}$$

$$Q_m = 23.36 \text{ lt/seg} = 2018.016 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_d = 30.36 \text{ lt/seg} = 2623.421 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_{\max} = 42.04 \text{ lt/seg} = 36.32.429 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{DBO}_5 = 361 \text{ mg/lt} = 910.63 \text{ kg/dia}$$

$$\text{DBO}_{\text{sf}} = 15 \text{ mg/lt} = 37.84 \text{ kg/dia}$$

$$\text{SST} = 551 \text{ mg/lt} = 1389.91 \text{ kg/dia}$$

Tomando como referencia los cuadros

$$\text{Velocidad Ascensional a } Q_{\text{med}} = 1.5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$$

$$\text{Velocidad Ascensional a } Q_{\max} = 2.5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$$

$$\text{Tiempo de retención para } Q_{\text{med}} = 2 \text{ horas}$$

$$\text{Tiempo de retención para } Q_{\max} = 1.5 \text{ h}$$

$$\text{Carga máxima sobre el vertedero} = 9.5$$

Dimensiones de la zona de entrada:

$$\text{Relación entre diámetros } \emptyset 1/\emptyset = 0.1$$

$$\text{Relación entre alturas } (h_1/h) = 0.4$$

$$\text{Velocidad barredora de fondo} = 0.6 \text{ m/min}$$

$$\text{Inclinación fondo del decantador} = 0.03$$

- Cálculo de la superficie horizontal

Calculamos la superficie horizontal necesaria para Q_{med}

$$V_{\text{asc}} = \frac{Q_{\text{med}}}{SH} = \frac{2818.016}{1.5 \cdot 24} = 56.056 \text{ m}^2$$

Calculamos la superficie horizontal necesaria para Q_{\max}

$$V_{\text{asc}} = \frac{Q_{\max}}{SH} = \frac{3632.429}{2.5 \cdot 24} = 60.541 \text{ m}^2$$

- Cálculo del Volumen

El volumen teórico según el tiempo de retención a Q_{med} será

$$t_R = \frac{V}{Q_{med}}$$

$$V = t_R * Q_{med} = 2 * 2018.016/24 = 168.168m^3$$

El volumen teórico según el tiempo de retención a Q_{max} será

$$V = t_R * Q_{max} = 2 * 3632.428/24 = 302.702m^3$$

- Relaciones dimensionales

Número de unidades = 2und

Superficie unitaria = $60.54/2 = 30.37 m^2$

radio adoptado = $(30.37/\pi)^{1/2} = 3.10 m$

$$Superficie\ real\ será = \pi * 3.1^2 = 30.27m^2$$

$$Volumen\ unitario = 302.70/2 = 151.35m^3$$

Altura recta en vertedero

$$h = \frac{V}{A} = \frac{151.35}{30.27} = 5m$$

Para la altura en zona de reparto se consideran:

Pendiente en la solera = 0.03

$$h' = h + 0.25 = 5 + 0.25 = 5.25m$$

Altura sumergida en la chapa deflectora:

Adoptamos en valor $h'/h = 0.4$

$$h_1 = 5.25 * 0.4 = 2.1m$$

Diámetro de la chapa deflectora

$$\frac{\varnothing_1}{\varnothing} = 0.1$$

$$\varnothing_1 = 0.1 * 3.1 * 2 = 0.62$$

- Comprobación de la carga sobre el vertedero:

Longitud del vertedero:

$$2 * \pi * r = 2 * \pi * 3.1 = 19.50m$$

$$\text{Caudal vertido por metro a } Q_{med} = \frac{2018.016}{2 * 19.50 * 24} = \frac{2.156m^3/h}{m} < 9.5$$

$$\text{Caudal vertido por metro a } Q_{max} = \frac{3632.429}{2 * 19.50 * 24} = \frac{3.88m^3/h}{m} < 18$$

- Producción de fangos

Se ha fijado un rendimiento de eliminación de S.S. del 55%, por lo tanto, la cantidad de fangos producidos será:

$$F_1(SST) = 1389.91 * 0.55 = 764.45kg SST/dia$$

A partir de estos datos suponemos que la fracción de volátiles es del 65%

$$F_1(SST) = 764.45 * 0.65 = 496.89 kg SST/dia$$

Diseño del filtro percolador

La finalidad del filtro percolador es reducir la carga orgánica, para el presente diseño se tomará un filtro rectangular con gravas, los datos requeridos para el diseño son:

Datos de Diseño:

Población futura = 14014 hab.

Dotación = 180 lt/(hab.día)

Contribución de aguas residuales (C) = 80%

Contribución per cápita de DBO₅ (Y) = 50 gr DBO₅/(hab.día)

Producción per cápita de aguas residuales: = 0.8*180 lt/(hab.día) = 144 lt/(hab.día)

DBO₅ resultado del análisis de laboratorio = 361 mg/lt

Eficiencia de remoción de DBO₅ del tratamiento primario (Ep) = 0.275

Temperatura del proyecto (Tp) = 17°C

DBO₅ remanente So= (1-0.275)*361 mg/lt = 261.73 mg/L

Caudal del agua residual: Q= 2018.02 m³/día

- Resultados:

DBO₅ requerida en el efluente (Balance de masa) = 111.585mg/lt

$$Eficiencia = \frac{(261.73-111.585)}{261.73} = 57.37\%$$

$$Carga\ de\ DBO_5 = 2018.02 \frac{m^3}{día} * \frac{\frac{261.73mg}{lt}}{1000} = 528.17\ kg\ DBO/día$$

$$Caudal\ de\ recirculación = 0\ m^3/día$$

$$\text{Razón de recirculación} = 0$$

$$\text{Factor de recirculación} = \frac{1+0}{1+\frac{0}{10}} = 1$$

$$\text{Volumen del filtro} = \frac{528.17}{1} * \left(\frac{0.4425 * 0.5737}{(1-0.5737)^2} \right) = 187.23 m^3$$

$$\text{Volumen del filtro para la temperatura del proyecto} = \frac{187.23}{1.035^{(17-20)}} = 207.59 m^3$$

Tomamos 2 unidades de filtro en paralelo,

$$\text{por lo tanto el volumen del filtro} = \frac{207.59}{2} = 103.79 m^3$$

$$\text{Profundidad del medio filtrante} = 3m$$

$$A = \frac{V}{H}$$

$$\text{Área del filtro} = A = \frac{103.79}{3} = 34.597 m^2$$

$$\text{Ancho del Filtro} = \sqrt{34.597/2} = 4.20m$$

$$\text{Largo del Filtro} = 2 * 4.16 = 8.40m$$

Diseño de la cámara de cloración

La finalidad de este sistema es eliminar los microorganismos que existen en el agua, y cumplir con la normativa vigente, para el presente diseño se tiene los siguientes datos:

DATOS:

Caudal de diseño

$$Q_d = 2623 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_d = 109.31 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tiempo de contacto con el cloro T (CEPIS) = 30 min

$$T = 0.50 \text{ h}$$

Dosis promedio D = 3 mg/lit

Concentración c = 30,000 mg/lit

Desinfectante (Cloro como hipoclorito de calcio) (CEPIS) = 70%

RESULTADOS

Cálculo del volumen de tanque de contacto de cloro

$$V_{tc} = Q * T = 109.31 * 0.50 = 54.65 \text{ m}^3$$

Cálculo del caudal de solución de cloro

$$q = Q * \frac{D}{c} = 2623 * \frac{3}{30000} = 0.26 \text{ m}^3/\text{d}$$

Cálculo del peso requerido del desinfectante

$$P = Q.D/70\% = \frac{2623*3}{0.7*1000} = 11.24 \text{ kg/d}$$

Dimensiones aproximadas de la cámara

Ancho de cada compartimiento b = 0.90 m

Altura de agua h = 1.60 m

Ancho de la cámara de contacto B = 2.70 m

Cálculo de la longitud de canal de compartimiento

$$L_t = \frac{V_{tc}}{(b*h)} = \frac{54.65}{2.70*1.60} = 38 \text{ m}$$

Número de compartimientos

$$N = \frac{L_t}{B} = \frac{38}{2.70} = 14$$

Diseño de lecho de secado

La contribución per cápita de sólidos en suspensión, de la siguiente manera:

$$C = \frac{\text{Población} * \text{contribución per cápita (gr-SS/hab)} * \text{día}}{1000}$$

- Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd, en Kg SS/día).

