

CAPITULO I
FUNDAMENTO TEÓRICO

CAPITULO I

FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1.1. RAPIDEZ DE TRANSFERENCIA DE OXIGENO POR AIREACIÓN DE AGUA RESIDUAL, EN UN CONTACTOR ROTATIVO CIRCULAR-PERÚ

La finalidad de esta investigación, fue evaluar el efecto y su significancia de la forma de los discos y su velocidad, sobre la rapidez de transferencia de oxígeno por aireación de agua residual en un contactor rotativo circular. Un contactor rotativo circular, es aquel que permite poner en contacto físico el aire con una cierta cantidad de agua residual, mediante el movimiento circular del disco, sumergido parcialmente en el líquido. Para tal fin, se desarrollaron ensayos de aireación de agua residual sintética, con una Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 700 ppm, en un contactor (es un interruptor controlado eléctricamente que se utiliza para conmutar un circuito de potencia, similar a un relé excepto con valores de corriente más altos). Los ensayos se efectuaron en la localidad de Huancayo donde la presión atmosférica es de 520 mmHg. Se sometió a prueba tres tipos de discos: lisos, perforados y acanalados; cada una de ellas, a velocidades de 30, 40 y 50 rpm (revoluciones por minuto). El coeficiente de transferencia de oxígeno (KLa), que se establece en la teoría de la doble película del fenómeno de transferencia gas líquido, fue el indicador que se utilizó para la rapidez de transferencia de oxígeno. Los datos de concentración de oxígeno disuelto en el agua residual, así como la temperatura del mismo, fueron utilizados para el análisis y evaluación. Los resultados que se obtuvieron, permiten afirmar que, cuando la velocidad de rotación se incrementa en cada tipo de disco, el KLa también se incrementa, lo que indirectamente permite establecer que, la velocidad de transferencia de oxígeno, también incrementa. Finalmente, se concluye que la velocidad de rotación y el tipo de disco del contactor, afectan significativamente la rapidez de transferencia de oxígeno. (SANABRIA PEREZ, 2021)

1.1.2. INFLUENCIA DEL TIPO DE SISTEMA DE AIREACIÓN DIFUSO EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE OXIGENO EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS-HUANCAYO 2020

En los tratamientos de aguas residuales domésticas de tipo biológico, una de las etapas que orienta a un mayor gasto energético es la aireación, resultando un elemento crítico cuando se pretende evaluar la elección de un sistema para el tratamiento de estas aguas. Ante esto, en la presente investigación se planteó como objetivo principal explicar la influencia del tipo de sistema de aireación difuso en la eficiencia de transferencia de oxígeno en aguas residuales domésticas. Para ello, se desarrollaron pruebas experimentales de aireación que permitieron obtener datos de oxígeno disuelto, velocidad de transferencia de oxígeno, coeficiente global de transferencia de masa y la eficiencia de transferencia de oxígeno empleando tres tipos de sistemas de aireación difuso (burbuja fina, burbuja gruesa y burbuja extra gruesa). Con los resultados obtenidos, se llegó a establecer que, el tipo de sistema de aireación difuso tiene un efecto significativo en la eficiencia de transferencia de oxígeno ya que disminuye a medida que la concentración de oxígeno disuelto se incrementa. Finalmente, en todos los experimentos el tipo de sistema de aireación difuso A (burbuja fina) obtuvo los valores más representativos. (LOZANO POVIS, 2020)

1.1.3. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS TÉCNICAS AERÓBICAS (BURBUJA FINA, BURBUJA GRUESA Y AIREADOR VENTURI JET) A UTILIZAR EN EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMICILIAR PARA EL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS EN MODALIDAD DE AIREACIÓN EXTENDIDA-GUATEMALA

El estudio se enfocó en el tratamiento de aguas residuales domiciliarias por lodos activados en modalidad de aireación extendida, utilizando tres técnicas aeróbicas distintas en el tanque de aireación, siendo estas: a) la inyección de aire por medio de difusores de burbuja fina y burbuja gruesa, y b) aireación mecánica, utilizando el aireador Venturi Jet.

Se tomaron muestras tanto en la entrada del tanque de aireación, como en la salida del clarificador, las cuales fueron analizadas, con el fin de determinar el porcentaje de remoción de los parámetros en estudio, tales como DBO₅, DQO y sólidos totales, entre otros.

Por otro lado, se determinó el porcentaje de transferencia de oxígeno en el tanque de aireación, de acuerdo a la relación entre la masa de oxígeno transferido y la masa de oxígeno suministrado. La PTAR que presentó un mayor porcentaje de remoción de DBO₅ y transferencia de oxígeno en el tanque de aireación fue la de burbuja fina, con valores de 91,20% y 37,67% respectivamente.

Mediante el procedimiento de Tukey y un análisis de varianza, se determinó, con un nivel de confianza de 95%, que existe una diferencia significativa entre el uso de cada técnica aeróbica. (MONROY MAHECHA, 2010)

1.1.4. IMPACTO AMBIENTAL DE LAS LAGUNAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, SECTOR COLINAS SAN JOSÉ, CIUDAD ROCAFUERTE

El objetivo de la investigación fue determinar el impacto ambiental de las lagunas de tratamiento de aguas residuales del sector colinas San José de la ciudad de Ciudad de Rocafuerte, Ecuador. Metodología: tipo de investigación fue descriptiva experimental, diseño de campo. La población estuvo conformada por 15 familias habitantes del sector. La técnica de recolección de datos fue la entrevista y el instrumento cuestionario con opciones de respuesta dicotómicas (Si o No). Los resultados señalan que el 87% está afectada por las aguas residuales; el 80% usa la laguna como basurero; el 100% indicó que no utiliza el agua con fines domésticos; el 67% de las familias usa el agua para riego de cultivos y 100% manifiesto no haber recibido capacitación para el uso adecuado de la laguna. Se concluyó de acuerdo a los análisis de fisicoquímicos y biológicos que: se cumple con los parámetros de calidad según la norma, pero los resultados están en el límite inferior, por tanto, se deben tomar medidas para su saneamiento.

De acuerdo a las investigaciones descritas anteriormente, se puede evidenciar que existe poca información de trabajos de investigación con respecto a aireadores superficiales en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, es por ellos que con el proyecto presente, se pretende crear información específica en el tema de aireadores en aguas residuales. (CEDEÑO MUÑOZ, 2019)

1.2.MARCO CONCEPTUAL

1.2.1. TRANSFERENCIA DE OXÍGENO

La transferencia de oxígeno se puede definir como el fenómeno mediante el cual se transfiere oxígeno de una fase a otra. En muchos procesos biotecnológicos, tales como fermentaciones, tratamientos de efluentes mediante sistemas de lodos activados, lagunas aireadas y digestiones aeróbicas, la transferencia suficiente de oxígeno es esencial para garantizar la respiración aeróbica de los microorganismos presentes en dichos sistemas y con ello el buen desempeño de los mismos.

En un sistema industrial de tratamiento de aguas residuales, el oxígeno debe estar disponible a una tasa equivalente a la carga de demanda de oxígeno ejercida por las aguas residuales que entran a la PTARU, por lo que se puede afirmar que la tasa a la que el oxígeno disuelto pueda estar disponible determina la tasa a la que las aguas residuales pueden ser purificadas. (www.uv.es)

1.2.2. OXÍGENO DISUELTO

El oxígeno disuelto es la concentración de oxígeno que existe a una determinada presión y temperatura. La solubilidad del oxígeno en el agua mantiene una relación inversamente proporcional con la temperatura, ya que a mayor temperatura la solubilidad del oxígeno es menor. Su concentración en el líquido es función de la presión, temperatura y calidad del líquido; generalmente esta expresada en mg/ℓ .

La oxigenación del agua se debe principalmente a la solubilización del oxígeno atmosférico y en menor medida a su generación en la fotosíntesis, principalmente de las algas. (www.ucm.es)

1.2.3. SOLUBILIDAD

Es la cualidad de soluble (que se puede disolver). Se trata de una medida de la capacidad de una cierta sustancia para disolverse en otra. La sustancia que se disuelve se conoce como soluto, mientras que aquella en la cual este se disuelve recibe el nombre de solvente o disolvente. La concentración, por otra parte, hace referencia a la proporción existente entre la cantidad de soluto y la cantidad de disolvente en una disolución. (www.equiposylaboratorio.com)

1.2.4. COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE OXÍGENO

El coeficiente de transferencia de oxígeno (kLa), necesario para el cálculo de los parámetros de eficiencia de los sistemas de aireación en las EDARs, es un parámetro muy sensible a las características del agua residual (como la calidad de la misma o la concentración de sólidos suspendidos) y a las condiciones de operación (como intensidad de la agitación y turbulencia, método de aireación, escala. (www.iwaponline.com)

1.2.5. DIFUSIÓN DE MASA

La ley de Fick de la difusión, propuesta en 1855, afirma que la razón de difusión de una especie química en el espacio de una mezcla gaseosa (o de una solución líquida o sólida) es proporcional al gradiente de concentración de esa especie en ese lugar. Aunque una concentración más elevada para una especie significa más moléculas de ella por unidad de volumen, la concentración de una especie puede expresarse de varias maneras.

1.2.6. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO₅)

Es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer biológicamente la materia orgánica carbonacea. Se determina en laboratorio a una temperatura de 20°C y en 5 días. (RMCH).

1.2.7. COLIFECALES

Los coliformes fecales son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama *Escherichia coli* y se transmiten por medio de los excrementos. La *Escherichia coli* es una bacteria que se encuentra normalmente en el

intestino del hombre y en el de otros animales. Hay diversos tipos de Escherichia; algunos no causan daño en condiciones normales y otros pueden incluso ocasionar la muerte. (www.ugr.es)

1.2.8. SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN

Corresponden a los sólidos presentes en un agua residual, exceptuados los solubles y los sólidos en fino estado coloidal. Se considera que los sólidos en suspensión son los que tienen partículas superiores a un micrómetro y que son retenidos mediante una filtración en el análisis de laboratorio. (Hart, 1999).

1.2.9. SÓLIDOS SEDIMENTABLES

Volumen que ocupan las partículas sólidas contenidas en un volumen definido de agua, decantadas en 2 horas (h); su valor se mide en mililitros por litro (ml/ℓ). (RMCH).

1.2.10. LIMITE PERMISIBLE

Concentración máxima o mínima permitida, según corresponda, de un elemento, compuesto o microorganismo en el agua, para preservar la salud y el bienestar humano y el equilibrio ecológico, en concordancia con las clases establecidas (RMCH)

1.2.11. GRADO DE EFICIENCIA

El grado de eficiencia de las PTARU se define como: la reducción porcentual de indicadores apropiados, considerados en forma acumulativa o de determinadas sustancias. Para la determinación de la reducción se establece para el indicador específico, una relación entre la carga que fluye a la planta o a una unidad de ella y correspondiente carga en el flujo del efluente de la Planta. Estas determinaciones se realizan en lapsos apropiados para las observaciones. En caso de existir varios puntos de ingreso o egreso de aguas residuales en la planta, la carga total se determina con base en las cargas parciales. (Asociación Alemana de Saneamiento, Agosto 1988).

1.2.12. TEMPERATURA (T°)

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua de suministro, hecho principalmente debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y los diferentes usos industriales. Dado que el calor específico del agua es mucho mayor que el del aire, las temperaturas registradas de las aguas

residuales son más altas que la temperatura del aire durante la mayor parte del año, y sólo son menores que ella durante los meses más calurosos del verano. En función de la situación geográfica, la temperatura media anual del agua residual varía entre 10 y 21°C, pudiéndose tomar 15,6 °C como valor representativo.

Dependiendo de la situación y la época del año, las temperaturas del efluente pueden situarse por encima o por debajo de las del afluente.

La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como sobre la aptitud del agua para ciertos usos útiles. (<http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/Caracteristicas.PDF>).

1.2.13. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

Cantidad de oxígeno necesario para descomponer químicamente la materia orgánica e inorgánica. Se determina en laboratorio por un proceso de digestión en un lapso de 3 horas (h). (RMCH)

1.2.14. REVOLUCIONES POR MINUTO (rpm)

Las revoluciones por minuto son una unidad de medida utilizada para expresar frecuencia o velocidad angular e indican la cantidad de rotaciones por minuto que completa un cuerpo que gira. (www.ugr.es)

1.2.15. REACTOR DESCONTINUO SECUENCIAL (SBR)

Un reactor discontinuo secuencial SBR (del inglés Sequencing Batch Reactor) es un sistema de depuración biológica de aguas residuales mediante fangos activos cuya principal característica es que todos los procesos requeridos para la depuración se realizan de forma secuencial dentro de un mismo reactor. (info@wehrle.es)

1.2.16. REACTOR BIOLÓGICO DE MEMBRANA (MBR)

El proceso de depuración biológico mediante Reactor Biológico de Membranas (MBR, del inglés Membrane BioReactor) hace referencia a la combinación de un proceso biológico de fangos activos en el que la separación de la biomasa se realiza mediante membranas de ultrafiltración, en lugar de la clásica separación por sedimentación. (info@wehrle.es)

1.2.17. VELOCIDAD (v)

La velocidad es una magnitud física que expresa la relación entre el espacio recorrido por un objeto, el tiempo empleado para ello y su dirección.

Debido a que la velocidad también considera la dirección en que se produce el desplazamiento de un objeto, es considerada una magnitud de carácter vectorial.

Así, la velocidad implica el cambio de posición de un objeto en el espacio dentro de determinada cantidad de tiempo, es decir, la rapidez, más la dirección en que se produce dicho movimiento. De allí que velocidad y rapidez no sean lo mismo. (www.ugr.es)

1.2.18. HERCIO (Hz)

El término Hertz puede emplearse como sinónimo de hercio, una unidad de frecuencia equivalente a 1 ciclo por segundo. Su símbolo es Hz. (info@wehrle.es)

1.2.19. ASINCRÓNICO

El término "Asincronía" hace referencia al suceso que no tiene lugar en total correspondencia temporal con otro suceso. Por ejemplo, podemos hablar de motor asíncrono a aquel cuya velocidad de rotación no corresponde con la frecuencia de corriente alterna que lo hace funcionar. (www.deconceptos.com)

1.2.20. SISTEMA DE AIREACIÓN DE AGUA

Uno de los inconvenientes que se tiene en la operación de sistemas de tratamiento de Aguas con microorganismos aerobios; en la parte del tratamiento biológico, es suministrar Oxígeno. Esta transferencia de Oxígeno por aireación, se debe realizar en las cantidades apropiadas para que los microorganismos no tengan dificultades en la degradación de los contaminantes. Tal como menciona (Holmes, 1967) “El problema de suministrar cantidades adecuadas de Oxígeno a cultivos aeróbicos sumergidos, es básicamente disolver el Oxígeno, un gas escasamente soluble. Dado que la difusión de Oxígeno en el Agua es aproximadamente 100.000 veces más lenta que en el aire, las deficiencias locales de Oxígeno a menudo existen en el caldo líquido”. Por otro lado, (Wesner, 1977), citado por (Herrera, 2006), menciona que “la operación de aeración y/o aireación es la que más energía consume en los procesos de tratamiento secundarios

de una planta, representando típicamente entre un 50 a un 90% de los requerimientos de energía de toda la Planta”.

