

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS
SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DOMESTICAS MEDIANTE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN -
AZÁNGARO”**

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach: JORGE LUIS QUISPE HUMIRE

PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO – PERÚ

2013

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**“PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS
SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DOMESTICAS MEDIANTE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN -
AZÁNGARO”**

TESIS PRESENTADA A LA COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÍCOLA

PRESENTADO POR:

Bach: JORGE LUIS QUISPE HUMIRE

APROBADO POR EL JURADO INTEGRADO POR:

PRESIDENTE DE JURADO	:	 Dr. José, J. VERA SANTA MARIA
PRIMER MIEMBRO	:	_____ M.Sc. Alberto, CHOQUECOTA RIVA
SEGUNDO MIEMBRO	:	 Ing. Ricardo, BARDALES VASSI
DIRECTOR DE TESIS	:	 Ing. Edilberto, VELARDE COAQUIRA
ASESORES DE TESIS	:	_____

ÁREA : Ingeniería y Tecnología
TEMA: Reúso de aguas residuales
LÍNEA: Ingeniería de Infraestructura Rural

DEDICATORIA

ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN ESTÁ DEDICADO:

“A mis padres, Luis Alfredo y Agustina que con sus esfuerzos y sacrificios supieron conducir y guiarme hacia el éxito de la vida, que hoy está rindiendo sus frutos, por ser ejemplo de sus sabias enseñanzas y constantes alientos.”

Con afecto y cariño a mis hermanos Jimmy y Yonathan, así también a mis primos por su apoyo incondicional y constantes alientos para cumplir uno de mis objetivos de mi vida.

A mis amigos de ayer hoy y siempre quienes me han comprendido y apoyado incondicionalmente durante la fase de culminación de mis estudios y el transcurso de la realización del presente trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO y A LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, por haberme formado en sus claustros y permitirme ser miembro de ella.

Al los Docentes de la facultad, quienes con su sapiencia implantaron sus conocimientos durante mi formación profesional.

A los jurados del presente trabajo de investigación, quienes con sus valiosos consejos han contribuido en la elaboración del presente trabajo.

Al Ingeniero Edilberto Velarde Coaquira, Director de tesis, por su dirección, orientación, asesoramiento, seguimiento y su valioso aporte en la cristalización del presente trabajo.

Al personal administrativo de la FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA por la excelente administración de las exigencias estudiantiles y contribuyen en la formación de cada una de los estudiantes.

A todos ellos, muchas gracias.

El autor

INDICE**RESUMEN****I. INTRODUCCIÓN**

1.1 GENERALIDADES	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5

II. MARCO CONCEPTUAL

2.1 EVALUACION	6
2.2 METODOLOGIA	7
2.3 DISEÑO METODOLOGICO	7
2.4 TRIANGULACION METODOLOGIA	8
2.5 AGUAS RESIDUALES	9
2.5.1 Tipos De Aguas Residuales	10
2.5.2 Composición De Aguas Residuales	10
2.5.3 Características de las Aguas Residuales	13
2.5.4 Composición de las aguas residuales después de su tratamiento	17
2.6 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	18
2.6.1 Objetivo del Tratamiento de Aguas Residuales	18
2.6.2 Procesos Biológicos Combinados	19
2.6.3 Niveles y Procesos de Tratamiento de Aguas Residuales	22
2.7 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MEDIO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	23
2.7.1 Lagunas de Estabilización	23
2.7.2 Objetivo de las Lagunas de Estabilización	26
2.7.3 Procesos de Estabilización	27