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

- Volumen diario de lodos digeridos (Vld, en litros/día).

$$Vld = \frac{Msd}{\rho \text{ lodo} * (\% \text{ de sólidos} / 100)}$$

Dónde:

ρ lodo: Densidad de los lodos, igual a 1,04 Kg/l.

% de sólidos: % de sólidos contenidos en el lodo, varía entre 8 a 12%.

- Volumen de lodos a extraerse del tanque (Vel, en m³).

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000}$$

Dónde:

Td: Tiempo de digestión, en días.

- Área del lecho de secado (Als, en m²).

$$Als = \frac{Vel}{Ha}$$

Dónde:

Ha: Profundidad de aplicación, entre 0,20 a 0,40m

- El ancho de los lechos de secado es generalmente de 3 a 6 m., pero para instalaciones grandes puede sobrepasar los 10 m.

Datos:

Población de Diseño $P_f = 14014$ hab

Caudal diseño $Q_d = 30.36$ lt/seg

SST = 580 mg/lt

% sólidos contenidos en lodo % = 10%

Temperatura $T^\circ = 17^\circ\text{C}$

Profundidad de ampliación $H_a = 0.40$ m

Densidad de lodo = 1.04 kg/lt

Número de lechos de secado $N^\circ = 2.00$ und

Resultados:

$$P_{cc} = \frac{580 * 23.356 * 86400}{1000 * 14014} = 83.51 \frac{gr}{hab} \cdot dia$$

$$C = P_{cc} * Población \frac{futura}{1000} = 83.51 * \frac{14014}{1000} = 1170.45 \frac{kgSS}{d}, \text{ Carga de sólidos}$$

Cálculo de la masa de sólidos en el lodo

$$M_{sd} = ((0.5 * 0.7 * 0.5) + (0.5 * 0.3)) * C = ((0.5 * 0.7 * 0.5) + (0.5 * 0.3)) * 1170.45 = 380.4 \frac{kg}{d}$$

Cálculo de volumen de lodos digeridos

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\% * \delta} = \frac{\left(\frac{380.4}{10 * 1.04}\right)}{1000} = 3.66 m^3 / dia$$

Cálculo de Volumen de lodos a extraer

$$V_{el} = V_{ld} * T_d = 3.66 * 49 = 179.23 m^3$$

Cálculo del volumen unitario de lodos a extraer

$$Vu = \frac{Vel}{N} \circ = \frac{179.23}{2} = 89.61 m^3$$

Dimensiones del lecho de Secado

Cálculo del lecho de secado

$$A = \frac{Vu}{Ha} = \frac{89.61}{0.40} = 224.03 m^2$$

Cálculo de la longitud lecho de secado, consideramos

$$L = 16.00m$$

Cálculo del ancho lecho de secado

$$W = \frac{A}{L} = \frac{224.03}{16} = 14.1.0m$$

4.3.2.- Contrastación de la prueba de hipótesis

4.3.2.1- Contrastación de la hipótesis para la BDO₅

Tabla 29: % de remoción para la DBO₅

TIPO DE TRATAMIENTO	ENTRADA	SALIDA	% DE REMOCIÓN
Pretratamiento	380	361	5
Tratamiento primario	361	261.725	27.5
Tratamiento secundario	261.725	78.52	70
Tratamiento terciario	78.52	78.52	0

Según Hernández (2016) los porcentajes de remoción para la DBO₅ se establece en la tabla

04.

Tabla 30: Resumen de los cálculos estadísticos para la DBO₅

U	380
Promedio (X)	232.63
Desviación estándar (S)	135.02
Nivel de significancia	5%
Grado de confianza	95%
N	8

a.- Planteamiento de la prueba de hipótesis.

$H_0 = \text{hipótesis nula}$

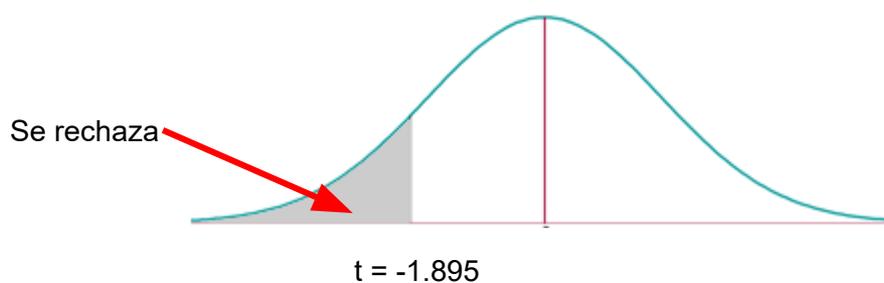
$H_1 = \text{hipótesis alterna}$

$H_0: u = 380$

$H_1: u < 380$

b.- Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$

c.- De la tabla estadística con un nivel de confianza del 95%, y 7 grados de libertad (n-1), se obtiene un valor de $t = -1.895$



Según la fórmula de t Student resulta:

$$t = \frac{x-u}{s/\sqrt{N}} = -3.09$$

Si el valor de t calculado cae dentro de la región sombreada entonces se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alterna.

Si el valor de t calculado cae dentro de la región no sombreada entonces se acepta la hipótesis nula, y se rechaza la hipótesis alterna.

Por lo tanto, tomamos la siguiente decisión, la hipótesis nula H_0 se rechaza y la hipótesis alterna H_1 se acepta, porque el valor de $t = -3.09$ cae dentro de la región sombreada y esta es menor a $t = -1.895$

Llegamos a la siguiente conclusión, se demuestra que en el afluente de la PTAR ingresa 380 mg/lit de DBO_5 y sale de la PTAR 78.52 mg/lit de DBO_5 esto según la tabla 29, y esta cumple con los LMP, por lo que queda demostrado mediante la prueba de t student en donde los afluentes de los tratamientos son mayores que los efluentes.

Discusión de resultados para la DBO_5

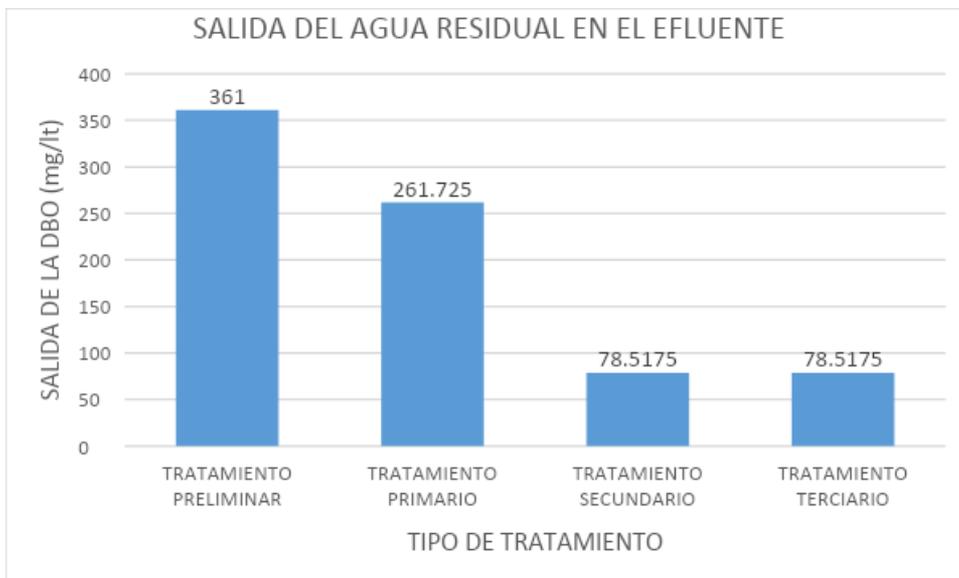


Figura 08: Resultados de la DBO_5 en la salida de los efluentes

De la figura N° 08 , podemos observar la variación de la DBO₅, en el sistema de la planta de tratamiento, en donde en el pretratamiento se logró remover 19 mg/lit de DBO₅, que representa un 5%, en el tratamiento primario se logró remover 99.275mg/lit de DBO₅ que representa el 27.5%, en el tratamiento secundario se logra remover 183.21mg/lit de DBO₅ que representa el 70%, mientras que en el tratamiento terciario no existe remoción alguna en vista que en este tratamiento terciario solo se elimina a los microorganismos. Por lo tanto en la salida del tratamiento terciario se tiene una DBO₅ de 78.52mg/lit, y está en comparación con el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los LMP, es menor ya que en el mencionado decreto establece una DBO₅ máxima de 100 mg/lit, por lo que la planta de tratamiento cumple con la normativa y esta no requiere tratamiento adicional.