De acuerdo a esto, hay mucho interés en la investigación, búsqueda y mejoras de sistemas de oxigenación con más ventajas económicas y eficientes; y por todo lo mencionado anteriormente, en esta investigación se desarrolla la evaluación de un sistema de oxigenación de agua por burbujeo para dar respuesta al sistema problemático. (HOLMES, 1967)

1.2.21. TRANSFERENCIA DE OXÍGENO GASEOSO AL AGUA

En términos generales, tal como lo menciona (Casey, 2006), “por transferencia de gas se entiende como el movimiento de masa de gas hacia o desde una solución, que se produce cuando una superficie de líquido está en contacto con una fase de gas con la que no está en equilibrio”. De acuerdo a esto, la transferencia de oxígeno gaseoso al agua se producirá cuando el gas en cuestión entra en contacto con una superficie líquida de agua, con la que no debe estar en equilibrio.

Dentro de las operaciones unitarias en Ingeniería Química la transferencia de una sustancia en fase gaseosa a un líquido, se denomina comúnmente absorción, y la operación de transferencia en sentido inverso, se denomina desorción o extracción. En el tratamiento de aguas residuales, la fase gaseosa de donde se aprovecha el oxígeno es el aire (atmosférico), por lo que la operación de transferencia de gases se denomina “aireación”. Otros gases de interés dentro del tratamiento de aguas son O_2 , CO_2 , CH_4 , H_2S , NH_3 y Cl_2 , y la fuerza impulsora que activa la transferencia de estos gases hacia y desde el agua, es la diferencia entre su concentración en solución y su solubilidad en las condiciones imperantes. (CASEY, 2006)

1.2.22. MECANISMO DE LA TRANSFERENCIA DE OXÍGENO AL AGUA

El agua que entra en contacto con el aire atmosférico, absorberá a los gases que no se encuentran en equilibrio tal como se mencionó anteriormente. De acuerdo esto, para explicar el mecanismo de transferencia que se da de las burbujas generadas por el burbujeador (CASEY, 2006)

1.2.23. SISTEMAS DE AIREACIÓN DE AGUA

En términos generales, tal como menciona (Metcalf, 1996), “En el campo del tratamiento de las aguas residuales, la aplicación más común de la transferencia de gases consiste en la transferencia de oxígeno en los tratamientos biológicos secundarios”. Conforme con esto, la baja solubilidad del oxígeno y a la baja velocidad de transferencia que ello implica, suele suceder que la cantidad de oxígeno que penetra en el agua a través de la interfase aire-superficie del líquido no es suficiente para cubrir la demanda de oxígeno del tratamiento aerobio. Por lo tanto, es necesario originar un área interfacial adicional para lograr transferir la gran cantidad de oxígeno que fuese necesaria. Por ello, para obtener este propósito se puede introducir en el agua aire (aeración) u oxígeno, o también se puede exponer el líquido a la atmosfera en forma de pequeñas gotas (aireación).

En numerosas PTARU, la aeración se lleva a cabo mediante la dispersión de burbujas sumergidas a profundidades de hasta 10 m. Los diversos sistemas de aeración incluyen placas y tubos porosos, tubos perforados y diferentes configuraciones de difusores metálicos y de plástico. De igual modo se pueden utilizar aparatos de cizalladura hidráulica, que rompen las burbujas en burbujas de menor tamaño al hacer circular el fluido a través de un orificio.

Los mezcladores de turbina se pueden emplear para dispersar burbujas de aire introducidas en el tanque bajo el centro del elemento impulsor. (METCALF, 1996)

1.2.24. OXÍGENO

El oxígeno es un componente esencial en el metabolismo de microorganismos aerobios y este debe disolverse en soluciones acuosas junto con otros nutrientes con el fin de ser asimilados. La aportación de oxígeno a un agua se efectúa por contacto íntimo entre el aire y el agua. En la superficie de contacto de los dos fluidos, la capa límite molecular se satura de oxígeno desde el momento de su formación, al mismo tiempo que se inicia la difusión de gas hacia capas de agua más profundas. (info@wehrle.es)

1.2.25. AIREACIÓN

El propósito de la aireación y agitación en una Planta de Tratamiento de agua es proporcionarle a los microorganismos el oxígeno necesario y mezclarlos de tal forma que se forme una suspensión uniforme de microorganismos y sólidos. Por otro lado, a través de la aireación y agitación, la velocidad de transferencia de masa y la obtención del producto metabólico pueden aumentar. (info@wehrle.es)

1.3.MARCO LEGAL

1.3.1. NUEVA CONSTITUCION POLITICA DEL ESTADO PLURINACIONAL DERECHO AL MEDIO AMBIENTE

ARTÍCULO 33. Las personas tienen derecho a un medio ambiente saludable, protegido y equilibrado. El ejercicio de este derecho debe permitir a los individuos y colectividades de las presentes y futuras generaciones, además de otros seres vivos, desarrollarse de manera normal y permanente.

ARTÍCULO 34. La población tiene derecho a la participación en la gestión ambiental, a ser consultado e informado previamente sobre las decisiones que pudieran afectar a la calidad del medio ambiente.

1.3.2. LEY DEL MEDIO AMBIENTE N° 1333

ARTICULO 1. La presente Ley tiene por objeto la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población.

ARTÍCULO 3. El medio ambiente y los recursos naturales constituyen patrimonio de la Nación, su protección y aprovechamiento se encuentran regidos por Ley y son de orden público.

1.3.3. DEL RECURSO AGUA

ARTICULO 36. Las aguas en todos sus estados son de dominio originario del Estado y constituyen un recurso natural básico para todos los procesos vitales. Su utilización

tiene relación e impacto en todos los sectores vinculados al desarrollo, por lo que su protección y conservación es tarea fundamental del Estado y la sociedad.

ARTICULO 37. Constituye prioridad nacional la planificación, protección y conservación de las aguas en todos sus estados y el manejo integral y control de las cuencas donde nacen o se encuentran las mismas.

ARTICULO 38. El Estado promoverá la planificación, el uso y aprovechamiento integral de las aguas, para beneficio de la comunidad nacional, con el propósito de asegurar su disponibilidad permanente, priorizando acciones a fin de garantizar agua de consumo para toda la población.

ARTICULO 39. El Estado normara y controlara el vertido de cualquier sustancia o residuo líquido, sólido o gaseoso que cause o pueda causar la contaminación de las aguas o la degradación de su entorno.

Los organismos correspondientes reglamentaran el aprovechamiento integral, uso racional, protección y conservación de las aguas.

1.3.4. REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACION HIDRICA

ARTICULO 11. Los Gobiernos Municipales, para el ejercicio de las atribuciones y competencias que les reconoce la ley en la presente materia, deberán, dentro del ámbito de su jurisdicción territorial:

- a) realizar acciones de prevención y control de la contaminación hídrica, en el marco de los lineamientos, políticas y normas nacionales;
- b) identificar las fuentes de contaminación, tales como las descargas residuales, los rellenos sanitarios activos e inactivos, escorias metalúrgicas, colas y desmontes mineros, escurrimientos de áreas agrícolas, áreas geográficas de intensa erosión de suelos y/o de inundación masiva, informando al respecto al Prefecto;
- c) proponer al Prefecto la clasificación de los cuerpos de agua en función a su aptitud de uso;
- d) controlar las descargas de aguas residuales crudas o tratadas a los cuerpos receptores;

e) dar aviso al Prefecto y coordinar con Defensa Civil en casos que ameriten una emergencia hídrica, a nivel local por deterioro de la calidad hídrica.

1.3.5. DEL MONITOREO Y EVALUACION DE LA CALIDAD HIDRICA

ARTICULO 30. El MDSMA y el Prefecto, con el personal de los laboratorios autorizados, efectuarán semestralmente el monitoreo de los cuerpos receptores y de las descargas de aguas residuales crudas o tratadas, tomando muestras compuestas de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento de Prevención y Control Ambiental, en relación al caudal y durante las horas de máxima producción. Los resultados de los análisis serán presentados al REPRESENTANTE LEGAL.

En caso de que uno o más parámetros excedan los límites establecidos en el presente reglamento, se procederá a la toma de una segunda muestra en similares condiciones y con la intervención del REPRESENTANTE LEGAL o delegado de éste, según los resultados del análisis se tomará una de las siguientes decisiones:

- a) si los resultados dan valores que no exceden los límites establecidos, se dará por terminada la investigación;
- b) en caso de que los resultados reiteren lo encontrado en el primer análisis, el Prefecto con jurisdicción sobre la cuenca correspondiente fijará día y hora para inspeccionar la planta de tratamiento a fin de definir la posible causa de tales resultados; la inspección se realizará de acuerdo a los procedimientos establecidos en el Reglamento de Prevención y Control.

ARTICULO 31. Para realizar la inspección indicada en el artículo anterior, el REPRESENTANTE LEGAL deberá permitir el acceso al representante de la Prefectura con el fin de que verifique si:

- a) existen cambios en la estructura de la planta de tratamiento;
- b) existen cambios en los métodos de operación y mantenimiento, o
- c) existen otras condiciones de cambio, sea por reemplazo de materia prima o equipos.

En estos casos, la industria está en la obligación de corregir las diferencias existentes en un plazo adecuado, fijado por la Autoridad Ambiental Competente.

ARTICULO 32. Los muestreos y análisis concernientes a las aguas residuales crudas o tratadas y a los subproductos que se generen durante el tratamiento de las mismas, deberán ser realizados por laboratorios autorizados.

ARTICULO 33. La información resultante de las actividades de revisión y aprobación de proyectos, construcción y operación de plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de análisis, mediciones y registro de las descargas y evaluaciones que se practiquen, ingresará en una base de datos integrada y computarizada.

ARTICULO 47. Todas las descargas de aguas residuales crudas o tratadas a ríos arroyos, procedentes de usos domésticos, industriales, agrícolas, ganaderos o de cualquier otra actividad que contamine el agua, deberán ser tratadas previamente a su descarga, si corresponde, para controlar la posibilidad de contaminación de los acuíferos por infiltración, teniendo en cuenta la posibilidad de que esos ríos y arroyos sirvan para usos recreacionales eventuales y otros que se pudieran dar a estas aguas. Para el efecto se deberá cumplir con lo siguiente:

- a) en caso de arroyos, dichas aguas residuales crudas o tratadas deberán satisfacer los límites permisibles establecidos en el presente reglamento para el cuerpo receptor respectivo.
- b) toda descarga de aguas residuales a ríos, cuyas características no satisfagan los límites de calidad definidos para su clase, deberá ser tratada de tal forma que, una vez diluida, satisfaga lo indicado.
- c) cuando varias industrias situadas a menos de 100 metros de distancia una de la otra descarguen sus aguas residuales a un mismo tramo de río, la capacidad de dilución será distribuida proporcionalmente al caudal de descarga individual, considerando el caudal mínimo del río y como está descrito en el Art. 45 del presente Reglamento.

1.3.6. DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO

ARTICULO 55. Si la Instancia Ambiental Dependiente de la Prefectura detecta que en el funcionamiento de un sistema o planta de tratamiento se están incumpliendo las condiciones inicialmente aceptadas para dicho funcionamiento, conminará al REPRESENTANTE LEGAL a modificar, ampliar y/o tomar cualquier medida, sea en la estructura de la planta de tratamiento o en los procedimientos de operación y mantenimiento, para subsanar las deficiencias.

ARTICULO 57. Para evitar el riesgo de contaminación, queda prohibido el acceso de personas no autorizadas a las instalaciones de las plantas de tratamiento debiéndose también tomar las medidas que el caso aconseje a fin de evitar que animales pueda llegar hasta dichas instalaciones.

ARTICULO 60. En caso de que se interrumpa temporalmente la operación total o parcial del sistema o planta de tratamiento, se deberá dar aviso inmediato a la correspondiente Prefectura, especificando las causas y solicitando autorización para descargar el agua residual cruda o parcialmente tratada, por un tiempo definido. Además, se deberá presentar un cronograma de reparaciones o cambios para que la planta vuelva a su funcionamiento normal en el plazo más breve posible.

ARTICULO 62. La desinfección de las aguas residuales crudas o tratadas es imprescindible cuando la calidad bacteriológica de esas aguas rebasa los límites establecidos y constituye riesgo de daño a la salud humana o contaminación ambiental.

CAPITULO II
MATERIALES Y METODOLOGÍA

CAPITULO II

MATERIALES Y METODOLOGÍA

2.1. MATERIALES Y MÉTODOLÓGIA

2.1.1. MATERIALES

- GPS
- Cámara fotográfica
- Guantes
- Barbijo
- Cinta Métrica
- Tablero
- Material de escritorio

2.1.2. METODOLOGÍA

El tipo de metodología para realizar y llevar adelante el trabajo de investigación es mencionado a continuación.

2.1.2.1. DESCRIPTIVA

La metodología que se utilizó en este análisis es el método descriptivo que se utiliza para recoger, organizar, resumir, presentar, analizar, generalizar, los resultados de las observaciones. Este método implica la recopilación y presentación sistemática de datos para dar una idea clara de una determinada situación.

Las ventajas que tiene este estudio es que la: metodología es fácil, de corto tiempo y económica. En el estudio descriptivo el propósito del investigador es describir situaciones y eventos. Esto es, decir cómo es y se manifiesta determinado fenómeno (Zorilla, 1986).

Este tipo de metodología nos permite realizar una descripción del comportamiento de las aguas residuales y el comportamiento de estas mismas aguas con los aireadores superficiales.