2.7.4 Clasificación de las Lagunas de Estabilización	27
2.7.5 Disposición de Lagunas de Estabilización	29
2.7.6 Características del Flujo Hidráulico en Lagunas de Estabilización	31
2.8 CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES	33
2.9 MODELOS PARA LA EVALUACION DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION	35
2.9.1 Carga Orgánica	35
2.9.2 Modelos Para Determinar la Eficiencia de Remoción de DBO	40
2.9.3 Modelos Para Determinar la Eficiencia de Remoción de Colifecal	41
III. MATERIALES Y METODOS	
3.1 ASPECTOS GENERALES	44
3.1.1 Ubicación del Área de Estudio	44
3.1.2 Características del Ámbito de Estudio	45
3.1.3 Descripción del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales- Azángaro	46
3.1.4 Materiales y Equipos Utilizados en Gabinete y Campo	48
3.2 METODOLOGÍA UTILIZADA	49
3.2.1 De la Formulación de la Propuesta Metodológica	49
3.2.2 De la Aplicación de la Propuesta Metodológica	52
IV. RESULTADOS Y DISCUCIONES	
4.1 PROPUESTA METODOLOGICA PARA LA EVALUACION DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION	56
4.1.1 Objetivos	58
4.1.2 Identificación	58
4.1.3 Diagnostico	59
4.1.4 Registro Histórico y Evaluación de Datos en Campo	61
4.1.5 Procesamiento y Análisis de Parámetros Analizados	77
4.1.6 Evaluación de Resultados	86
	iv

4.2 EVALUACION DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACION DEL DISTRITO DE	
 AZANGARO	88
4.2.1 Objetivos	88
4.2.2 Identificación	88
4.2.3 Diagnostico	93
4.2.4 Registro Histórico y Evaluación de Datos en Campo	96
4.2.5 Procesamiento y Análisis de Parámetros Analizados	99
4.2.6 Evaluación de Resultados	118
4.3 ALTERNATIVAS DE SOLUCION DE PROBLEMAS	120
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	126
VI BIBLIOGRAFIA	130
VII ANEXOS	133

RELACIÓN DE CUADROS

Cuadro N° 01: Tipos de Agua Residual	10
Cuadro N° 02: Principales Constituyentes de las Aguas Residuales a Reducir	12
Cuadro N° 03: Patógenos Comunes Transportados por el Agua Residual	17
Cuadro N° 04: Principales Procesos de Tratamiento Biológico en Aguas Residuales	21
Cuadro N° 05: Niveles y Procesos de Tratamiento de Aguas Residuales	22
Cuadro N° 06: Características de las Lagunas de Estabilización	32
Cuadro N° 06: Características Típicas de Lagunas de Estabilización	33
Cuadro N° 08: Características de la Población Distrital de Azángaro	46
Cuadro N° 09: Sitio y Tipo de Muestras de Acuerdo a los Parámetros	72
Cuadro N° 10: Características Generales de las Lagunas y Frecuencia de Muestreo	73
Cuadro N° 11: parámetros operacionales y frecuencia de muestreo	73
Cuadro N° 12: parámetros de monitoreo y frecuencia de muestreo	74
Cuadro N° 13: Tipo de Preservativo de Acuerdo a los Parámetros	76
Cuadro N° 14: límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR municipales	86
Cuadro N° 15: Características de la Población Distrital de Azángaro	89
Cuadro N° 16: Características Físicas de las Lagunas de Estabilización	100
Cuadro N° 17: Extensión Superficial, Periodo de Retención y Factor de Forma de Las Lagunas	100
Cuadro N° 18: Caudal promedio horario en el sistema de lagunas	101
Cuadro N° 19: Variación Promedio Del Caudal En El Sistema De Lagunas	103
Cuadro N° 20: Eficiencia de Remoción de DBO5 en el Sistema de Lagunas	109
Cuadro N° 21: Eficiencia de Remoción de DQO en el Sistema de Lagunas	110
Cuadro N° 22: Eficiencia de Remoción de Sólidos Suspendidos Totales en el Sistema de Lagunas	111
Cuadro N° 23: Eficiencia de Remoción de Aceites y Grasas en el Sistema de Lagunas	111
Cuadro N° 24: Eficiencia de Remoción de Nitrógeno total en el Sistema de Lagunas	112
	vi