Según los antecedentes Casas, 2020, selecciona un sistema de fangos activos, que viene a ser el sistema de lodos activados este sistema es más costoso a nivel de mantenimiento y operación, en nuestro sistema planteado esto según el balance de masas que viene a ser un filtro percolador tiene una remoción del 70% en promedio, y con este sistema es más que suficiente ya que cumple con el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, ya que el efluente de la PTAR, planteada tiene un valor de 78.52 mg/lit.

4.3.2.2.- Contratación de la hipótesis para los sólidos suspendidos totales

Tabla 31: % de remoción de los SST

TIPO DE TRATAMIENTO	ENTRADA	SALIDA	%DE REMOCIÓN
Pretratamiento	580 mg/lit	551 mg/lit	5%
Tratamiento primario	551 mg/lit	247.95mg/lit	55%
Tratamiento secundario	247.95mg/lit	49.59mg/lit	80%
Tratamiento terciario	49.59mg/lit	49.59mg/lit	0%

Según Hernández (2016) los porcentajes de remoción para la SST se establece en la tabla 04.

Tabla 32: Resumen de los cálculos estadísticos para los SST

U	580
Promedio (X)	290.83
Desviación estándar (S)	238.23
Nivel de significancia	5%
Grado de confianza	95%
N	8

a.- Planteamiento de la prueba de hipótesis

$H_0 = \text{hipótesis nula}$

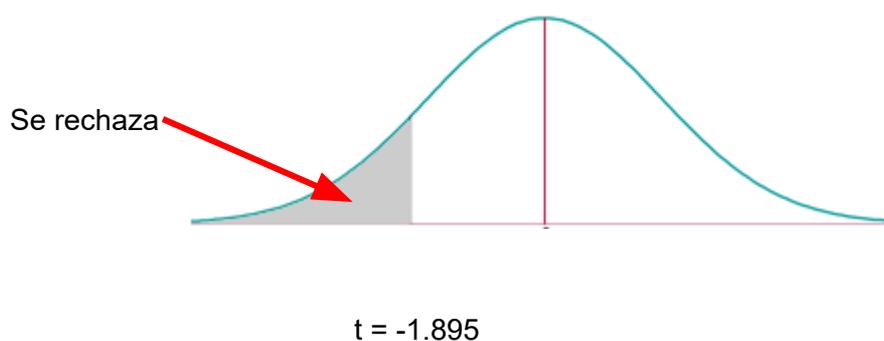
$H_1 = \text{hipótesis alterna}$

$H_0: u = 580$

$H_1: u < 580$

b.- Nivel de significancia : $\alpha = 5\%$

c.- De la tabla estadística con un nivel de confianza del 95%, y 7 grados de libertad (n-1), se obtiene un valor de $t = -1.895$



Según la fórmula de t Student resulta:

$$t = \frac{x-u}{s/\sqrt{N}} = - 3.43$$

Si el valor de t calculado cae dentro de la región sombreada entonces se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alterna.

Si el valor de t calculado cae dentro de la región no sombreada entonces se acepta la hipótesis nula, y se rechaza la hipótesis alterna.

Por lo tanto, tomamos la siguiente decisión, la hipótesis nula H_0 se rechaza y la hipótesis alterna H_1 se acepta, porque el valor de $t = - 3.43$ cae dentro de la región sombreada y esta es menor a $t = -1.895$

Llegamos a la siguiente conclusión, se demuestra que en el afluente de la PTAR ingresa 580 mg/lit de SST y sale de la PTAR 49.59 mg/lit de SST esto según la tabla 31, y esta cumple con los LMP, por lo que queda demostrado mediante la prueba de t student en donde los afluentes de los tratamientos son mayores que los efluentes.

Discusión de resultados para los SST

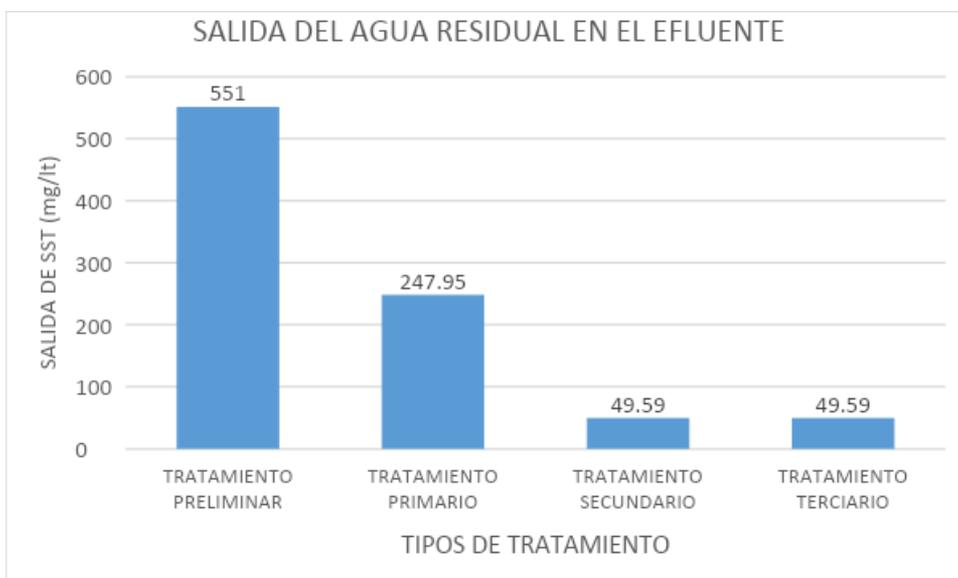


Figura 09: Resultados de los SST en la salida de los efluentes

De la figura N° 09, podemos observar la variación de los SST, en el sistema de la planta de tratamiento, en donde en el pretratamiento se logró remover 29 mg/lit de SST, que representa un 5%, en el tratamiento primario se logró remover 303.05mg/lit de SST que representa el 55%, en el tratamiento secundario se logra remover 198.36mg/lit de SST que representa el 80%, mientras que en el tratamiento terciario no existe remoción alguna en vista que en este tratamiento terciario sólo se elimina a los microorganismos. Por lo tanto, en la salida del tratamiento terciario se tiene 49.59mg/lit de SST, y está en comparación con el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los LMP, es menor ya que en el mencionado decreto establece un máximo de 150 mg/lit de SST, por lo que la planta de tratamiento cumple con la normativa y esta no requiere tratamiento adicional.

Según Guzman, 2018, plantea un sistema de UASB, que viene a ser un reactor anaerobio de flujo ascendente esto para la localidad de Ucayali, en nuestra zona este sistema del UASB, no tiene la eficiencia requerida en vista que en la localidad de Taraco, la temperatura promedio anual es de 8°C, y para estos sistemas de UASB, se requieren temperaturas promedio de 15°C, ya que las bacterias requieren de estas temperaturas para degradar la materia orgánica, por lo que según nuestro sistema de balance de masas se optó por un sistema filtro percolador.

4.3.2.3.- Contratación de la hipótesis para coliformes termotolerantes

Tabla 33: % de remoción para los coliformes termotolerantes

TIPO DE TRATAMIENTO	ENTRADA	SALIDA	% DE REMOCIÓN
Pretratamiento	860000	860000	0%
	NMP/100ml	NMP/100ml	
Tratamiento primario	860000	473000	45%
	NMP/100ml	NMP/100ml	
Tratamiento secundario	473000	260150	45%
	NMP/100ml	NMP/100ml	
Tratamiento terciario	260150	2601.5	99%
	NMP/100ml	NMP/100ml	

Según Hernández (2016) los porcentajes de remoción para los coliformes termotolerantes se establece en la tabla 04.