2.1.2.2. CUANTITATIVA

La investigación cuantitativa, es un conjunto de estrategias de obtención y procesamiento de información que emplean magnitudes numéricas y técnicas formales y/o estadísticas para llevar a cabo su análisis, siempre enmarcado en una relación causa efecto.

En otras palabras, un método cuantitativo es todo aquel que utiliza valores numéricos para estudiar un fenómeno, como consecuencia obtiene conclusiones que pueden ser expresadas de forma matemática.

Con esta metodología se pretende lograr y alcanzar datos específicos en cuando al número de aireadores que se va a necesitar, cantidad de energía que van a utilizar los aireadores y costos totales para cada tipo de aireador.

2.1.2.3. ANALÍTICO

Se realizará el análisis mediante la observación para explicar, comprender la naturaleza del fenómeno y el objeto que se va a estudiar, implementación de aireadores superficiales en la PTARU de COSAALT R.L. de la ciudad de Tarija.

2.2. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECIFICOS

2.2.1. Se utilizará el método cuantitativo para la cotización de los diferentes tipos de aireadores que se van a usar en la PTARU de COSAALT R.L. de la ciudad de Tarija, así mismo se utilizará este método para calcular el número de aireadores, gastos y costos de energía que se van a necesitar en la PTARU.

2.2.2. Se utilizará el método descriptivo porque se van a recopilar y presentar datos de las muestras de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de COSAALT R.L., y se describirán las ventajas y desventajas de cada tipo de aireador.

2.2.3. Se utilizará el método analítico y cuantitativo para describir ventajas desventajas de cada tipo de aireador, como gastos de energía y costos finales.

2.2.4. Se utilizará el método cuantitativo para calcular el número de aireadores superficiales que se necesitan, para cada tipo de equipo.

2.2.5. Se utilizará el método analítico para analizar qué tipo de impactos ambientales negativos van a provocar al implementar los aireadores superficiales en la PTARU de COSAALT R.L.

2.3. FUENTES DE INFORMACIÓN

- **Primarias:** Se realizarán entrevistas al personal que labura en la laguna de aguas residuales urbanas de COSAALT R.L. de la ciudad de Tarija.
- **Secundarias:** Análisis y revisión de la literatura disponible, los trabajos investigativos realizados referentes al tema de interés.

2.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para llevar adelante la presente investigación se recurrirá a las siguientes técnicas:

Observación: El investigador realizará la percepción de la realidad que es la PTARU de COSAALT R.L. de la ciudad de Tarija.

- **Entrevista:** Se aplicará al personal que labura en la PTARU de COSAALT R.L. de la ciudad de Tarija.

2.5. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los instrumentos que considero para poder llevar adelante la presente investigación son los siguientes:

- Consulta de bibliografía y documentación (internet, informes, etc.)
- Trabajo de Campo (Visitas, entrevistas, etc.)
- Registro de Observaciones

2.6. ESTRUCTURA METODOLÓGICA

El presente trabajo de investigación se realizará en 3 fases: fase de gabinete, fase de campo, fase de post campo.

Fase de Gabinete: Involucra las siguientes actividades:

- a) **La Técnica Documental:** Consiste en obtener y recopilar información documentada referida al tema de investigación

Fase de Campo: Involucra las siguientes actividades:

- a) Relevamiento de Entrevistas.
- b) Medición de la laguna de aguas residuales urbanas de COSAALT R.L. y determinar el número y tipo de aireadores superficiales necesarios,

Fase de Post campo: Involucra las siguientes actividades:

- a) **Tabulación y Análisis de los Datos.** El proceso de tabulación de los datos, se realizará de forma manual, mediante una distribución absoluta y porcentual, en tablas de representación simple, luego se globalizará el porcentaje final para elaborar la representación gráfica en barras.
- b) **Elaborar la Propuesta:** para la implementación de los aireadores superficiales para la PTARU de COSAALT R.L. para la ciudad de Tarija.

2.7. ASPECTOS GENERALES DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

2.7.1. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas (PTARU) de COSAALT R.L., se encuentra en el barrio San Luis de la ciudad de Tarija de la provincia Cercado del departamento de Tarija, entre las coordenadas geográficas:

- Latitud sur: 21° 31'17''
- Longitud oeste: 64° 43'41''
- Altitud : 1.876 msnm
-

ILUSTRACIÓN 1. MAPA DE LA PROVINCIA CERCADO



Fuente: PDM de la Prov. Cercado

2.7.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES

La provincia Cercado del Departamento de Tarija, República de Bolivia, tiene una extensión de 2.074 Km² de superficie, entre los paralelos 21° y 22° de latitud sur y los meridianos 62° y 65° de longitud oeste de la línea de Greendwich.

Se halla rodeada al noroeste por la provincia Méndez, al este por la provincia O'Connor, al sur por la provincia Arce y al suroeste por la provincia Aviléz, limita internacionalmente con la Republica de la Argentina al sur y al este con la República del Paraguay, y al oeste con los departamentos de Potosí y Chuquisaca y al norte con el departamento de Chuquisaca.

Según el censo realizado en 2012 la Provincia Cercado tiene 205.346 habitantes.

Su clima es templado, con una temperatura promedio de 18°C. Tarija tiene acceso vial hacia la frontera con la Argentina, y con las ciudades de Sucre y Potosí. Sus recursos

hídricos están distribuidos en dos cuencas: la del río Santa Ana y la de los ríos Tolomosa y Sella, este último afluente del río Guadalquivir.

Tiene una superficie de 37.623 km², cubre el 3,42% del territorio nacional, con características geográficas variadas y relieves que van de los 4000 msnm hasta los 300msnm, que determinan la variabilidad de su clima frío y seco en la zona alta, templado y temporalmente húmedo en los valles subandinos y cálido y seco y cálido húmedo en la llanura chaqueña, y sus características fisiográficas se dividen en cuatro grandes unidades: El altiplano tarijeño, los valles interandinos, y el valle central. (PDM, 2010-2014)

La distribución mensual de las precipitaciones de acuerdo a los sistemas de vida que en la Zona Alta o Andina que el casi todo el subsistema es de 7 meses de precipitaciones y en la parte Sureste con una distribución de 9 meses, en el Valle Central la distribución de las precipitaciones está alrededor de los 7 meses y en partes muy focalizadas con 9 meses, en el Subandino en la parte Sur la humedad es de 9 meses de precipitación y en el Norte la media es de 7 meses y en el Chaco en la parte Oeste la humedad tiene una media de 7 meses y en el Suroeste de 9 meses, y al Centro es la media de 7 meses centro Este es de 5 meses y Este Noreste la media es de 3 meses.

En el Departamento de Tarija está formada por 2 cuencas mayores y 2 cuencas menores que son tributarios de la cuenca del Río de La Plata.

Las aguas de la PTARU de COSAALT R.L. desembocan en la cuenca del río Bermejo, la cual presenta las siguientes características:

- **La cuenca del río Bermejo.**- Nace en territorio argentino y en el Departamento de Tarija en las serranías de Cabildo y el Cóndor, con el nombre de río Orozas, siendo sus principales afluentes el río Condado, río Emborozú y Salado. La cuenca del río Bermejo en territorio boliviano se compone principalmente de la cuenca del río Bermejo, como tal, y del río Grande de Tarija, que tiene su origen en las serranías de Sama, en el Valle Central posee importantes afluentes como lo son los ríos Guadalquivir, Tolomosa, Santa Ana y Camacho

2.7.2.1. Principales tipos de vegetación

Se ha clasificado la vegetación tomando las clases, subclases, grupos de formación y pisos altitudinales de acuerdo a la leyenda de la UNESCO (1973) adaptada.

Integrando variables fisiográficas, meteorológicas, altitudinales, de fisonomía y la composición florística dominante, se diferencian 10 tipos principales de vegetación en el departamento de Tarija que se indican y se describen con más detalle en el Cuadro siguiente:

TABLA 1. PRINCIPALES TIPOS DE VEGETACIÓN EN LA PROV. CERCADO

Provincia fisiográfica	Tipos de vegetación	Especies dominantes o indicadores	Altitud (msnm)	Clima	
				Precipitación anual (mm)	T° media anual (°C)
Cordillera Oriental	Pastizales arbustales altoandinos y	Tholilla Kanlli Paja	3.000- 4.700	300 - 1.000	6 - 12
	Pajonales-arbustales, matorrales-pastizales	Paja Thola Pasto orqueta	1.500- 3.300	400 - 1.200	11 - 19
	Bosques montanos Nublados	Guayabo Pino del cerro Pasto monteño	1.200- 2.700	600 - 1.700	13 - 20

	Matorrales xerofíticos de los valles interandinos	Churqui Taquillo Pasto orqueta	1.700- 2.600	330 - 1.000	14 - 17
	Matorrales y bosques xerofíticos del Chaco Serrano	Churqui amarillo Palqui Cebil colorado Soto	1.000- 3.400	200 - 900	14 - 21
Subandino	Bosque nublado Tucumano-Boliviano	Guayabo Pino del cerro Barroso	1.200- 2.500	800 - 1.800	15 - 20
	Bosque húmedo Tucumano-Boliviano	Laurel Barroso Quina colorada	430 - 2.100	800 - 2.200	13 - 22
	Bosque subhúmedo de transición	Perilla Cebil colorado Arrayan	400 - 1.900	700 - 1.200	14 - 23
	Bosque xerofítico del Chaco Serrano	Cebil colorado Soto, quebracho Perilla	350 - 1.800	600 - 1.200	17 - 23
Llanura Chaco Beniana	Vegetación xerofítica del Chaco	Duraznillo Quebracho Blanco Algarrobilla	260 – 700	400 - 900	22 - 24

Fuente: Plan Departamental de Ordenamiento Territorial 2006-2025

2.7.3. BARRIO SAN LUIS

Hace casi un siglo el cantón San Luís pasó a formar parte de la comunidad del mismo nombre y hace aproximadamente 50 años el Gobierno Municipal de la provincia Cercado, a solicitud de los comunarios, lo elevó a categoría de barrio.

Este barrio se encuentre en la ciudad de Tarija a:

- Latitud: -21.6
- Longitud: -64.7

ILUSTRACIÓN 2. BARRIO SAN LUIS



Fuente: PDM Tarija

En el barrio san Luis se encuentra ubicada la PTARU de COSAALT R.L. que es una institución que otorga el servicio de agua potable, en condiciones de ser consumida por socios / usuarios y presta el servicio de alcantarillado sanitario dentro de su área de concesión en la ciudad de Tarija.

La PTARU cuenta con 4 lagunas: laguna anaeróbica 1, laguna anaeróbica 2, laguna facultativa y laguna de maduración.

Estas lagunas fueron entregadas para el mantenimiento y operación de COSAALT R.L. el año 1990 con una vida útil de 15 a 20 años, el 2010 ya se propuso hacer una mitigación de olores en tanto no haya una planta de tratamiento de aguas residuales principal. La situación en las lagunas es que han cumplido su vida útil.

A raíz de éste situación en la cual se encuentra dicha PTARU, los pobladores de la zona reclamaron que día a día absorben gases totalmente nauseabundos y que tienen que soportar a los mosquitos y zancudos en la época de calor, contrayendo diferentes enfermedades.

Éstas pasan por ser padecimientos respiratorios, pulmonares, infecciones intestinales, y de otro tipo lo cual “Representan una amenaza para la salud de Tarija”.

ILUSTRACIÓN 3.PTARU DE COSAALT R.L.



Fuente: Periódico el País

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIONES

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. COTIZACIÓN DE AIREADORES SUPERFICIALES PARA EL TRATAMIENTO AEROBIO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS DE COSAALT R.L.

3.1.1. AIREADORES SUPERFICIALES DE CHORRO

Se realizó la cotización de 7 de aireadores superficiales de acuerdo a sus características y especificaciones técnicas.

CUADRO 1. AIREADOR SUPERFICIAL DE CHORRO (INYECCIÓN)

<u>ASPIRANDO AIREADOR DE CHORRO</u>	
ILUSTRACIÓN	COSTO
	5.000,00 \$us - 6.000,00 \$us/ 1 Set

Fuente: ALIBABA

3.1.2. AIREADORES DE CHORRO (INYECCIÓN)

CUADRO 2. AIREADOR DE CHORRO (INYECCIÓN)

<u>ASPIRANDO AIREADOR DE CHORRO</u>	
ILUSTRACIÓN	COSTO
	1.000,00\$us- 1.600,00 \$us/ 1 Set

Fuente: ALIBABA

Especialmente diseñados para tratamiento biológico o físico-químico, totalmente sumergibles en cubas de planta rectangular o circular, proporcionan una agitación en la zona anóxica complementaria a la aireación.

Están compuesto por motor eléctrico, eje prolongado y hélice tipo marina o formada por dos chapas con inclinación opuesta.

3.1.2.1. CONTROL Y MANTENIMIENTO:

El mantenimiento de un AIREADOR A CHORRO consiste en:

- Control y engrase del grupo motorreductor. Observar en la placa del reductor, si es engrase perpetuo o por aceite.

- Control de los alabes. Comprobar el desgaste de los mismos.

En las tareas de mantenimiento y limpieza deberá cuidarse especialmente, que la maquinaria este desconectada y bloqueada para evitar accidentes.

3.1.3. AIREADORES DE SUPERFICIE A CHORRO CON SOPLADOR (INYECCIÓN, TORNADO)

CUADRO 3. AIREADOR DE SUPERFICIE A CHORRO CON SOPLADOR (INYECCIÓN, TORNADO)

<u>AIREADOR DE SUPERFICIE A CHORRO CON SOPLADOR</u>	
ILUSTRACIÓN	COSTO
	8.000,00 \$us- 20.000,00 \$us/1Set

Fuente: ALIBABA

Este aireador brinda capacidades de alta transferencia de oxígeno y de mezcla intensiva. La mezcla direccional turbulenta y la descarga de propulsión a chorro del aireador aseguran que el oxígeno se mezcle en forma rápida con el agua para lograr una transferencia de oxígeno única. La intensa acción de la propulsión a chorro deshace los sólidos existentes, aumentando de esta forma el rendimiento del tratamiento y logrando un mejor contacto entre el oxígeno y las bacterias presentes en el agua.

El aireador a chorro con soplador se monta en un cierto ángulo respecto a la superficie del agua, con el motor y la toma de aire por encima de la superficie y con la hélice

sumergida debajo del agua. El sólido eje del motor hace girar a una hélice de acero inoxidable, de patente propia. El agua se mueve a alta velocidad a través y cerca de la hélice, creando una zona de baja presión en el centro. La baja presión logra que se aspire aire a través de la toma fija y hacia abajo del tubo de gran diámetro. El aire sale hacia el agua por el eje de la hélice. La turbulencia y el flujo creados por la hélice rompen las burbujas de aire, mezclan el reservorio, y dispersan el oxígeno.