Tabla 34: Resumen de los cálculos estadísticos para los coliformes termotolerantes

U	860000
Promedio (X)	506112.69
Desviación estándar (S)	327854.58
Nivel de significancia	5%
Grado de confianza	95%
N	8

a.- Planteamiento de la prueba de hipótesis

$$H_0 = \text{hipótesis nula}$$

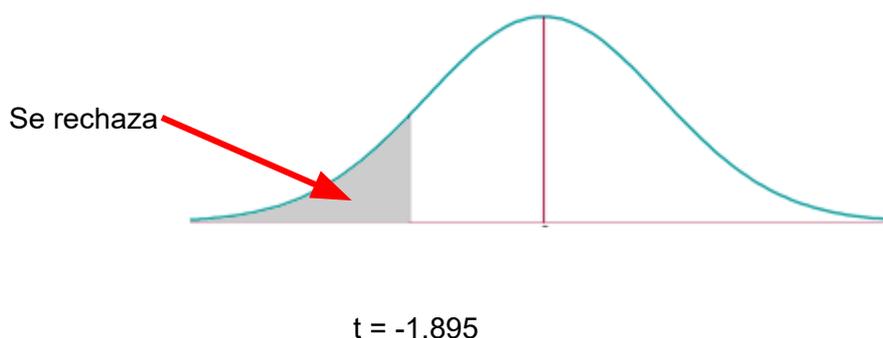
$H_1 = \text{hipótesis alterna}$

$H_0: u = 860000$

$H_1: u < 860000$

b.- Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$

c.- De la tabla estadística con un nivel de confianza del 95%, y 7 grados de libertad (n-1), se obtiene un valor de $t = -1.895$



Según la fórmula de t Student resulta:

$$t = \frac{x-u}{s/\sqrt{N}} = -3.05$$

Si el valor de t calculado cae dentro de la región sombreada entonces se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alterna.

Si el valor de t calculado cae dentro de la región no sombreada entonces se acepta la hipótesis nula, y se rechaza la hipótesis alterna.

Por lo tanto, tomamos la siguiente decisión, la hipótesis nula H_0 se rechaza y la hipótesis alterna H_1 se acepta, porque el valor de $t = -3.05$ cae dentro de la región sombreada y esta es menor a $t = -1.895$

Llegamos a la siguiente conclusión, se demuestra que en el afluente de la PTAR ingresa 860000 MNP/100ml de Coliformes y sale de la PTAR 2601 MNP/100ml de Coliformes esto según la tabla 33, y esta cumple con los LMP, por lo que queda demostrado mediante la prueba de t student en donde los afluentes de los tratamientos son mayores que los efluentes.

Discusión de resultados para los coliformes

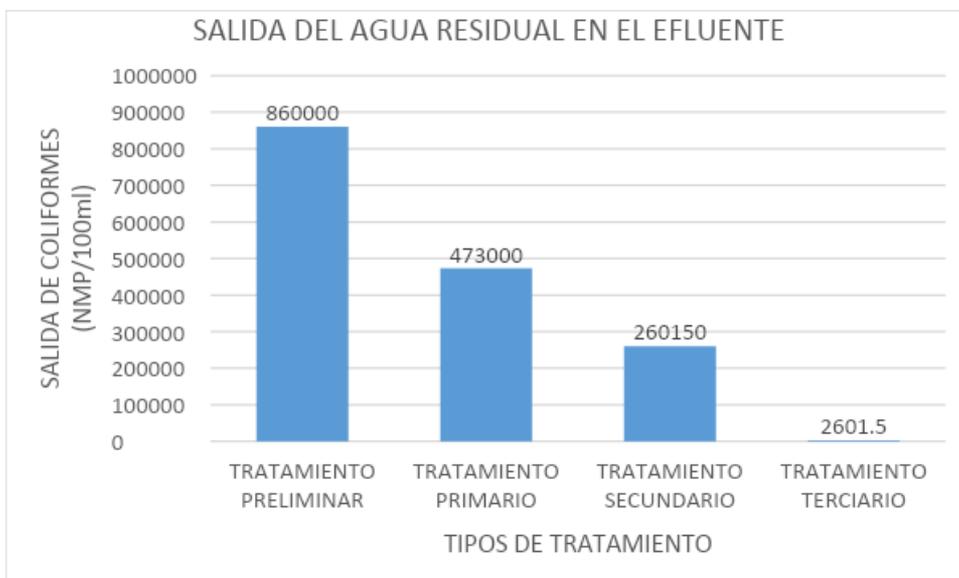


Figura 10: Resultados de los coliformes en la salida de los efluentes

De la figura N° 10, podemos observar la variación de los coliformes, en el sistema de la planta de tratamiento, en donde en el pretratamiento no existe remoción alguna, en el tratamiento primario se logró remover 387000 NMP/100ml de coliformes que representa el 45%, en el tratamiento secundario se logra remover 212850 NMP/100ml de coliformes que representa el 45%, mientras que en el tratamiento terciario se logró remover 257548.5NMP/100ml, que representa un 99%. Por lo tanto, en la salida del tratamiento terciario se tiene 2601.5NMP/100ml de coliformes, y está en comparación con el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los LMP, es menor ya que en el mencionado decreto establece un

máximo de 10000 NMP/100ml de coliformes, por lo que la planta de tratamiento cumple con la normativa y esta no requiere tratamiento adicional.

Según, Andrade, 2020, realiza una evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales distrito de Macusani, en la presente investigación la PTAR, no cumple con la normativa del D.S. N° 003 – 2010-MINAM, esto para los coliformes termotolerantes, esto debido que el la laguna no cuenta con un tratamiento terciario, en nuestro sistema se plantea un sistema de cloración, en donde en el efluente de la planta tiene un valor de 2601.5NMP/100ml, y esta no supera los LMP.

CONCLUSIONES

PRIMERA. - Se evaluó el grado de contaminación de las aguas residuales en la localidad de Taraco, según los resultados de los ensayos resultó una BDO₅ igual 380 mg/lit y según la tabla N° 03, establece que de superar los 300 mg/lit se considera como una concentración fuerte, para la DQO según valores obtenidos del laboratorio resultó igual a 510 mg/lit y según la tabla N° 03, establece para una concentración media es igual 500 mg/lit y para una concentración fuerte igual 800 mg/lit, por lo que está comprendida de media a fuerte, para los sólidos suspendidos totales según nuestro resultado de laboratorio resultó igual a 580 mg/lit, y este valor supera los 500 mg/lit por lo que se trata de una concentración fuerte, la concentración de grasas según nuestro ensayo resultó igual a 12 mg/lit, y este valor está comprendido entre ligera a media.

SEGUNDA. – Según los resultados de los análisis físico, químico y microbiológico, y comparados con el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los LMP, podemos afirmar lo siguiente:

- De la toma de muestra realizada en el efluente de la laguna se tiene una BDO₅ igual a 310 mg/lit, y según el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los LMP, menciona que no debe ser mayor a 100 mg/lit, por lo que podemos concluir que la laguna de estabilización no cumple con la normativa.

- De la toma de muestra realizada en el efluente de la laguna se tiene una DQO igual a 470 mg/lit, y según el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los LMP, menciona que no debe ser mayor a 200 mg/lit, por lo que podemos concluir que la laguna de estabilización no cumple con la normativa.
- De la toma de muestra realizada en el efluente de la laguna se tiene que los SST es igual a 392 mg/lit, y según el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los LMP, menciona que no debe ser mayor a 150 mg/lit, por lo que podemos concluir que la laguna de estabilización no cumple con la normativa.
- De la toma de muestra realizada en el efluente de la laguna se tiene que los coliformes es igual a 830000 NMP/100ml, y según el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los LMP, menciona que no debe ser mayor a 10000 NMP/100ml, por lo que podemos concluir que la laguna de estabilización no cumple con la normativa.
- De la toma de muestra realizada en el efluente de la laguna se tiene que los aceites y grasas es igual a 14 mg/lit, y según el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los LMP, menciona que no debe ser mayor a 20 mg/lit, este valor no supera los LMP, en vista que en el afluente tiene el mismo valor de 14 mg/lit.
- De la toma de muestra realizada en el efluente de la laguna se tiene que la temperatura del agua es igual a 17°C, y según el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los LMP, menciona que no debe ser mayor a 35°C, este valor no supera los LMP, en vista que en el afluente tiene el mismo valor de 17° C.
- De la toma de muestra realizada en el efluente de la laguna se tiene que el PH del agua es igual a 6.9, y según el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los LMP, menciona que no debe estar entre 6.5 -8.5, este valor no supera los LMP.

TERCERA. – Se evaluó el estado de la laguna de estabilización, por lo que podemos concluir que esta laguna no fue diseñada de acuerdo a las características de la zona, ya que realizando un dimensionamiento resultó un Volumen de 5751.35 m³, y verificando insitu la laguna resulta un Volumen de 4735.85 m³, así mismo la laguna de estabilización no cumple con las eficiencias establecidas por la normativa, por lo que la eficiencia para la remoción de la BDO₅ resultó igual a 18.42%, y según la norma OS 090 debe estar entre 70% - 85%, así mismo la eficiencia para los Sólidos suspendidos totales resultó igual a 32.41% y según la norma OS 090 debe estar entre 55% - 95%, de igual forma para los coliformes termotolerantes la eficiencia para la remoción resultó igual a 3.49%, según la norma OS 090 debe estar comprendido en promedio en un 90%.

CUARTA. – Se ha propuesto una planta de tratamiento de acuerdo a las características de la zona, esto con un tratamiento preliminar como rejillas y desarenadores manuales, se optó por manual en vista de que estos sistemas no requieren de energía eléctrica.

Para el tratamiento primario se optó por un decantador primario circular se elige este sistema en vista que la población futura de la localidad de Taraco es de 14014 habitantes, y los tanques Imhoff, son solo diseñados para poblaciones de hasta 5000 habitantes.

Para el tratamiento secundario, se realizó un balance de masas en donde nos resultó igual a 57.1%, que corresponde a un filtro percolador, ya que la eficiencia de un filtro percolador está entre estos valores 50% – 90%

Tratamiento terciario, se optó por el sistema de cloración en vista que se tiene una elevada cantidad de microorganismos.

RECOMENDACIONES

PRIMERA. - Se evaluó el grado de contaminación de las aguas residuales en la localidad de Taraco, por lo que se recomienda a los investigadores previo a la evaluación de una PTAR caracterizar el agua residual para así de esta manera ver el grado de contaminación de las aguas residuales y posterior a ello seleccionar el sistema ya que en nuestro caso se tuvo para la DBO_5 y la DQO tienen una concentración de media a fuerte, y para los aceites y grasas este tiene una concentración de ligera a media.

SEGUNDA. – Se recomienda a la municipalidad de Taraco a corto plazo incorporar sistemas de aireación a la laguna de estabilización, en vista que las aguas residuales del efluente de la laguna supera los LMP, y esta agua residual viene contaminando el río Ramis.

TERCERA. – En la evaluación de la laguna se pudo constatar que no tiene la eficiencia requerida esto por la falta de mantenimiento y el mal diseño, por lo que se recomienda, a los proyectistas así como a los futuros investigadores previo a la elección de una PTAR, estos estén capacitados y actualizados con la normativa vigentes correspondientes, esto con la finalidad de elegir sistemas adecuados y eficientes de acuerdo a las características de la zona.

CUARTA. – Previo a la elección de los sistemas se recomienda a los proyectistas del sector público, privado e investigadores, evaluar la zona así como la cantidad de habitantes, y tipo

de agua residual, posterior a ello ver el punto de descarga del agua residual, para así de esta manera elegir la categoría con la que se va diseñar.

Por otro lado, se debe de considerar si la entidad a cargo de la PTAR, estará en condiciones de realizar la operación y mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- CEPIS, O. p. (2005). *Diseño de Desarenadores y Sedimentadores*. LIMA.
- CEPIS, O. p. (2005). *Guía de Diseño Tanque Séptico Tanque Imhoff y Lagunas de Estabilización*. 40.
- CEPIS, O. P. (2005). *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. Lima: COSUDE.
- CEPIS, O. P. (2005). *Sala de Cloración*. LIMA.
- Cortés Martínez, F., Treviño Cansino, A., & Tomasini Ortiz, A. C. (2017). *Dimensionamiento de lagunas de estabilización*. Morelos: Gema Alín Martínez Campo.
- D.S N° 010-2019-VIVIENDA. (09 de Marzo de 2019). Obtenido de Valores maximos admisibles para descargas de aguas residuales: <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/272120-010-2019-vivienda>
- Eddy, M. &. (1995). *Ingeniería de aguas residuales tratamiento vertido y reutilización*. Madrid: Impresa.
- Hernández Lehman, A. (2016). *Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales* (2da Edición ed.). Madrid: Garceta.
- Marin Ocampo, A., & Oses Perez, M. (2013). Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con el Proceso de Lodos Activados. En *Manual de Procedimientos* (pág. 256). Jalisco: Arturo Nelson Villareal.
- Marín Ocampo, A., & Osés Pérez, M. (2013). *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con el proceso de lodos activados*. Guadalajara: Jalisco.

- Metcalf & Eddy, I. (1995). *Ingeniería de aguas residuales tratamiento vertido y reutilización*. España: McGraw-Hill.
- MINAM. (17 de Marzo de 2010). *Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM*. Obtenido de http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2010-minam.pdf
- Noyola Robles, A. (2000). *Alternativas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Mexico, Mexico: Sub Coordinación de Editorial y Gráfica.
- OS 090. (2006). Planta de tratamiento de aguas residuales. *RNE*, 65. Lima, Perú.
- OS-070. (2006). *Redes de Aguas Residuales*. Lima, Perú.
- OS-100. (2006). *Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructura Sanitaria*. Lima, Perú.
- Propia, E. (s.f.).
- Romero Rojas, J. (2005). *Lagunas de estabilización de aguas residuales*. Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería.
- Romero Rojas, J. A. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Santa Fe de Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Ruiz Cortinez, B. A. (2012). *Manual de agua potable alcantarillado y saneamiento*. Coyoacan, Gobierno de la República, Mexico.
- S. Ramalho, R. (1983). *Tratamiento de aguas residuales*. México: Reverte. S.A.

ANEXOS

Anexo N° 1 : Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<p>Problema General: ¿Cómo serán los resultados de la evaluación de la laguna de estabilización y la propuesta de mitigación del impacto contaminante de las aguas residuales en la localidad de Taraco 2021 ?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>¿Las aguas residuales que ingresan y egresan de la laguna de estabilización excederán los LMP establecidos por el DS N° 003 – 2010 -MINAM?</p> <p>¿Será eficiente la laguna de estabilización de acuerdo a la evaluación de los análisis físico, químico, microbiológico y de acuerdo al diseño?</p> <p>¿Será factible la propuesta de una planta de tratamiento para la mitigación del impacto contaminante de las aguas residuales?</p>	<p>Objetivo general Evaluar y proponer una alternativa de mitigación del impacto contaminante de las aguas residuales en la laguna de estabilización en la localidad de Taraco 2021.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Realizar el análisis físico, químico, y microbiológico de las aguas residuales que ingresan y egresan de la laguna de estabilización según el DS N° 003 – 2010 – MINAM, de los LMP.</p> <p>Evaluar la eficiencia de la laguna de estabilización de acuerdo a los análisis físico, químico, microbiológico y de acuerdo al diseño.</p> <p>Proponer una planta de tratamiento eficiente para mitigar el impacto contaminante de las aguas residuales.</p>	<p>Hipótesis general La evaluación y propuesta de mitigación del impacto contaminante de las aguas residuales en la laguna de estabilización en la localidad de Taraco reducirá la contaminación</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>- De los resultados de los análisis físico químico y microbiológico de las aguas residuales que ingresan y egresan de la laguna de estabilización exceden los LMP establecidos por el DS N° 003 – 2010 – MINAM.</p> <p>- La laguna de estabilización de acuerdo a la evaluación de los análisis físico, químico, microbiológico y de acuerdo al diseño no</p>	<p>Variable dependiente : Laguna de estabilización</p> <p>Variable Independiente: aguas residuales</p> <p>Parámetros físicos</p> <p>Químicos</p> <p>Microbiológicos</p>	<p>Capacidad de retención de la materia orgánica.</p> <p>Sólidos suspendidos totales</p> <p>Temperatura</p> <p>PH</p> <p>DBO5</p> <p>DQO</p> <p>Aceites y grasas</p> <p>Número de coliformes fecales</p>	<p>- Toma de muestras para la caracterización del agua residual y materiales</p> <p>- Evaluación de la laguna de estabilización - características del agua residual</p>	<p>La presente investigación es de nivel descriptivo, con enfoque cuantitativo y respecto a la toma de información transversal.</p>

		<p>cumple con la eficiencia</p> <p>- La propuesta de la planta de tratamiento eficiente mitiga el impacto contaminante de las aguas residuales</p>				
--	--	--	--	--	--	--

Anexo N° 2: Resultado de los análisis de laboratorio



LABORATORIOS B&C S.A.C.
Laboratorio de Ensayos Químicos y Microbiológicos
RUC: 20448241590

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO N° B293-2021

- I. Datos del Solicitante**
Solicitante : JOSE PACORI PACORI
Proyecto : "EVALUACION DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACION Y PROPUESTA DE MITIGACION DEL IMPACTO CONTAMINANTE DE LAS AGUAS RESIDUALES EN TARACO - 2021"
- II. Datos del muestreo**
Descripción del Producto : Agua Superficial
Punto de muestreo : M-01: Afluente de la Laguna de estabilización - Taraco
Procedencia : Dist. Taraco, Prov. Huancané, Dept. Puno
Ubicación UTM : 15°17'44.20"S / 69°58'53.43"O
Fecha y hora de muestreo : 10 - Noviembre - 2021.
Presentación : 2,000 mL aproximadamente, en envases de polietileno
: 200 mL aproximadamente, en envase de borosilicato estéril
Tipo de muestra : Puntual
Muestreado por : El Cliente
Fecha de recepción : 10 - Noviembre - 2021.