Los ambientes con aguas residuales rigurosas requieren materiales de construcción resistentes que puedan soportar las condiciones ambientales extremas. Los cojinetes sellados y lubricados con grasa del aireador permiten que los aireadores sean utilizados en aplicaciones con grandes cantidades de sólidos, polvos o arena en tratamiento de lixiviados. Los Aireadores de Aspiración Superficial mejoran la aireación y la mezcla en un amplio rango de aplicaciones. Este aireador brinda capacidades de alta transferencia de oxígeno y de mezcla intensiva. La mezcla direccional turbulenta y la descarga de propulsión a chorro del aireador aseguran que el oxígeno se mezcle en forma rápida con las aguas residuales para lograr una transferencia de oxígeno única. La intensa acción de la propulsión a chorro deshace los sólidos existentes en el agua aumentando de esta forma el rendimiento del tratamiento y logrando un mejor contacto entre el oxígeno y las bacterias del agua. La aireación y la mezcla tienen lugar debajo de la superficie del agua para eliminar el efecto de rociado y salpicado de agua. Los resultados obtenidos son:

- Reducción de olores
- Conservación de la energía
- Eliminación de problemas de congelamiento

El aire ingresa al aireador a través de la apertura existente en el tubo un sólido soporte al eje del aireador, evitando su vibración y absorbiendo todas las cargas de empuje originadas en la hélice. Los cojinetes de rodillo están diseñados para una vida útil de hasta 100.000 horas. El sistema único de auto calentamiento de los cojinetes permite que el sistema pueda ser instalado en áreas con climas fríos y que pueda operarse durante todo el año.

3.1.3.1. COMPONENTES DE ACERO INOXIDABLE:

Los flotadores de acero inoxidable poseen una gran durabilidad, no tienen comparación en la industria con ningún otro sistema similar, y aseguran que el aireador permanezca a flote a lo largo de toda su vida útil aún en las condiciones ambientales más rigurosas. La ingeniería patentada asegura que el aireador funcionará correctamente a lo largo de toda su vida útil, sin ocasionar tiempos muertos de mantenimiento.

3.1.3.2. COSTOS DE ENERGÍA REDUCIDOS:

Cada aireador está equipado con un motor de una gran eficiencia para reducir los costos de energía. Los motores más grandes están diseñados para funcionar con arranque suave o controladores de Unidad de Frecuencia Variable (VFD) con el fin de evitar altos picos de tensión y para reducir los costos de energía.

3.1.3.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Rango de potencia disponible 2-100 HP (1,5 kW – 75 kW)
- Velocidad de operación: 1.800 rpm a 60 Hz (1.500 rpm a 50 Hz)
- Motores de gran eficiencia (TEFC)
- Construcción en acero inoxidable 304 (estándar) o acero inoxidable 316 (opcional)
- Cojinetes lubricados con grasa y eje sólido que aseguran un funcionamiento sin vibraciones.

ILUSTRACIÓN 4. ESPECIFICACIONES DEL TORNADO

Especificaciones del TORNADO*:										
HP	kW	RPM Motor 60 Hz	Motor FLA 460V	RPM Motor 50 Hz	Motor FLA 380V	Peso nave lbs. (kg)	Disponible Sistema de Pontón	Sistema de Pontón	Largo pulg (cm)	Ancho pulg (cm)
2	1.5	1730	3.1	1425	3.7	118 (54)	a, b	a - 2 flotadores	72 (183)	70 (177)
3	2	1745	4.0	1450	4.8	161 (73)	a, b	b - 4 flotadores	145 (368)	70 (177)
5	4	1750	6.5	1445	7.9	169 (76)	a, b	c - 6 flotadores	145 (368)	105 (267)
7.5	5.5	1750	9.4	1445	11.6	225 (102)	a, b	d - 8 flotadores	145 (368)	105 (267)
10	7.5	1750	12.4	1445	15	248 (113)	a, b			
15	11	1760	18.6	1450	22.6	407 (185)	b, c			
20	15	1760	23.5	1450	31.4	492 (223)	b, c			
25	18.5	1770	29.6	1460	35.2	539 (244)	b, c			
30	22	1770	35.5	1460	42	541 (245)	b, c			
40	30	1770	47.1	1460	55	730 (331)	b, c			
50	37	1770	59.2	1460	68	914 (415)	c, d			
60	45	1775	69.4	1465	83	1146 (520)	c, d			
75	56	1775	86.2	1465	103.5	1219 (553)	d			
100	74.5	1780	114	1480	135	1353 (1353)	d			



La ilustración muestra un sistema clásico de 4 flotadores. Las dimensiones del aireador flotante estándar se muestran en la tabla anterior

Fuente: ALIBABA

3.1.4. AIREADOR DE TURBINA, 304SS, AIREADOR DE PESCA, RECEPTOR HDPE, AIREADOR DE ACUICULTURA, EQUIPO DE AGUAS RESIDUALES (INYECCIÓN)

CUADRO 4. AIREADOR DE TURBINA, 304SS, AIREADOR DE PESCA, RECEPTOR HDPE, AIREADOR DE ACUICULTURA, EQUIPO DE AGUAS RESIDUALES (INYECCIÓN)

<u>AIREADOR DE TURBINA, 304SS AIREADOR DE PESCA, RECEPTOR HDPE, AIREADOR DE ACUICULTURA, EQUIPO DE AGUAS RESIDUALES</u>	
ILUSTRACIÓN	COSTO
	100,00 \$us -
	280,00 \$us/ 1 Set

Fuente: ALIBABA

El aireador de turbina se usó ampliamente en el tratamiento de aguas residuales o en granjas de peces/camarones que aumentaba el oxígeno.

1. Acero inoxidable 304 el hospedador y el eje pueden hacer que el aireador funcione en cualquier condición de agua como agua salada / agua de alcantarillado.
2. Puede funcionar como equipo de tratamiento de agua sucia, larga vida útil del

producto, alta tasa de oxígeno.

3. Puede trabajar muy profundamente en estanque.

4. Aspiración de aire en el fondo del estanque.

5. Puede ser utilizado como aireador en amplios rangos. Como cultivo de camarones /mejorar la calidad del agua /parte inferior tasa de oxígeno.

6. Puede ser personalizado para el tamaño del eje basado en su profundidad del estanque.

7. No hay reductor /ruido bajo /vibración baja.

TABLA 2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL AIREADOR DE TURBINA

No artículo	Potencia	Voltaje	Velocidad	Capacidad aeróbica	Peso	Volumen
	CV/kW	V	rpm	Kg/h	Kg	CAPACIDAD DE LA HABITACIÓN
FSTB-2	2HP/1,5kW	220-440V	1440	>1,9	38	0,30
FSTB-3	3HP/2,2kW	380-440V	1440	>2,6	40	0,30
FSTB-4	4HP/3,0kW	380-440V	2850	>3,8	43	0,30
FSTB-5	5HP/4,0kW	380-440V	2850	>4,9	46	0,32

Fuente: ALIBABA

3.1.5. AIREADOR DE SUPERFICIE DE BAJA VELOCIDAD

CUADRO 5. AIREADOR DE SUPERFICIE DE BAJA VELOCIDAD

<u>AIREADOR DE SUPERFICIE DE BAJA VELOCIDAD</u>	
ILUSTRACIÓN	COSTO
	9.000,00\$us- 60.000,00 \$us/ 1 Set

Fuente: ALIBABA

Los aireadores superficiales de baja velocidad tienen su aplicación más importante en el tratamiento aeróbico de aguas residuales biológicas, proporcionando oxígeno disuelto en el proceso biológico al tiempo que aseguran una mezcla completa en todo el tanque y (donde sea necesario) una propulsión adecuada. Se pueden instalar en una disposición fija o flotante, y en muchos tipos de tanques.

Las opciones para instalar el aireador superficial en un tanque son prácticamente ilimitadas. Para proporcionar mezcla y aireación, pueden instalarse en tanques de estabilización de lodos o aireación rectangular, cuadrada o redonda. Los tanques pueden ser superficiales o profundos (si es necesario con tubos de aspiración), zanjas de oxidación, sistemas MBR (Reactor Biológico de Membrana) y SBR (Reactor Descontinuo Secuencial), lagunas, estanques, tanques de mezcla o de amortiguación.

Es esencialmente una bomba de alto caudal y baja presión que descarga grandes cantidades de líquido en el aire en forma de lámina densa. El oxígeno atmosférico es absorbido en esta lámina la que cae nuevamente con lo cual se aumenta la concentración del oxígeno disuelto en el líquido.

ILUSTRACIÓN 5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL AIREADOR DE SUPERFICIE DE BAJA VELOCIDAD

Modelo	A mm	Φ B mm	C mm	Φ D mm	E mm	Peso kg	
						flotador	lastre
TFL-3	900	650	1350	114.3 (3.6)	3100	570	160
TFL-5	900	650	1350	114.3 (3.6)	3100	570	150
TFL-7	900	800	1500	168.3 (4.5)	3820	880	360
TFL-10	900	800	1500	168.3 (4.5)	3820	880	330
TFL-15	900	950	1500	193.7 (5.4)	4175	1150	475
TFL-20	900	950	1500	193.7 (5.4)	4175	1150	410
TFL-25	900	1200	1550	219.1 (5.9)	4765	1900	535
TFL-30	1100	1400	1550	273 (6.3)	5225	2600	900
TFL-40	1100	1400	1550	273 (6.3)	5225	2600	825
TFL-50	1200	1600	1600	323.9 (7.1)	5475	3300	1200
TFL-60	1200	1600	1600	323.9 (7.1)	5475	3300	1150
TFL-75	1300	1800	1700	355.6 (8)	5852	4240	1500
TFL-100	1300	1800	1700	355.6 (8)	6000	4240	1450

Fuente: ALIBABA

3.1.6. AIREADOR SUPERFICIAL PARA TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES CON PANEL SOLAR Y PALETAS

CUADRO 6. AIREADOR SUPERFICIAL PARA TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES CON PANEL SOLAR Y PALETAS

<u>AIREADOR SUPERFICIAL PARA TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES CON PANEL SOLAR Y PALETAS</u>	
ILUSTRACIÓN	COSTO
	200,00 \$us- 1.000,00 \$us/1 Set

Fuente: ALIBABA

El aireador superficial para tratamiento de las aguas residuales con panel solar, es una solución ideal para la aceleración y la adición de un tratamiento consistente a aplicaciones de aguas residuales facultativos. La tecnología se expande y aumenta la circulación de las concentraciones de oxígeno en los 2/3 superiores del estanque, creando así un "tope aeróbica que realiza lo siguiente:

- 1) Mejora la digestión de soluble DBO_5
- 2) Acelera la digestión de semi solubles DBO_5
- 3) Estimula la digestión de sólidos

3.1.6.1. CARACTERÍSTICAS:

- Hace circular el oxígeno del agua deficiente a la superficie para una rápida re-oxigenación.

- . Diseñado para aplicaciones de aguas residuales y de agua dulce.
- . Reducir el crecimiento de algas, olor, lodos.
- . Robusta, construcción de acero inoxidable.
- . 365 días de operación a pesar de condiciones adversas.

Este aireador recicla continuamente y estratifica embalses, lagos y estanques profundos de forma simultánea a múltiples profundidades. La tecnología de la circulación de oxígeno restaura a los niveles más bajos, lo que hace lo siguiente:

1. mejora la calidad del agua
2. promueve un ecosistema saludable de arriba hacia abajo
3. aumenta la claridad
4. disminuye el pH
5. baja temperatura
6. los límites de gusto y olor

ILUSTRACIÓN 6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL AIREADOR CON PALETAS

Designation/Model	SS	SE	SB	LEM
Description	Sunup-to-Sundown	Solar/Electric	Solar/Battery	Low Energy Mixer
Operation	8-12 hours/day	24/7/365	24/7/365	24/7/365
Power Source	Solar only	Solar-Electric	Solar & Battery	110 VAC, 10amp
Primary Flow	2-3 acre feet/day	3-4 acre feet/day	3-4 acre feet/day	3-4 acre feet/day
Solar Panel Size	3 @ 60 watt	3 @ 80 watt	3 @ 130 watt	None
Anchoring	Single point	2 point	1 or 2 point	2 point
Type of Mix				
Shallow Mix Type T (telescoping)	Yes	Yes	Yes	Yes
Deep Mix Type H (hose)	Yes	No*	Yes	No
Warranty				
Frame	2 year	2 year	2 year	2 year
Motor	2 year	2 year	2 year	2 year
Panels	25 year	25 year	25 year	25 year
Applications	Designed for ponds, lakes and reservoirs with long detention, which need consistent circulation	Designed for facilities where continuous mixing is required and electric shore power is available	Designed for facilities where continuous mixing is required and electric shore power is NOT available	Designed for ponds with high organic loads, short detention
Type Pond	Non-aerated	Aerated and non-aerated	Aerated and non-aerated	Aerated
Retention	45 Days	15-60 Days	15-60 Days	10 Days
Organic Loading***	0-50 lbs. BOD/ac/day	50-150 lbs. BOD/ac/day	50-150 lbs. BOD/ac/day	50-250 lbs. BOD/ac/day**
Electricity Required	No	Yes	No	Yes

Fuente: ALIBABA

3.1.7. EQUIPO AIREADOR VERTICAL AQUA TURBO, SERIE AER-AS
CUADRO 7. EQUIPO AIREADOR VERTICAL AQUA TURBO, SERIE AER-AS

<u>EQUIPO AIREADOR VERTICAL AQUA TURBO, SERIE AER-AS</u>	
ILUSTRACIÓN	COSTO
	45.000,00 \$us

Fuente: Hidrometálica@hidrometálica.com

3.1.7.1. CARACTERÍSTICAS DEL AIREADOR:

El equipo deberá tener como mínimo 1,50 kg de O₂/h kW de potencia consumida de línea, funcionando al nivel de líquido normal de la laguna de aireación.

3.1.7.1.1. MOTOR:

Especialmente diseñado para trabajo continuo con rodamientos especiales, protección IP56, normalizados 3x400V, 50Hz, 1500 rpm de potencia.

El motor será asíncrono, 100% blindado.

El motor es un motor especialmente diseñado para trabajar en forma continua en condiciones de máxima sollicitación.

Los cojinetes son dimensionados de tal manera de asegurar 100.000 horas de funcionamiento sin problemas operativos.

Los motores son refrigerados por ventiladores.

Las especificaciones del motor serán iguales o superior a las del NEMA.

El bobinado del motor será no-higroscópico.

El aislamiento es igual ó superior a NEMA clase F para incrementos de temperatura clase B.

Cada motor tiene una placa en acero inoxidable fijada firmemente a él, con la información del voltaje, velocidad, fase, clase de aislamiento, amperaje, factor de servicio, diagrama eléctrico y número de serie del motor.

Cada eje del motor tiene una pieza sólida continua desde el rodamiento superior hasta la hélice helicoidal del Aireador.

El eje del motor está balanceado a un 1 mm de precisión, medido en cualquier parte de la estructura del motor.

3.1.7.1.2. FLOTANTE:

Construido en acero inoxidable relleno con poliuretano expandido de tipo célula cerrada. El flotante es construido en acero inoxidable y diseñado de manera tal que garantice una máxima estabilidad, con una flotación de reserva de 15 a 20%. La flotación deberá ser suficiente para la operación normal.

3.1.7.1.3. PLATO DIFUSOR:

El plato difusor es en acero inoxidable con encajes maquinados. Tornillería y piezas de conexión deberán ser en acero inoxidable.

3.1.7.1.4. PROPULSOR:

Acoplado rígidamente al motor, asegurando la ausencia de vibraciones que permiten una larga vida útil de los cojinetes, del tipo impulsor a tornillo (ScrewPELLER), construido en acero inoxidable AISI304, con el eje central Schedule 80.

La potencia de placa del motor será la que corresponda con las características de cada equipo y tendrá un factor de potencia como mínimo de 1,15.

El motor es un motor especialmente diseñado para trabajar en forma continua en condiciones de máxima solicitud.

Los cojinetes son dimensionados de tal manera de asegurar 100.000 horas de funcionamiento sin problemas operativos.

Los motores son refrigerados por ventiladores.

Las especificaciones del motor serán iguales o superior a las del NEMA.

El bobinado del motor será no-higroscópico.

El aislamiento deberá ser igual ó superior a NEMA clase F para incrementos de temperatura clase +B.

Cada motor tiene una placa en acero inoxidable fijada firmemente a él, con la información del voltaje, velocidad, fase, clase de aislamiento, amperaje, factor de servicio, diagrama eléctrico y número de serie del motor.

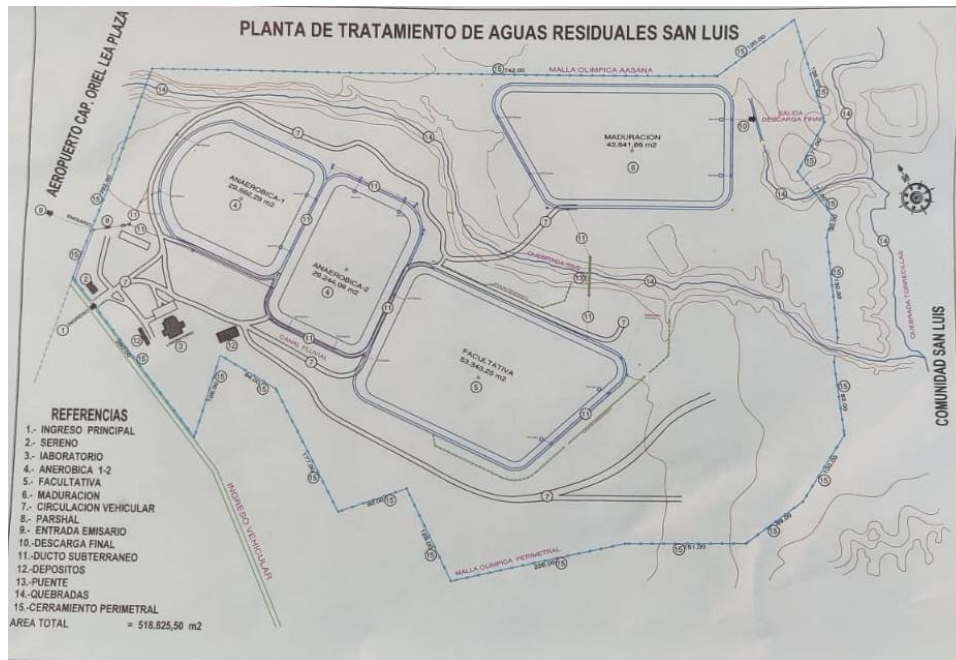
Cada eje del motor tiene una pieza sólida continua desde el rodamiento superior hasta la hélice helicoidal del Aireador.

El eje del motor está balanceado a un 1 mm de precisión, medido en cualquier parte de la estructura del motor.

El aireador superficial que se determinó para usar en la laguna anaeróbica es AIREADOR VERTICAL AQUA TURBO, SERIE AER-AS, el cual cumple con las características de la laguna y tiene un precio por unidad de ₡us 45.000,00.

3.2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS, SÓLIDOS DISUELTOS, OXÍGENO DISUELTO Y TEMPERATURA PARA LA EVALUACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO EN LAS LAGUNAS DE LA PLANTA DE TRAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE COSAALT R.L.

ILUSTRACIÓN 7. PTARU DE COSAALT R.L.



Fuente: COSAALT R.L.

Como podemos observar en la ilustración 8 nos muestra la entrada y salida del agua residual que entra a la PTARU de COSAALT R.L., también podemos ver que la Planta cuenta con 4 lagunas: laguna anaerobia 1, laguna anaerobia 2, laguna facultativa y laguna de maduración.

El Instituto Boliviano de Normas de Calidad (IBNORCA), como otras instituciones gubernamentales como el Vice Ministerio de Medio Ambiente, no tienen normas específicas sobre las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas y tampoco de sus parámetros intermedios de calidad del agua.

Solo tenemos la ley 1333 de Medio Ambiente y el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, y en este reglamento tenemos los parámetros de descarga y de la clasificación de cuerpos de agua.

Por lo que para este trabajo y con fines de comparaciones legales, se usará los parámetros de la siguiente ilustración de cuerpos de agua, ya que esta laguna en estudio es una laguna semicerrada, artificial que se adecua a los fines y propósitos de este trabajo.

Y se comparará los parámetros obtenidos en los laboratorios de COSAALT R.L. con la clase "D", por ser la de más alto impacto ambiental.

ILUSTRACIÓN 8. VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DE PARÁMETROS EN CUERPOS RECEPTORES

No	PARAMETROS	UNIDAD	CANCERIGENOS	CLASE "A"	CLASE "B"	CLASE "C"	CLASE "D"
1	pH		NO	6.0a8.5	6.0a9.0	6.0a9.0	6.0a9.0
2	Temperatura	°C		+/- 3°C de receptor	+/- 3°C de receptor	+/- 3°C de receptor	+/- 3°C de receptor
3	Sólidos disueltos totales	mg/l		1000	1000	1500	1500
4	Aceites y Grasas	mg/l	NO	Ausentes	Ausentes	0,3	1
5	DEO	mg/l	NO	<2	<5	<20	<30
6	DCC	mg/l	NO	<5	<10	<40	<60
7	NMP colifecales NMP	N/100ml	NO	<50y=5en80% de muestras	<1000y <200en 80 %de muestras	<5000y <1000en 80 %de muestras	<5000y <5000en 80 %de muestras
8	Parásitos	NI		<1	<1	<1	<1
9	Color mg Pt/l	mg/l	NO	<10	<50	<100	<200
10	Oxígeno disuelto	mg/l	NO	<80% sat.	<70% sat.	<60% sat.	<50 % sat.
11	Turbidez	UNT	NO	<10	<50	<100- <2000***	<200 - 10000***
12	Sólidos sedimentables	mg/l - ml/l	NO	<10mg/l	30mg/l - 0.1 ml/l	<50mg/l - <1 ml/l	<100mg/l - <1 ml/l
13	Aluminio	mg/l		0.2c. Al	0.5c. Al	1.0c. Al	1.0c. Al
14	Amoniaco	mg/l	NO	0.05c. NH ₃	1.0c. NH ₃	2c. NH ₃	4c. NH ₃
15	Antimonio	mg/l	NO	0.01c. Sb	0.01c. Sb	0.01c Sb	0.01c Sb
16	Arsénico total	mg/l	SI	0.05c. As	0.05c. As	0.05c. As	0.1c. As
17	Benceno	mg/l	SI	2.0c. Benc.	6.0c. Benc.	10.0c. Benc.	10.0c. Benc.
18	Bario	mg/l	NO	1.0c. Ba	1.0c. Ba	2.0c. Ba	5.0c. Ba
19	Berilio	mg/l	SI	0.001c. Be	0.001c. Be	0.001c. Be	0.001c. Be
20	Boro	mg/l		1.0c. B	1.0c. B	1.0c. B	1.0c. B
21	Calcio	mg/l	NO	200	300	300	400
22	Cadmio	mg/l	NO	0,005	0,005	0,005	0,005
23	Cianuros	mg/l	NO	0,02	0,1	0,2	0,2
24	Cloruros	mg/l	NO	250c. Cl	300c. Cl	400c. Cl	500c. Cl
25	Cobre	mg/l	NO	0.05c. Cu	1.0c. Cu	1.0c. Cu	1.0c. Cu
26	Cobalto	mg/l		0.1c. Co	0.2c. Co	0.2c. Co	0.2c. Co
27	Cromo Hexavalente	mg/l	SI	0.05c. Cr Total	0.05c. Cr ¹⁶	0.05c. Cr ¹⁶	0.05c. Cr ¹⁶
28	Cromo Trivalente	mg/l	NO		0.6c. Cr ¹³	0.6c. Cr ¹³	1.1c. Cr ¹³
29	1,2 Dicloroetano	µg/l	SI	10,0	10,0	10,0	10,0
30	1,1 Dicloroetileno	µg/l	SI	0,3	0,3	0,3	0,3
31	Estano	mg/l	NO	2.0c. Sn	2.0c. Sn	2.0c. Sn	2.0c. Sn
32	Fenoles	µg/l	NO	1c. C ₆ H ₅ OH	1c. C ₆ H ₅ OH	5c. C ₆ H ₅ OH	10c. C ₆ H ₅ OH
33	Hierro Soluble	mg/l	NO	0.3c. Fe	0.3c. Fe	1.0c. Fe	1.0c. Fe
34	Fluoruros	mg/l	NO	0.6 - 1.7c. F	0.6 - 1.7c. F	0.6 - 1.7c. F	0.6 - 1.7c. F
35	Fosfato Total	mg/l	NO	0.4c. Ortofosfato	0.5c. Ortofosfato	1.0c. Ortofosfato	1.0c. Ortofosfato
36	Magnesio	mg/l	NO	100c. Mg	100c. Mg	150c. Mg	150c. Mg
37	Manganeso	mg/l	NO	0.5c. Mn	0.1c. Mn	0.1c. Mn	0.1c. Mn
38	Mercurio	mg/l	NO	0.001 Hg	0.001 Hg	0.001 Hg	0.001 Hg

Fuente: www.servicios.ucbtja.edu.bo

Los resultados de laboratorio obtenidos de la toma de muestras en la entrada y salida en las lagunas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de COSAALT R.L., en cada uno de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos se muestran a continuación en la siguiente tabla

**TABLA 3. RESULTADOS DE MUESTRA DE LABORATORIO,
PARÁMETRO: SÓLIDOS SUSPENDIDOS**

Parámetros	Unid.	Entrada	Salida
		Laguna Anaerobia	Laguna Maduración
Georreferencia		X=324027 Y=7614814	X=324518 Y=7614439
Hora de muestreo		06:00 a.m. a 18:00 p.m.	06:00 a.m. a 18:00 p.m.
Sólidos Suspendidos	mg/ ℓ	175,00	60,00

Fuente: Laboratorio de control de aguas COSAALT R.L.

GRÁFICA 1. PARÁMETRO: SÓLIDOS SUSPENDIDOS



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la gráfica N°1, en la entrada del caudal de la laguna anaerobia se tiene una cantidad de sólidos suspendidos de 175,00 mg/ℓ mayor a la que presenta en la salida del caudal de la laguna de maduración con 60,00 mg/ℓ.

TABLA 4. LÍMITES PERMISIBLES DENTRO DE LA LEY 1333 “CLASE “D”

PARÁMETROS	ENTRADA	SALIDA	REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA	CUMPLIMIENTO
Sólidos Suspendidos	175,00 m ℓ /ℓ	60 m ℓ/ℓ	60 m ℓ/ℓ	LA SALIDA SI CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

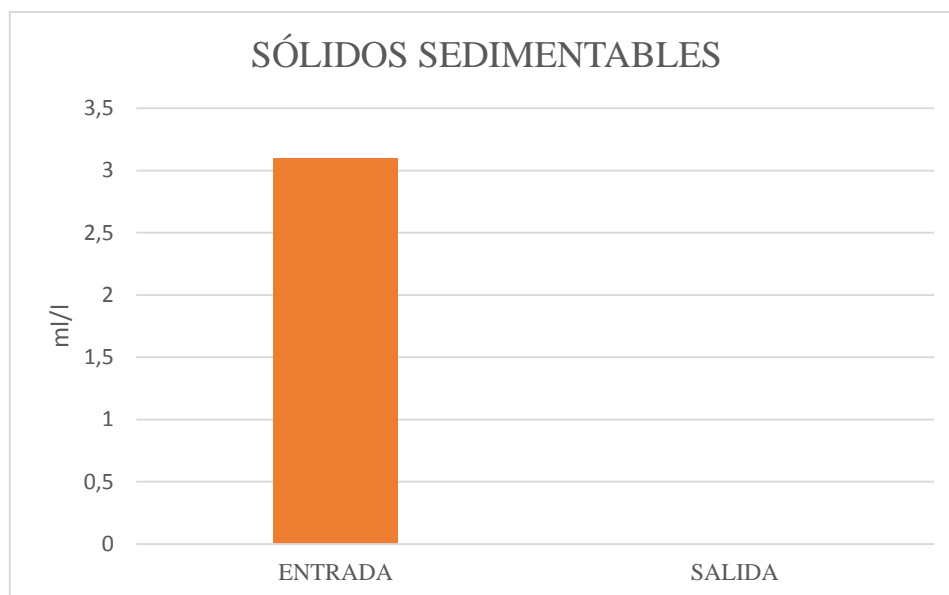
De acuerdo al Reglamento de Materia Hídrica de la ley 1333 de Medio Ambiente, el parámetro de sólidos suspendidos se encuentra dentro de los límites permisibles de la ley 1333.