III. Resultados Parámetros Fisicoquímicos

PARAMETROS EVALUADOS	UNIDAD DE MEDIDA	PUNTO DE MUESTREO Y/O CODIFICACION
		M-01: Afluente de la Laguna de estabilización - Taraco
Numeración de Coliformes fecales (Termotolerantes)	NMP/100 mL (44.5°C)	8.6 x 10 ⁵
pH	Valor de pH	6.8
Temperatura	°C	17
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	580
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	380
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	510
Aceites y Grasas	mg/L	14

Donde:
- Valor : Límite de Detección del Método
mg/L : Miligramos por Litro

MÉTODOS DE ENSAYO:

- Numeración de Coliformes fecales (Termotolerantes): Método de fermentación de tubos múltiples. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WEF, Part. 9221 E. 21ª ed. 2005.
- pH: Potenciométrico.
- Temperatura: Termómetro.
- Sólidos Suspendedos Totales: Gravimétrico. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales APHA, AWWA, WEF, Part. 2540. 21ª ed. 2005.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno: Prueba de incubación de 5 días. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales APHA, AWWA, WEF, Part. 5210 B. 21ª ed. 2005.
- Demanda Química de Oxígeno: Método cerrado, Método titulométrico. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales APHA, AWWA, WEF, Part. 5220 C. 21ª ed. 2005.

NOTAS IMPORTANTES

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la muestra analizada.
- No deben inferirse a la muestra otros parámetros que no están consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente LABORATORIOS B&C no se responsabiliza las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad.

Rafael Herbert Pati Nelra
JEFE DE LABORATORIO
CPB: 9687

Julica, 17 de noviembre del 2021

OFICINA: Jr. Lima N° 165, Ofc. 312
Julica, Puno - Perú.
Telf.: (051) 787801 / 951 492233 / 957 708565
E-mail: bclaboratorios@gmail.com



LABORATORIOS B&C S.A.C.

"Laboratorio de Ensayos Químicos y Microbiológicos"

RUC: 20448241590

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUAS

INFORME DE ENSAYO N° B294-2021

I. Datos del Solicitante

Solicitante : JOSE PACORI PACORI
 Proyecto : "EVALUACION DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACION Y PROPUESTA DE MITIGACION DEL IMPACTO CONTAMINANTE DE LAS AGUAS RESIDUALES EN TARACO - 2021"

I. Datos del muestreo

Descripción del Producto : Agua Superficial
 Punto de muestreo : M-02: Efluente de la Laguna de estabilización - Taraco
 Procedencia : Dist. Taraco, Prov. Huancané, Dept. Puno
 Ubicación UTM : 15°17'42.60"S / 69°58'53.00"O
 Fecha y hora de muestreo : 10 - Noviembre - 2021.
 Presentación : 2,000 mL aproximadamente, en envases de polietileno
 : 200 mL aproximadamente, en envase de borosilicato estéril
 Tipo de muestra : Puntual
 Muestreado por : El Cliente
 Fecha de recepción : 10 - Noviembre - 2021.

II. Resultados Parámetros Físicoquímicos

PARAMETROS EVALUADOS	UNIDAD DE MEDIDA	PUNTO DE MUESTREO Y/O CODIFICACION
		M-01: Efluente de la Laguna de estabilización - Taraco
Numeración de Coliformes fecales (Termotolerantes)	NMP/100 mL (44.5°C)	8.3 x 10 ⁵
pH	Valor de pH	6.9
Temperatura	°C	17
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	392
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	310
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	470
Aceites y Grasas	mg/L	14

Donde:

< Valor : Límite de Detección del Método
 mg/L : Miligramos por Litro

MÉTODOS DE ENSAYO:

- Numeración de Coliformes fecales (Termotolerantes): Método de fermentación de tubos múltiples, Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW, WEF, Part. 9221 E. 21ª ed. 2005
- pH: Potenciométrico
- Temperatura: Termohidrómetro
- Sólidos Suspendedos Totales: Gravimétrico, Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales APHA, AWW, WEF, Part. 2540. 21ª ed. 2005.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno: Prueba de incubación de 5 días, Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales APHA, AWW, WEF, Part. 5210 B. 21ª ed. 2005.
- Demanda Química de Oxígeno: Redujo cerrado, Método titulométrico, Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales APHA, AWW, WEF, Part. 5220 C. 21ª ed. 2005.

NOTAS IMPORTANTES

- El presente Informe de Ensayos tan solo es válido únicamente para la muestra analizada.
- No deben inferirse a la muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente LABORATORIOS B&C no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni constituye un sistema de control.



Herbert Pari Neira
 JEFE DE LABORATORIO
 CBP. 9687

Juliaca, 17 de Noviembre del 2021



LABORATORIOS B&C S.A.C.

"Laboratorio de Ensayos Químicos y Microbiológicos"

RUC: 20448241590

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO N° B295-2021

- I. Datos del Solicitante**
 Solicitante : **JOSE PACORI PACORI**
 Proyecto : **"EVALUACION DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACION Y PROPUESTA DE MITIGACION DEL IMPACTO CONTAMINANTE DE LAS AGUAS RESIDUALES EN TARACO - 2021"**
- II. Datos del muestreo**
 Descripción del Producto : **Agua Superficial**
 Punto de muestreo : **M-03: Agua del Rio Ramis - Taraco**
 Procedencia : **Dist. Taraco, Prov. Huancané, Dept. Puno**
 Ubicación UTM : **15°17'41.52"S / 69°58'45.56"O**
 Fecha y hora de muestreo : **10 - Noviembre - 2021.**
 Presentación : **1,000 mL aproximadamente, en envases de polietileno**
 Tipo de muestra : **Puntual**
 Muestreado por : **El Cliente**
 Fecha de recepción : **10 - Noviembre - 2021.**

III. Resultados Parámetros Fisicoquímicos

PARAMETROS EVALUADOS	UNIDAD DE MEDIDA	PUNTO DE MUESTREO Y/O CODIFICACION
		M-03: Agua del Rio Ramis - Taraco
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	12

Donde:
 < Valor : Límite de Detección del Método
 mg/L : Miligramos por Litro

MÉTODOS DE ENSAYO:
 • Demanda Bioquímica de Oxígeno: Prueba de incubación de 5 días. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales APHA, AWWA, WEF, Part. 5210 B. 21ª ed. 2005.

NOTAS IMPORTANTES

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la muestra analizada.
- No deben inferirse a la Muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente LABORATORIOS B&C no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad.

Juliaca, 17 de Noviembre del 2021



Ing. Herbert Part Neira
 JEFE DE LABORATORIO
 CBP 9657

Anexo N° 3: Panel fotográfico

VISTA PANORÁMICA DEL BUZÓN QUE EMPALMA A LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN



VISTA PANORÁMICA DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN

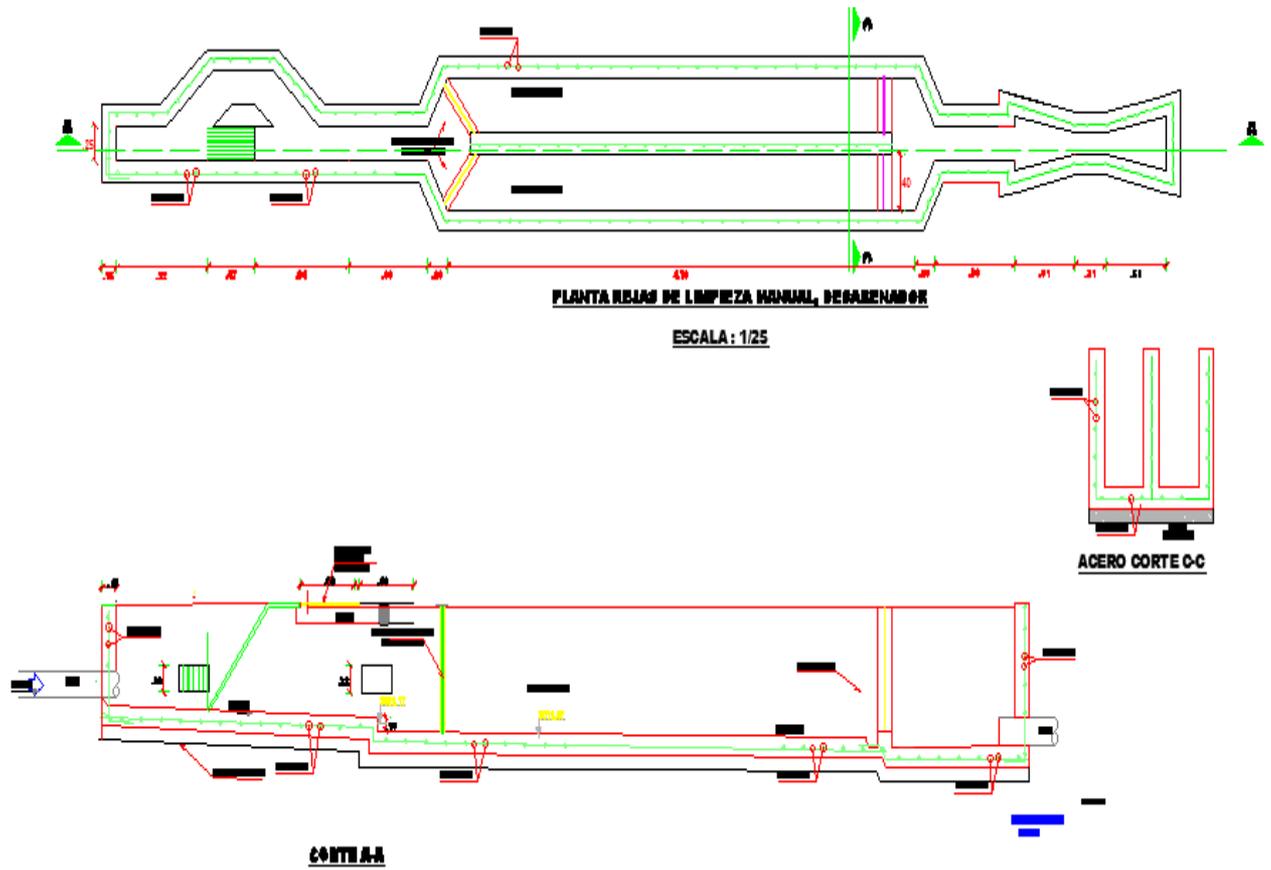