**TABLA 5. RESULTADOS DE MUESTRAS DE LABORATORIO,
PARÁMETRO: SÓLIDOS SEDIMENTABLES**

Parámetros	Unid.	Entrada	Salida
		Laguna Anaerobia	Laguna Maduración
Georreferencia		X=324027 Y=7614814	X=324518 Y=7614439
Hora de muestreo		06:00 a.m. a 18:00 p.m.	06:00 a.m. a 18:00 p.m.
Sólidos Sedimentables	mℓ / ℓ	3,10	<0,1

Fuente: Laboratorio de control de aguas COSAALT R.L.

GRÁFICA 2. PARÁMETRO: SÓLIDOS SEDIMENTABLES



Fuente: Elaboración Propia

Como podemos ver en la gráfica N °2, los sólidos sedimentables son mayores en la entrada del caudal de la laguna anaerobia con 3,10 m ℓ/ℓ, y presentan menor cantidad en la salida del caudal de la laguna de maduración con <0,1 m ℓ/ℓ.

TABLA 6. LÍMITES PERMISIBLES DENTRO DE LA LEY 1333 “CLASE “D”

PARÁMETROS	ENTRADA	SALIDA	REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA	CUMPLIMIENTO
Sólidos Sedimentables	3,10 m ℓ /ℓ	<0,1 m ℓ/ℓ	100 m ℓ/ℓ - <1 m ℓ /ℓ	LA SALIDA SI CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

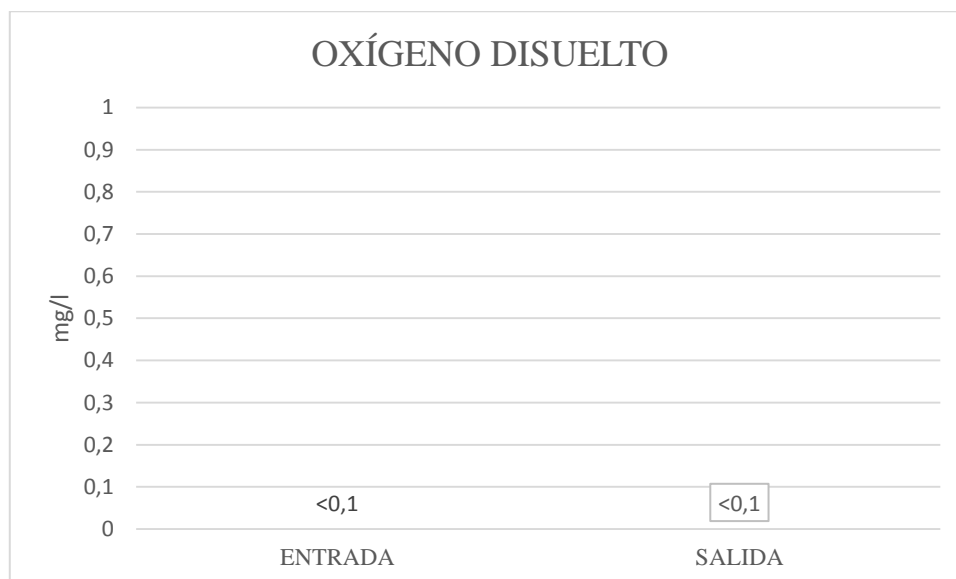
De acuerdo al Reglamento de Materia Hídrica de la ley 1333 de Medio Ambiente, este parámetro de sólidos sedimentables se encuentra dentro de los máximos límites permisibles, por lo que la mayor cantidad de sólidos se precipitan, saliendo una fracción muy pequeña hacia la siguiente laguna. Estos sólidos son los que después se los debe retirar cuando esta laguna entra a su etapa de mantenimiento.

**TABLA 7. RESULTADOS DE MUESTRAS DE LABORATORIO,
PARÁMETRO: OXÍGENO DISUELTO**

Parámetros	Unid.	Entrada	Salida
		Laguna Anaerobia	Laguna Maduración
Georreferencia		X=324027 Y=7614814	X=324518 Y=7614439
Hora de muestreo		06:00 a.m. a 18:00 p.m.	06:00 a.m. a 18:00 p.m.
Oxígeno Disuelto	mg/ ℓ	<0,1	<0,1

Fuente: Laboratorio de control de aguas COSAALT R.L.

GRÁFICA 3. PARÁMETRO: OXÍGENO DISUELTO



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la gráfica N° 3, en la entrada y salida del caudal de la laguna anaeróbica y la laguna de maduración la cantidad de oxígeno disuelto es $<0,1$ mg/ℓ.

TABLA 8. LÍMITES PERMISIBLES DENTRO DE LA LEY 1333 “CLASE “D”

PARÁMETROS	ENTRADA	SALIDA	REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA	CUMPLIMIENTO
Oxígeno Disuelto	$<0,1$ mg/ℓ	$<0,1$ mg/ℓ	>50 % sat.	No Cumple

Fuente: Elaboración Propia

A una temperatura de $21,6^{\circ}\text{C}$ la saturación de O_2 es de $8,78$ mg/ℓ (Tabla de saturación de O_2 disuelto en Agua en anexos).

El 50% de este dato de saturación es: $4,39$ mg/ℓ por lo que para esta temperatura la salida debería estar por encima de este valor.

El valor de la salida es de: $<0,1$ mg/ℓ, por lo que no cumple.

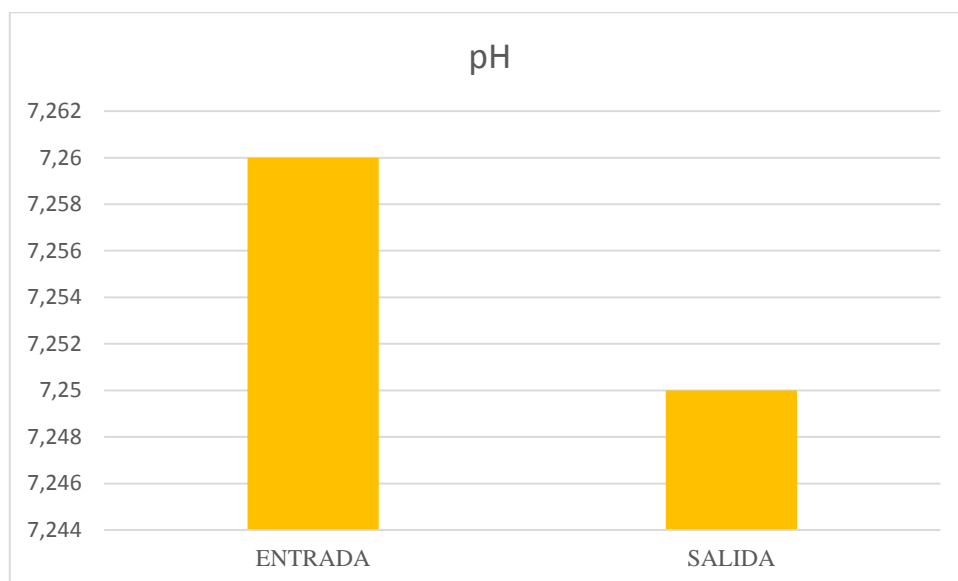
**TABLA 9. RESULTADOS DE MUESTRAS DE LABORATORIO,
PARÁMETRO: pH**

Parámetros	Unid.	Entrada	Salida
		Laguna Anaerobia	Laguna Maduración
Georreferencia		X=324027 Y=7614814	X=324518 Y=7614439
Hora de muestreo		06:00 a.m. a 18:00 p.m.	06:00 a.m. a 18:00 p.m.

pH	-	7,26	7,25
----	---	------	------

Fuente: Laboratorio de control de aguas COSAALT R.L.

GRÁFICA 4. PARÁMETRO pH



Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N°4, se puede ver como varía el pH en la entrada del caudal de la laguna anaeróbica con 7,26 y cambia el valor del pH en la salida del caudal de la laguna de maduración con 7,25.

TABLA 10. LÍMITE PERMISIBLE DENTRO DE LA LEY 1333 "CLASE "D"

PARÁMETROS	ENTRADA	SALIDA	REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA	CUMPLIMIENTO
Ph	7,26	7,25	6,00 a 9,00	Cumple

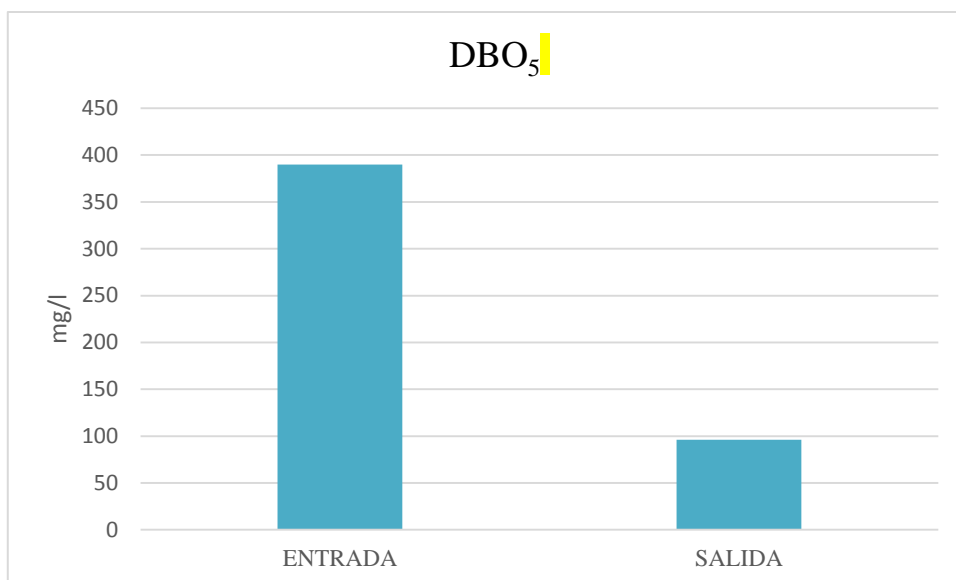
Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al Reglamento de Materia Hídrica de la ley 1333 de Medio Ambiente, el parámetro de pH se encuentra dentro de los límites permisibles de la ley 1333.

**TABLA 11. RESULTADOS DE MUESTRAS DE LABORATORIO,
PARÁMETRO: DBO₅**

Parámetros	Unid.	Entrada	Salida
		Laguna Anaerobia	Laguna Maduración
Georreferencia		X=324027 Y=7614814	X=324518 Y=7614439
Hora de muestreo		06:00 a.m. a 18:00 p.m.	06:00 a.m. a 18:00 p.m.
DBO ₅	mg/ ℓ	390	96,0

Fuente: Laboratorio de control de aguas COSAALT R.L.

GRÁFICA 5. PARÁMETRO: DBO₅

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N°5 se puede apreciar que la cantidad de DBO₅ que ingresa por el caudal de la laguna anaeróbica es de 390 mg/ ℓ y la cantidad que sale del caudal de la laguna de maduración es de 96,00 mg/ ℓ.

TABLA 12. LÍMITES PERMISIBLES DENTRO DE LA LEY 1333 “CLASE “D”

PARÁMETROS	ENTRADA	SALIDA	REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA	CUMPLIMIENTO
DBO ₅	390 mg/ ℓ	96,0 mg/ ℓ	<30 mg/ ℓ	No Cumple

Fuente: Elaboración Propia

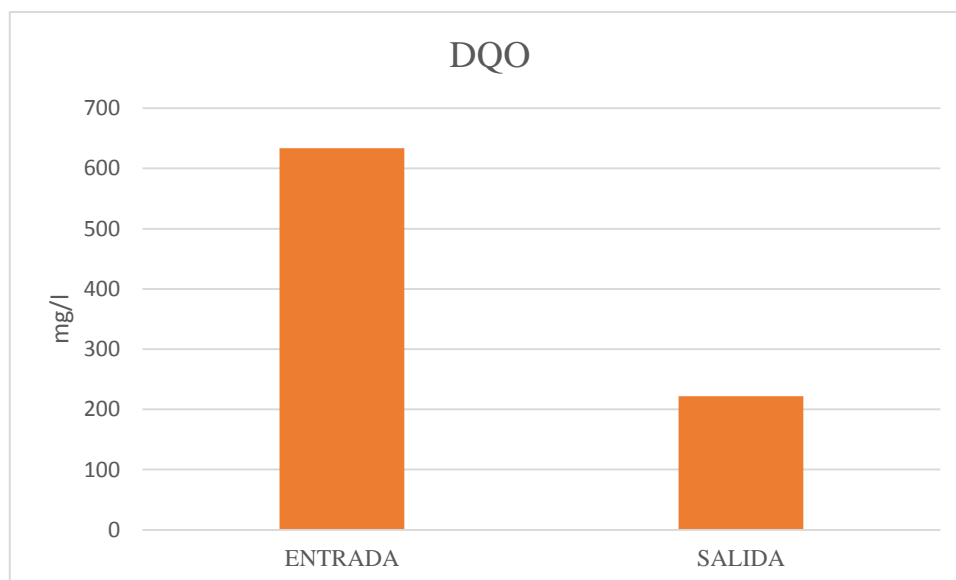
De acuerdo al Reglamento de Materia Hídrica de la ley 1333 de Medio Ambiente, el parámetro DBO₅ no se encuentra dentro de los límites permisibles de la ley 1333, a pesar de que este parámetro se reduce en aproximadamente 4 veces.

**TABLA 13. RESULTADOS DE MUESTRAS DE LABORATORIO,
PARÁMETRO: DQO**

Parámetros	Unid.	Entrada	Salida
		Laguna Anaerobia	Laguna Maduración
Georreferencia		X=324027 Y=7614814	X=324518 Y=7614439
Hora de muestreo		06:00 a.m. a 18:00 p.m.	06:00 a.m. a 18:00 p.m.
DQO	mg/ℓ	633,7	221,8

Fuente: Laboratorio de control de aguas COSAALT R.L.

GRÁFICA 6. PARÁMETRO: DQO



Fuente: Elaboración Propi

La gráfica N° 6, nos muestra que el valor de DQO en la entrada del caudal de la laguna anaeróbica es de 633,7 mg/ ℓ y en la salida del caudal de la laguna de maduración el DQO es de 221,8 mg/ℓ.

TABLA 14. LÍMITES PERMISIBLES DENTRO DE LA LEY 1333 “CLASE “D”

PARÁMETROS	ENTRADA	SALIDA	REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA	CUMPLIMIENTO
DQO	633,7 mg/ ℓ	221,8 mg/ ℓ	<60 mg/ ℓ	No Cumple

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al Reglamento de Materia Hídrica de la ley 1333 de Medio Ambiente, el parámetro de DQO no se encuentra dentro de los límites permisibles de la ley 1333, se reduce en aproximadamente 3,7 veces.

La diferencia principal entre la DBO₅ y la DQO es que la segunda engloba la primera, que además de materia orgánica, que sirve de alimento para microorganismos, también identifica compuestos químicos. En la DBO₅ sólo se detecta el material orgánico degradado biológicamente o que es biodegradable, mientras que en la DQO se busca la oxidación completa de la muestra, de manera que todo el material orgánico, biodegradable y no biodegradable, es químicamente oxidado. Para una muestra dada de agua, el valor de DQO siempre ha de ser mayor que el de DBO₅.

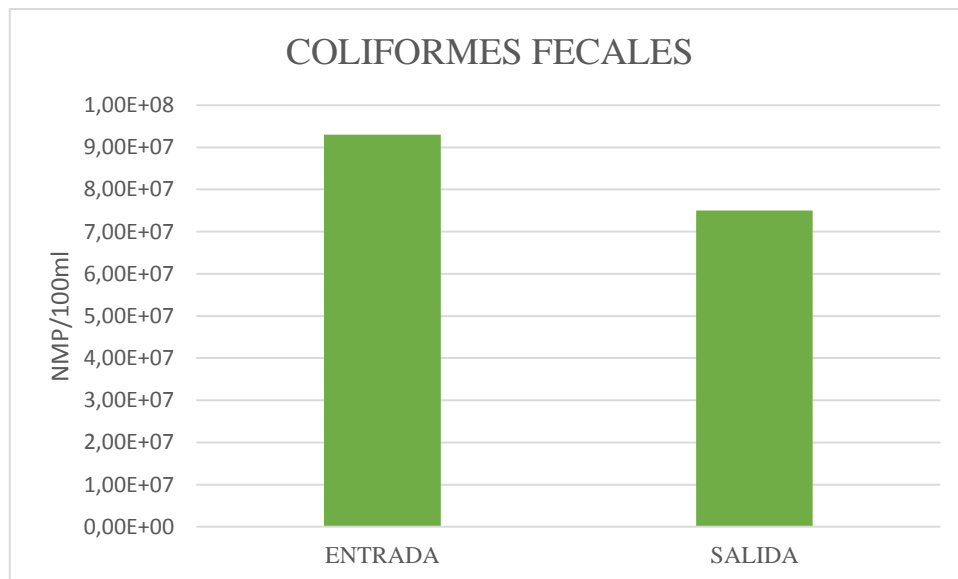
DBO₅ y DQO están relacionadas y mantienen su relación para cada tipo de agua. La relación entre ellas no es igual para diferentes tipos de agua, pero aguas industriales del mismo tipo tienen parecida relación DBO₅/DQO.

**TABLA 15. RESULTADOS DE MUESTRAS DE LABORATORIO,
PARÁMETRO: COLIFORMES FECALES**

Parámetros	Unid.	Entrada	Salida
		Laguna Anaerobia	Laguna Maduración
Georreferencia		X=324027 Y=7614814	X=324518 Y=7614439
Hora de muestreo		06:00 a.m. a 18:00 p.m.	06:00 a.m. a 18:00 p.m.
Coliformes Fecales	NMP/100m ℓ	9,3E+07	7,5E+06

Fuente: Laboratorio de control de aguas COSAALT R.L.

GRÁFICA 7. COLIFORMES FECALES



Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N°7, podemos observar el valor de las coliformes fecales en la entrada del caudal de la laguna anaeróbica es de $9,3E+07$ NMP/100mℓ y en la salida del caudal de la laguna de maduración es de $7,5E+06$ NMP/100mℓ.

TABLA 16. LÍMITES PERMISIBLES DENTRO DE LA LEY 1333 “CLASE “D”

PARÁMETROS	ENTRADA	SALIDA	REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA	CUMPLIMIENTO
Coliformes fecales	$9,3E+07$ NMP/100mℓ	$7,5E+06$ NMP/100 mℓ	<50.000 NMP/100mℓ	No Cumple

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al Reglamento de Materia Hídrica de la ley 1333 de Medio Ambiente, el parámetro de coliformes fecales no se encuentra dentro de los límites permisibles de la ley 1333.

Haciendo la reducción de la cantidad de coliformes fecales que ingresan y la cantidad de coliformes fecales que salen de la laguna de maduración de la PTARU de COSAALT R.L., la cantidad que desaparece de coliformes fecales es de $85,5E+06$ NMP/100mℓ, pero aun así el valor que sale de colis no cumple con la clase “D”.

Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en las heces están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Ya que los coliformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de los animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal.

Los coliformes fecales se denominan termotolerantes, por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Esta es la característica que diferencia a coliformes totales y fecales. La capacidad de los coliformes fecales de reproducirse fuera del intestino de

los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de contenidos de materia orgánica, pH, humedad, etc.; (Wanadoo, 2004). En aguas tratadas, los coliformes totales funcionan como una alerta de que ocurrió contaminación, sin identificar el origen. Indican que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes domiciliarias.


Su presencia acciona los mecanismos de control de calidad y de procesamiento dentro de la planta de tratamiento de agua, e intensifica la vigilancia en la red de distribución.

Como se puede observar la mayor cantidad de parámetros de la laguna no cumple con los valores máximos de la clase “D”, por lo que al ser anaerobia es la causante de los malos olores e impactos respectivos al factor aire probablemente. Es por ello que en este tipo de lagunas es que se debe de practicar la aireación. Es decir, aquí en este tipo de laguna es que se deben de usar los aireadores.

3.3. DESCRIBIR VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE CADA TIPO DE AIREADOR, COMO GASTOS DE ENERGÍA Y COSTOS FINALES


A continuación, se va describir las ventajas y desventajas, costos de energía y costos finales de cada tipo de aireador superficial (aireador de chorro, aireador de paletas con panel solar, aireador de superficie de baja velocidad, aireador de tipo splash).

TABLA 17. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE CADA TIPO DE AIREADOR, COMO GASTOS DE ENERGÍA Y COSTOS FINALES

AIREADORES	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COSTO DE ENERGÍA	COSTO FINAL
<p>AIREADORES DE CHORRO</p> 	<p>-La inyección de aire en el agua proporciona altos niveles de oxígeno disuelto. La fuerza de circulación horizontal mueve el agua rica en oxígeno a través de toda la piscina. Esto elimina los puntos muertos, proporciona mayor número de población de microorganismos en el agua y distribuye el oxígeno en todo su volumen.</p> <p>-Su profundidad de trabajo es elevada, de 1.5m a 10m de profundidad.</p> <p>-Generan una gran homogeneización</p>	<p>-Los aireadores de inyección no son apropiados para estanques de poca profundidad ya que pueden hacer hoyos en el fondo (profundidad menor a 1.5 m).</p> <p>-El aireador de inyección flotante genera un caudal muy fuerte lo que puede dañar a animales juveniles.</p>	<p>Se gastará 56kW/h por aireador.</p> <p>Cada kW cuesta Bs. 1,4 en categoría comercial.</p> <p>Se gastará 40.320 kW/mes.</p> <p>Que en Bs. Sería 56.448.</p>	<p>De acuerdo a las características y dimensiones de la laguna anaeróbica 2 este tipo de aireadores no cumplen con los requisitos necesarios para ser implementados en la laguna, ya que darían lugar a la erosión de las paredes y el fondo de dicha laguna.</p>

	<p>de la columna de agua.</p> <p>-Son equipos robustos que no se rompen fácilmente.</p> <p>-Se puede llegar a tener un ahorro de energía de hasta 50%, ya que reduce el intercambio del agua de las piscinas.</p> <p>-El mantenimiento de estos equipos es fácil y sencillo.</p>			
--	--	--	--	--

<p>AIREADOR DE PALETAS CON PANEL SOLAR</p> 	<p>-Fácil instalación, generan buen movimiento horizontal/superficial (facilitando la concentración de los lodos) y poseen altos valores de SAE (del inglés “Standard Aerator Efficiency” o Eficiencia Estándar del Aireador).</p>	<p>-Genera acentuada turbulencia (lo cual puede ser perjudicial para las fases iniciales de cultivo), trabajo unidireccional, pueden perder capacidad de retención térmica en el agua por su modo de operación.</p> <p>-Presentan poco movimiento del fondo en estakes más profundos (>1,2m).</p>	<p>Este tipo de aireador de acuerdo a sus capacidades no trabajaría eficientemente en la laguna anaeróbica 2, ya que las aguas de la laguna necesitan ser fuertemente agitadas y estos equipos son muy pequeños.</p>	<p>De acuerdo a las características y dimensiones de la laguna anaeróbica 2 este tipo de aireador, no cumplen con los requisitos necesarios, porque se necesitaría un número elevado de estos equipos y ni aun así cumpliría con los objetivos que se desea alcanzar.</p>
<p>AIREADOR DE SUPERFICIE DE BAJA VELOCIDAD</p> 	<p>-Es un método que fuerza al agua al saltar al aire.</p>	<p>-Consume una gran cantidad de energía.</p>	<p>No cumple con los requisitos por las características y dimensiones que tiene la laguna anaeróbica 2.</p>	<p>No cumple con los requisitos por las características y dimensiones que tiene la laguna anaeróbica 2.</p>

<p>AIREADOR DE TIPO SPLASH</p> 	<p>-Trabajo multidireccional, buen rango de circulación de agua vertical (hasta 1.8m de profundidad) y eficiencia (SAE). En observaciones de campo de los autores fue detectado una facilidad para concentrar sólidos debajo del dispositivo, fácil manejo e instalación por tratarse de equipos livianos, además de habitualmente presentaren poco mantenimiento.</p>	<p>-Genera acentuada turbulencia (lo cual puede ser perjudicial para las fases iniciales de cultivo), enfría el agua por su modo de operación y relativamente poco movimiento horizontal/superficial</p>	<p>Se Gastará 55kW/h de energía por aireador. Cada kW cuesta en Bolivianos Bs. 1,4 en categoría comercial. Se gastará 39.600 kW/mes, que en Bs. es 55.440. por aireador. En los 11 aireadores un consumo de energía de 435.600 kW que son 609.840 Bs. por mes.</p>	<p>Se gastará por aireador \$us 45.000 que en Bs. Es 314.100. Se gastará \$us 495.000 por los 11 aireadores, que en Bs. Seria 3.455.100.</p>
---	--	--	--	--

Fuente: Elaboración Propia

3.4. CALCULAR EL NÚMERO DE AIREADORES SUPERFICIALES QUE SE NECESITAN, PARA CADA TIPO DE EQUIPO

De acuerdo a las características y parámetros de la laguna anaeróbica 2 de la planta de tratamiento de aguas residuales de COSAALT R.L., se determinó que solo un tipo de aireadores superficiales cumple con las exigencias de ésta laguna para ser instalados en la misma.

Es por ello que a continuación se hace una descripción de este tipo de aireadores.

Se cuenta con la siguiente información de la planta de tratamiento de aguas residuales de COSAALT R.L.:

- Ubicación: zona o barrio San Luis Bolivia
- Altura de la zona: 1930 msnm.
- El proceso actual se inicia con un desarenador, luego las aguas se dirigen a dos lagunas anaerobias de 3 m. De profundidad. Estas aguas pasan a una laguna facultativa de 1m de profundidad y finalmente a una laguna de estabilización de 50cm de profundidad.
- Dimensiones de la laguna son de: 150m x 195m
- Caudales:
 - Q máx. horario: 400 ℓ/s
 - Q min horario: 290 ℓ/s
- El fondo de la laguna es de arcilla compactada

ILUSTRACIÓN 9. PLANO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE COSAALT R.L.



Fuente: [www. Aeration.com.uy](http://www.Aeration.com.uy)

**ILUSTRACIÓN 10. PARÁMETROS DE ENTRADA Y SALIDA DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE COSAALT
R.L.**

Nº DE MUESTRA	UNID.	MÉTODO	31	32
LUGAR			ENTRADA	SALIDA
			LAGUNA ANAERÓBIA	LAGUNA DE MADURACIÓN
GEOREFERENCIACIÓN			20K X:324027 Y:7614814	20K X:324518 Y:7614439
HORA DE MUESTREO			06:00 A 18:00 P.M.	06:00 A 18:00 P.M.
TEMPERATURA	°C	Electrométrico	21,5	21,6
pH		Electrométrico	7,26	7,25
CONDUCTIVIDAD	µS/Cm	Electrométrico	1033	1088
OXÍGENO DISUELTO	mg/l	Electrométrico	< 0,1	< 0,1
DBO (5 días)	mg/l	NB 64011	390	96,0
DQO	mg/l	NB 64009	633,7	221,8
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	NB 64005	175,00	60,00
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mg/l	S.M. 2540 F	3,10	<0,1
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	Tubos múltiples	2,4E-08	1,5E-07
COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	Tubos múltiples	9,3E-07	7,5E-06

Fuente: Laboratorio de COSAALT R.L.

3.4.1. ESTIMACIÓN DE POTENCIA NECESARIA:

Para estimar la potencia requerida en el sistema, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se considera que la primera laguna anaeróbica logra una degradación del 50% de la DBO₅ ingresante.
- Se considera que a la salida de la laguna (laguna donde se desean instalar equipos) la DBO₅ deberá ser inferior a 30mg/ℓ de forma tal que se realice un pulido del tratamiento en las siguientes lagunas, pero que se tenga la seguridad operativa de cumplir con lo requerido en el vuelco gracias a la aireación mecánica.
- Se consideró el caudal máximo de 3.456 m³/d y una DBO₅ de ingreso a la laguna de 390 mg/ℓ.

- Realizando los ajustes de SOR por temperatura y altura sobre nivel del mar, el AOR alcanza valores de 905 kgO₂/h.

Considerando la eficiencia de transferencia de oxígeno de los equipos Aquaturbo de 1,5 kgO₂/kWh, la potencia requerida total a ser instalada en la laguna es de:

- 605 kW, o lo que es equivalente 825 HP.