TOMA DE MUESTRA DEL AGUA DEL RÍO

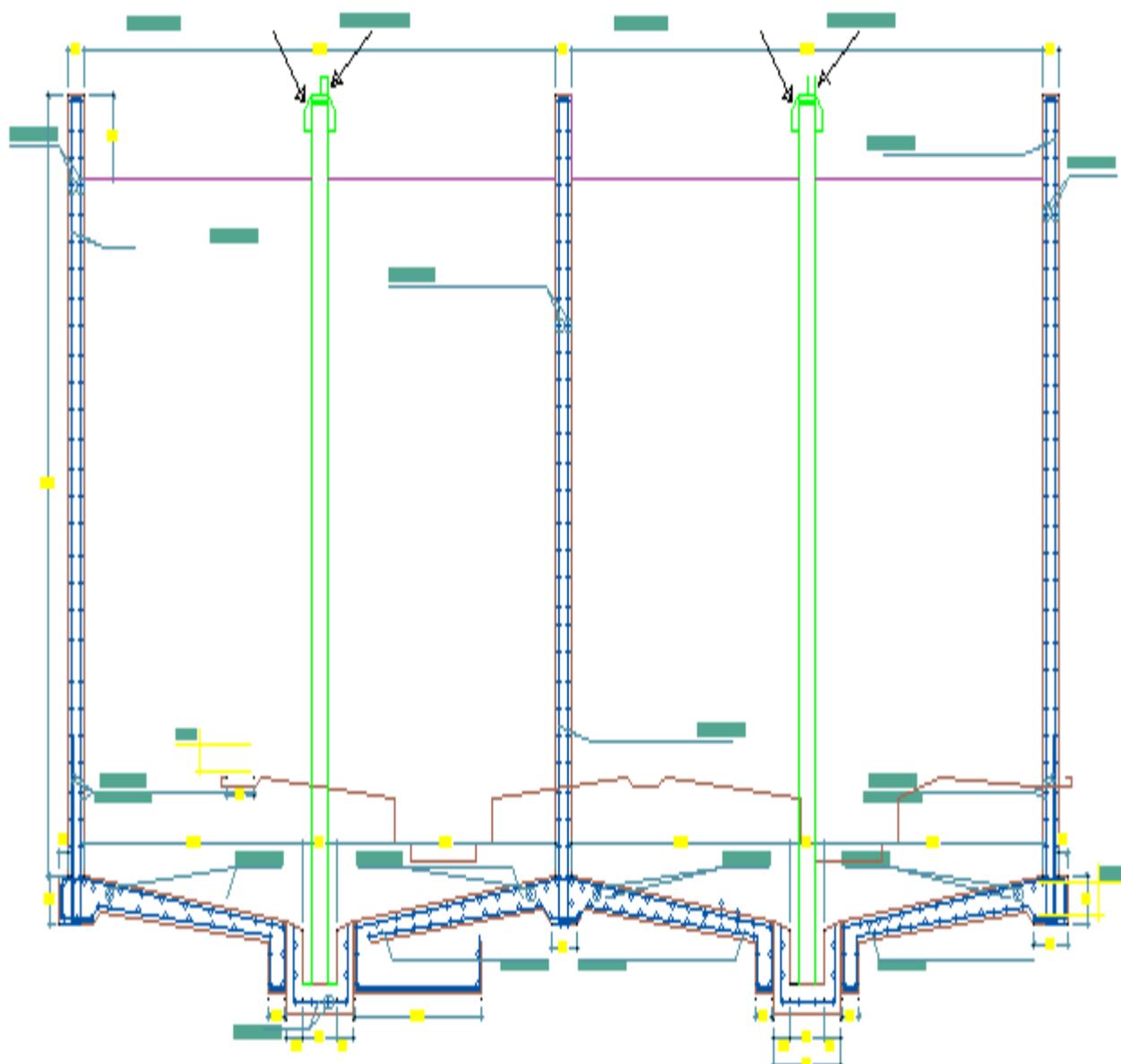


EFLUENTE DEL AGUA RESIDUAL

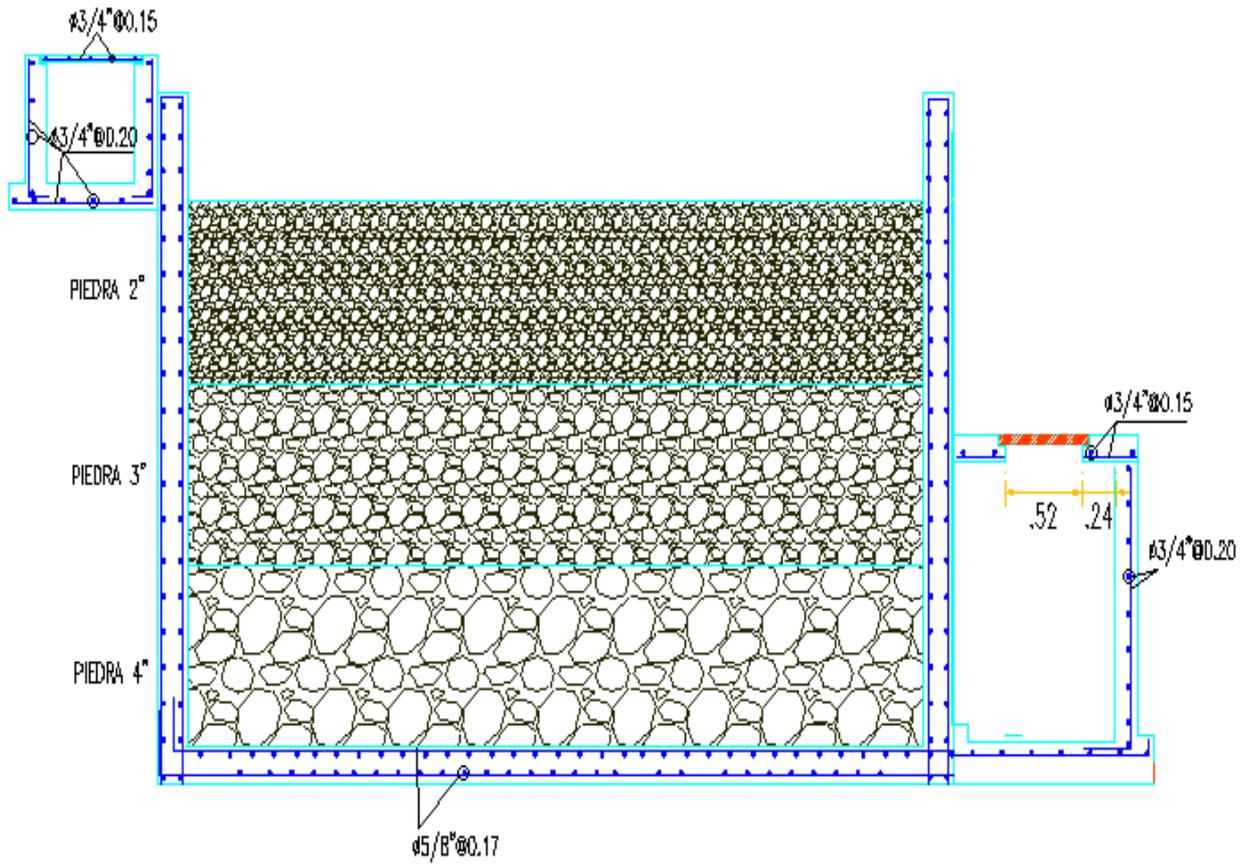
Anexo N° 4: Planos



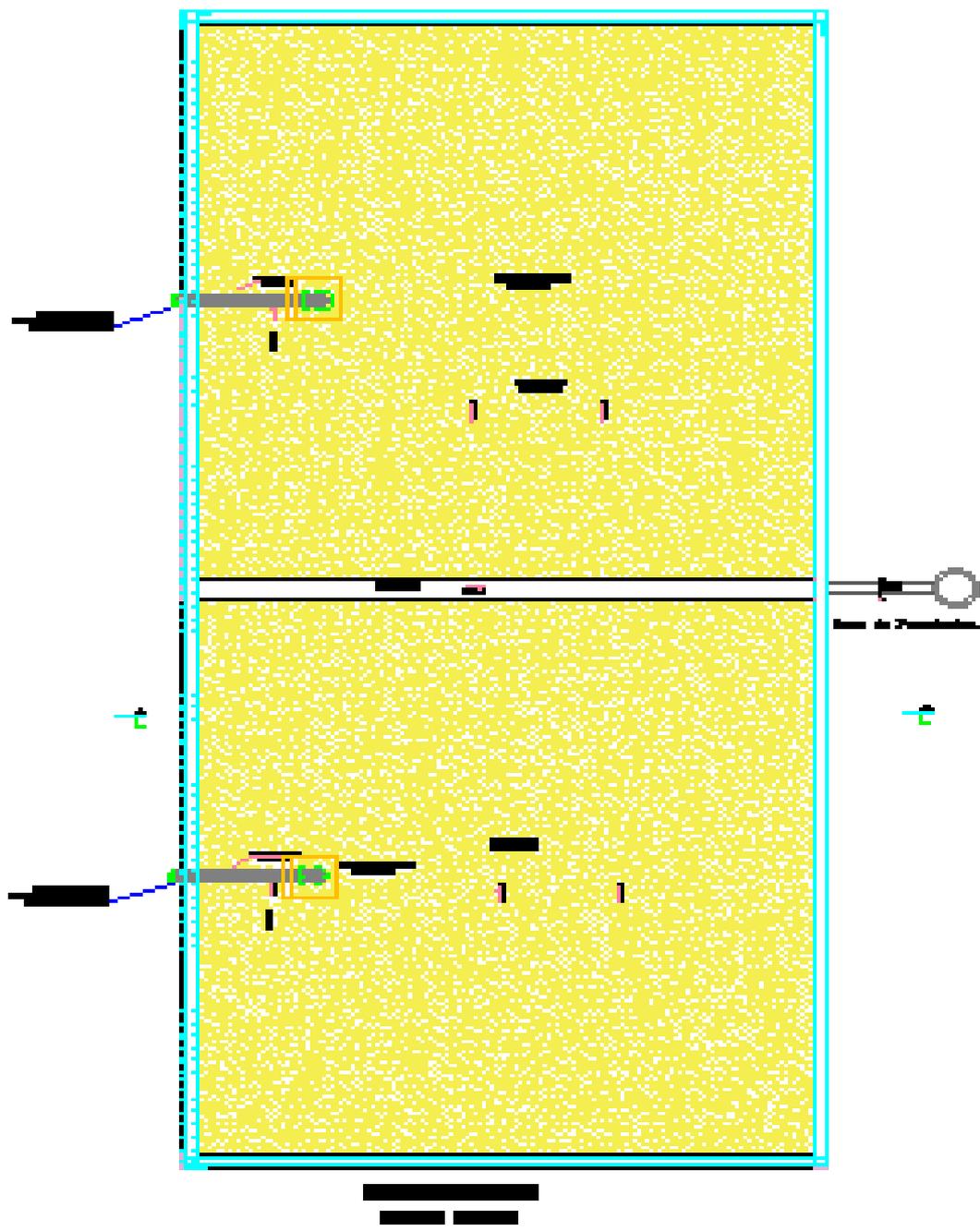
Camara de rejas y desarenador



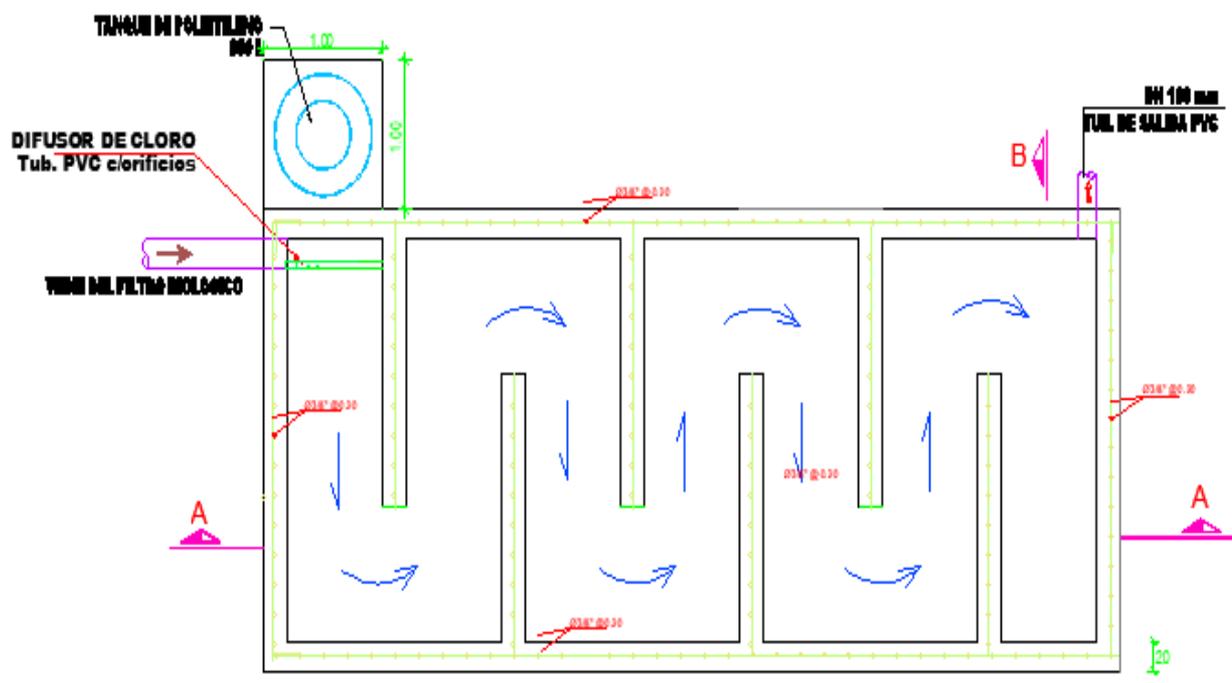
Decantador primario



Filtro percolador



Lecho de secado



Cámara de cloración