3.4.2. PROPUESTA TÉCNICA:

De acuerdo a lo considerado, se propone la instalación del siguiente modelo de aireador:

- Aireador vertical marca Aqua Turbo de SFA, serie AER-AS 5500-24, 75HP (55kW) de potencia, con motor 3x400V, 50 Hz, y sistema de flotación y cono con placa anti erosión construidos en Acero Inoxidable AISI 304, 1500 rpm, peso 1033 kg. Incorporación de oxígeno 1,5 kgO₂/kWh, Motor Norma NEMA.

Teniendo en cuenta las características del equipo y su elevada transferencia de oxígeno, se propone la instalación de:

- 11 unidades de 55kW

El sistema de aireación propuesto brinda:

- Potencia por laguna = 11 x 55 kW = 605 kW
- Oxígeno suministrado por laguna = 1,5kgO₂/kWh x 605kW = 907 kgO₂/h
- Volumen de la laguna: 150m x 195m x 3m= 85.500 m³

ILUSTRACIÓN 11. EQUIPO AIREADOR VERTICAL AQUA TURBO, SERIE AER-AS



Fuente: [www. Aeration.com.uy](http://www.Aeration.com.uy)

3.4.3. DESCRIPCIÓN:

El AQUA TURBO funciona como una bomba abierta. El agua residual y los fangos activados entran por el cono de succión. El AQUA TURBO con su SCREWPELLER bombea el líquido axialmente hacia arriba a través del cono cilíndrico, desvía el flujo del líquido de axial a radial y asegura que se transfiera la máxima energía cinética a la superficie de agua.

3.4.4. VENTAJAS:

Comparado con otros sistemas de aireación, el AQUA TURBO ofrece muchas e importantes ventajas:

- Baja inversión en coste para su instalación completa.
- Instalación simple y rápida.
- Alta eficiencia de transferencia de oxígeno.

- Rociado más plano y largo de esta manera la energía total es transmitida en un movimiento horizontal de agua y por lo tanto el diámetro de dispersión del oxígeno es muy grande.

- Construcción totalmente en acero inoxidable AISI 304 de forma estándar o AISI 316 bajo demanda.

- Los equipos Aqua Turbo no requieren cambiar ningún repuesto de partes hidráulicas por períodos de funcionamiento de mínimo 2 años.

3.4.5. GARANTÍA:

El período de garantía mínimo es de 24 meses, salvo el motor de 12 meses previa verificación de la instalación eléctrica y protecciones.

Los equipos podrían disponer de garantías extendidas de 5 años, sujeto a conversación de términos.

3.4.6. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL EQUIPO:

El equipo aireador mecánico de eje vertical será montado sobre un sistema flotante de acero inoxidable 304.

3.4.7. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS:

El equipo deberá tener como mínimo 1,50 kg de O₂/h kW de potencia consumida de línea, funcionando al nivel de líquido normal de la laguna de aireación.

3.4.7.1. MOTOR:

Especialmente diseñado para trabajo continuo con rodamientos especiales, protección IP56, normalizados 3x400V, 50Hz, 1500 rpm de potencia.

El motor será asíncrono, rotor en cortocircuito, 100% blindado.

El motor es un motor especialmente diseñado para trabajar en forma continua en condiciones de máxima solicitud.

Los cojinetes son dimensionados de tal manera de asegurar 100.000 horas de funcionamiento sin problemas operativos.

Los motores son refrigerados por ventiladores.

Las especificaciones del motor serán iguales o superior a las del NEMA.

El bobinado del motor será no-higroscópico.

El aislamiento es igual ó superior a NEMA clase F para incrementos de temperatura clase B.

Cada motor tiene una placa en acero inoxidable fijada firmemente a él, con la información del voltaje, velocidad, fase, clase de aislamiento, amperaje, factor de servicio, diagrama eléctrico y número de serie del motor.

Cada eje del motor tiene una pieza sólida continua desde el rodamiento superior hasta la hélice helicoidal del Aireador.

El eje del motor está balanceado a un 1 mm de precisión, medido en cualquier parte de la estructura del motor.

3.4.7.2. FLOTANTE:

Construido en acero inoxidable relleno con poliuretano expandido de tipo célula cerrada. El flotante es construido en acero inoxidable y diseñado de manera tal que garantice una máxima estabilidad, con una flotación de reserva de 15 a 20%. La flotación deberá ser suficiente para la operación normal.

3.4.7.3. PLATO DIFUSOR:

El plato difusor es en acero inoxidable con encajes maquinados. Tornillería y piezas de conexión deberán ser en acero inoxidable.

3.4.7.4. PROPULSOR:

Acoplado rígidamente al motor, asegurando la ausencia de vibraciones que permiten una larga vida útil de los cojinetes, del tipo impulsor a tornillo (ScrewPELLER), construido en acero inoxidable AISI304, con el eje central Schedule 80.

El motor es un motor especialmente diseñado para trabajar en forma continua en condiciones de máxima sollicitación.

Los cojinetes son dimensionados de tal manera de asegurar 100.000 horas de funcionamiento sin problemas operativos.

Los motores son refrigerados por ventiladores.

Las especificaciones del motor serán iguales o superior a las del NEMA.

El bobinado del motor será no-higroscópico.

El aislamiento deberá ser igual ó superior a NEMA clase F para incrementos de temperatura clase +B.

Cada motor tiene una placa en acero inoxidable fijada firmemente a él, con la información del voltaje, velocidad, fase, clase de aislamiento, amperaje, factor de servicio, diagrama eléctrico y número de serie del motor.

Cada eje del motor tiene una pieza sólida continua desde el rodamiento superior hasta la hélice helicoidal del Aireador.

El eje del motor está balanceado a un 1 mm de precisión, medido en cualquier parte de la estructura del motor.

ILUSTRACIÓN 12. CONO CON PLACA ANTI EROSIÓN PARA LAGUNAS CON FONDO DE TIERRA



Fuente: [www. Aeration.com.uy](http://www.Aeration.com.uy)

3.5. CALCULO DE LA AERACION EN LA LAGUNA ANAEROBICA DE LA PTARU DE COSAALT R.L.

DATOS:

- **DBO₅: 390 mg/l = 0,39 g/l = 0,00039 Kg/ lt = 0.00039 Kg/ lt = 0,39 Kg/m³**
- **Capacidad Aeróbica = 1,5 Kg/h**

CONDICIONES A TOMAR EN CUENTA:

- 1.- Que los 1,5 kg es de O²
- 2.- Que los 1,5 kg se distribuyen en el seno del agua (no hay pérdidas al exterior)
- 3.- Que los 1,5 kg se solubilizan en el seno del agua

$$\text{Aereación} = \frac{\text{Capacidad Aeróbica}}{\text{DBO}_5}$$

$$\text{Aereación} = 1,5 \text{ Kg} \cdot \text{m}^3 / 0,39 \text{ Kg} \cdot \text{h} = 3,85 \text{ m}^3/\text{h}$$

Este valor significa, que podría airearse 3.85 m³/h de ARU, de preferencia de 1 m de profundidad por 3,85 m² de área.

Según la capacidad aeróbica del equipo y el DBO₅ del ARU de esta laguna, el valor puede subir o bajar. Sube si la capacidad aeróbica aumenta del equipo, con DBO₅ constante. Si el DBO₅ aumenta de esta laguna, y con una capacidad aeróbica constante del equipo, la aereación bajará.

Mientras aumente la capacidad aeróbica, el equipo será más grande, y dado que el DBO₅ tiende a aumentar por el aumento de la densidad poblacional, cada cantidad de años se deberá analizar el aumento de un equipo más.

3.6. PROPUESTA TÉCNICA:

A continuación, se detalla el orden de inversión correspondiente a la propuesta técnica de la presente oferta.

ILUSTRACIÓN 13. COSTO DE LOS AIREADORES AQUA TURBO

Ítem	Cant.	Descripción	Orden de inversión unitario	Orden de inversión Total
1	11	Aireador vertical Aquaturbo, serie AER-AS 5500-24, 75HP (55kW) de potencia, con motor 3x400v, 50hz, con sistema de flotación y cono con placa antierosión construido en Acero Inoxidable AISI 304, 1500 rpm, peso 1033 kg. Incorporación de oxígeno 1,5 kgO ₂ /kWh, Motor Norma NEMA. Condición de venta: CIF ARICA	USD 45.000	USD 495.000

Fuente: [www. Aeration.com.uy](http://www.Aeration.com.uy)

3.6.1. EXCLUSIONES:

- Nacionalización de los equipos
- Transporte de los aireadores desde Arica hasta Tarija.
- Cable de alimentación desde aireador hasta tablero de potencia.
- Protecciones eléctricas y tablero de comando.
- Postes de amarre para fijación de los aireadores en la laguna
- Montaje e instalación, se podrá solicitar la cotización de la supervisión de la instalación por un especialista de Aeration.

3.6.2. CONDICIONES COMERCIALES:

- **Moneda:** Dólares.
- **Forma de Pago:** A conversar.
- **Forma de Cancelación:** Transferencia bancaria.
- **Plazo de Entrega:**
- **Fabricación:** 14-16 semanas.
- **Transporte marítimo:** 4-6 semanas.
- **Total:** 16-18 semanas desde recibida la transferencia, aprobada la parte técnica por cliente y acreditado el pago (lo que ocurra último).

(*) Plazo sujeto a la disponibilidad de material debido a la escasez mundial de acero inoxidable, acero y cobre.

- **Lugar de entrega:** CIF Arica (Aduana Boliviana)

3.7. DETERMINAR IMPACTOS AMBIENTALES DE LA LAGUNA ANAERÓBICA 2

3.7.1. IMPORTANCIA EN LA MATRIZ CONESSA VITORA

IMPORTANCIA: Es la trascendencia del impacto, expresado mediante una cifra subjetiva.

IMPORTANCIA = +/- (3 i + 2 EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)

¿En que se basa la medición de la importancia?

Grado de manifestación cualitativa del efecto de la acción que quedará reflejado en lo que llamamos importancia del impacto.

- Grado de incidencia o intensidad de la acción producida, la caracterización del efecto según una serie de atributos cualitativos: Extensión, Persistencia, Sinergia, Efecto, Recuperabilidad, Intensidad, Momento, Reversibilidad, Acumulación, Periodicidad.

CALIFICACIÓN:

- Sin afectación: 0-13
- Bajo: 13-24
- Moderado: 25-50
- Crítico: 50
-

3.7.2. EVALUACIÓN DE IMPACTOS

TABLA 18. DETERMINAR IMPACTOS AMBIENTALES EN LA LAGUNA ANAERÓBICA 2

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS		ETAPA DE OPERACIÓN										
		FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS DE COSAALT R.L.										
		EX	PE	SI	EF	MC	I	MO	RV	AC	PR	I
FACTOR AIRE	Factor de Dispersión	8	4	4	4	2	8	4	2	4	4	-68
	Olor	8	4	4	4	2	8	4	2	4	4	-68
CALIFICACIÓN	LA IMPORTANCIA DE LOS IMPACTOS ES CRÍTICA											

Fuente: Elaboración Propia

Como se ha podido observar en la tabla 17, los impactos ambientales en el factor aire, durante el funcionamiento de la laguna anaeróbica 2 de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de COSAALT R.L., tiene impactos críticos, según la matriz de importancia de impactos (CONESSA VITORA), por lo que se puede decir que durante la implementación de los aireadores superficiales estos impactos ambientales negativos reducirán mejorando el factor que hoy en día es afectado.

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Se realizó la cotización de cuatro diferentes tipos de aireadores de chorro, aireadores de paletas con panel solar, aireadores superficiales de baja velocidad y aireadores de tipo splash, sus costos dependen de su tamaño, su peso, producción de energía entre otros requisitos.
- Se realizaron pruebas de laboratorio de varios parámetros de compuestos que ingresan a las lagunas de aguas residuales de la planta de tratamiento de COSAALT R.L. como: sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto, DBO₅, DQO, pH y coliformes fecales.

Donde comparando con los límites permisibles del Reglamento de Materia Hídrica de la ley 1333 de Medio Ambiente, los parámetros de oxígeno disuelto, DQO, DBO₅ y coliformes fecales sobrepasan los límites permisibles.

- Se describieron las ventajas y desventajas de cada tipo de aireador (de chorro, aireador de paletas y panel solar, aireador superficial de baja velocidad y aireador de tipo splash), entre las ventajas se presenta que estos aireadores son de alta eficiencia para la inyección de oxígeno al agua residual lo que provoca menor desprendimiento de olores desagradables, su mantenimiento es de bajo costo, son equipos de alta duración, etc.

Entre las desventajas esta que consumen mucha energía eléctrica para su funcionamiento lo cual provocaría un costo adicional que se haría en la Planta de tratamiento de COSAALT R.L.

Se calculó los gastos de energía y gastos totales de los diferentes tipos de aireadores siendo el gasto total del aireador que se determinó implementar en la laguna anaeróbica 2 de Bs. 4.100.976.

- De acuerdo a las características de la laguna anaeróbica 2 de la planta de tratamiento de aguas residuales de COSAALT R.L., el tipo de aireador que se va a necesitar para esa laguna es el de tipo splash (Aireador vertical AQUA

- TURBO) con 11 equipos de estos de acuerdo a las dimensiones y características de la laguna, con la implementación de estos aireadores se reducirá los impactos ambientales negativos que esta laguna produce.
- La importancia de los impactos en el factor aire que se estarían generando en la laguna anaeróbica 2, durante el funcionamiento de la PTARU de COSAALT R.L., son críticos según la matriz de importancia de impactos (CONESSA VITORA).
- La hipótesis planteada es verdadera.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la implementación de los 11 aireadores verticales AQUA TURBO a la laguna anaeróbica 2 de la Planta de Tratamiento de COSAALT R.L, debido a que su implementación e inversión no es más de 1 millón de dólares, comparando con lo que cuesta la construcción de una nueva PTARU como la construida en San Blas Tarija con una inversión de 15 millones de dólares.
- Se recomienda crear estrategias para reducir los costos de energía eléctrica que se va a consumir con la implementación de los aireadores AQUA TURBO en la laguna anaeróbica 2 de la PTARU de COSAALT R.L.
- Se recomienda continuar con el trabajo de investigación de aireadores superficiales porque es un tema muy importante ya que su implementación mitigaría muchos impactos ambientales negativos en la PTARU de COSAALT R.L. y en otras plantas de aguas residuales de otros lugares de los diferentes departamentos de Bolivia.