Cuadro N° 25: Eficiencia de Remoción de Fosforo Total en el Sistema de Lagunas	112
Cuadro N° 26: Eficiencia de Remoción de Coliformes Totales en el Sistema de Lagunas	113
Cuadro N° 27: Eficiencia de Remoción de Coliformes Fecales en el Sistema de Lagunas	114
Cuadro N° 28 Concentración de Carga total Aplicada y Carga superficial Aplicada en el Sistema de Lagunas.	114
Cuadro N° 29: Carga Superficial Máxima Admisible en Lagunas Según Modelos	115
Cuadro N° 30: Comparación de la Eficiencia de Reducción de DBO5 Según Modelos Evaluados	115
Cuadro N° 31: Comparación de Eficiencia de Reducción de Coliformes Fecales Según Modelos Evaluados	117
Cuadro N° 32: Comparación de parámetros del Efluente del sistema con los LMP para descarga de efluentes de PTAR municipales	118

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura N° 01: Composición de las Aguas Residuales Domesticas	11
Figura N° 02: Laguna Facultativa	29
Figura N° 03: Lagunas de Estabilización Conectadas en Serie	30
Figura N° 04: Lagunas de Estabilización Conectadas en Paralelo	31
Figura N° 05: Esquema de la PTAR de la Ciudad de Azángaro	48
Figura N° 06: Características Físicas de las Lagunas.	99
Figura N° 07: Variación de Caudal Promedio Horario en el Sistema de Lagunas.	102
Figura N° 08: Caudal Máximo y Mínimo Puntual de Ingreso al Sistema	102
Figura N° 09 Variación de Caudal en el Sistema	104
Figura N° 10: Variación de la Temperatura del Agua Residual en el Sistema	105
Figura N° 11: Variación de pH del Agua Residual en el Sistema de lagunas	106
Figura N° 12: Variación de C.E. del Agua Residual en el Sistema	107
Figura N° 13: Variación de TDS del Agua Residual en el Sistema	108
Figura N° 14: variación del Oxigeno Disuelto en el sistema de lagunas	109
Figura N° 15: Comparacion de Remoción Orgánica Según los Modelos Evaluados	116
Figura N° 16: Comparación de Remoción Colifecal Según los Modelos Evaluados	117

RESUMEN

El ámbito de estudio del presente trabajo, donde se aplicó la evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales con la metodología propuesta es el distrito de Azángaro, provincia de Azángaro, departamento de Puno, compuesto por 2 lagunas facultativas distribuidas en paralelo y destinadas para el tratamiento de aguas residuales de la ciudad.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de formular una propuesta metodológica para la evaluación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante lagunas de estabilización y aplicarla en el sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas de la ciudad de Azángaro.

La metodología aplicada para la evaluación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante lagunas de estabilización se basa en: la Identificación del Sistema, en un Diagnóstico, en el Registro Histórico de Datos de Campo, en la Frecuencia de Muestreo, en el Procesamiento y Análisis de Parámetros Analizados y en la Evaluación de Resultados. Lo cual nos permite determinar el estado actual en cuanto a comportamiento operacional y a eficiencia operacional de remoción.

Para determinar la calidad de agua en el efluente se realizó una comparación de los resultados obtenidos de los parámetros que deben ser monitoreados en las descargas de aguas residuales, los cuales guardan relación con los contaminantes potenciales que pueden afectar a un cuerpo receptor (DBO5, DQO, Sólidos Totales en Suspensión, pH, temperatura, Aceites Y Grasas). Con los límites máximos permisibles para efluentes de aguas residuales domésticas establecidos en el D.S. N° 003 – 2010 – MINAM.

La propuesta metodológica planteada para la evaluación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante lagunas de estabilización se basa un **diseño metodológico** y en la estrategia de validez metodológica denominada **triangulación**. La cual nos sirve como guía de planificación, para definir claramente los recursos necesarios y el proceso a seguir para lograr obtener los alcances y resultados esperados en una evaluación de un sistema de lagunas de estabilización.

El sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Azángaro, debe de tener un comportamiento en sus lagunas como facultativas, lo que se sustenta al comparar la carga superficial aplicada 243.80 (Kg.DBO₅/Has./día), es menor a la carga superficial máxima admisible 266.76 (Kg.DBO₅/Has/día) y están dentro del rango para cargas de diseño de lagunas facultativas de 50 y 300 kg de DBO/Ha/día. Lo que confirma que las lagunas operan como facultativas. Sin embargo la profundidad útil de las lagunas es de 0.60cm. Lo que significa que estas lagunas están trabajando como aerobias.

Se determinó que el sistema no está trabajando eficientemente ya que su eficiencia de remoción es baja. La eficiencia de tratamiento del sistema mediante Los parámetros evaluados son: DBO₅ 37.04%, DQO 34.06%, Aceites y Grasas 54.04%, Sólidos totales en suspensión 46.41%. También se determinó la eficiencia de remoción de Coliformes Totales 69.44% y Coliformes Fecales 63.59%.

Al comparar los valores determinados en el efluente con los LMP (límites máximos permisibles) establecidos en el D.S. N° 003 – 2010 – MINAM, se concluye que el nivel de contaminación es alto ya que los contaminantes potenciales (DBO₅, DQO). Superan los LMP en más del doble. Contaminando y afectando de este modo a la vida acuática existente en el río Azángaro.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

El tratamiento de las aguas residuales domésticas puede llevarse a cabo mediante diversos métodos. Estos pueden alternarse de diferentes maneras, lo que ofrecerá como resultado diferentes secuencias de operaciones y procesos. Todos estos se basan en fenómenos físicos, químicos y biológicos. Sin embargo, casi todas las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas se conciben con base en procesos biológicos (ROLIM, 2000).

En la búsqueda de soluciones para el tratamiento de las aguas residuales domésticas aplicando tecnología de bajo consumo de energía, dentro de los procesos biológicos, se ha promovido la utilización de las lagunas de estabilización, los procesos anaerobios de alta tasa, los tratamientos primarios de alta eficiencia.

La implementación de las lagunas de estabilización en algunos municipios, es atractiva en términos económicos, pero han producido algunos rechazos por parte de las comunidades aledañas por la generación de malos olores. También se ha detectado mal funcionamiento de las mismas, ocasionado posiblemente por aspectos constructivos y/o de operación y mantenimiento, puesto que se han tenido en la concepción de ser sistemas que pueden trabajar sin ninguna supervisión. (CORREA, RG. 2008).

Actualmente existe la necesidad de realizar estudios que analicen el funcionamiento de las lagunas implementadas en nuestro país, para fundamentar los diseños futuros que se efectuarán en otras poblaciones. (CORREA, RG. 2008).

De acuerdo con esto, se definió como objetivo central de esta investigación realizar una metodología que permita evaluar y monitorear el comportamiento actual del sistema de lagunas de estabilización, utilizadas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la ciudad de Azángaro, para interpretar su funcionamiento en términos hidráulicos, eficiencia en remoción en carga orgánica y calidad del efluente al igual que los posibles problemas ambientales asociados con la implementación del mismo.

1.2 ANTECEDENTES

Sobre el tema se han realizado investigaciones a nivel Local, Nacional e Internacional.

Por ejemplo a nivel local: el tesista, ALANOCA F., Néstor. "Evaluación de la eficiencia operacional mediante las características físico-químicas y biológicas de los afluentes y efluentes de las lagunas de estabilización en llave". Tesis para optar el título de ingeniero agrícola. Universidad nacional del altiplano. 2008 Puno-Perú. El cual tiene como objetivos

- 1) determinar la eficiencia operacional mediante las características físico-químicas y microbiológicas de los afluentes y efluentes de las lagunas.
- 2) determinar el comportamiento hidráulico del sistema mediante aportes, distribución y variación de caudales, balance hídrico, volumetría, periodo de retención y factor de forma. Llegando a las siguientes conclusiones.

1) La eficiencia de tratamiento del sistema mediante la caracterización físico-químico y biológico de los parámetros evaluados son: Sólidos Totales 25.68%, Sólidos Sedimentables 42.15%, DBO_5 54.92%, DQO 21.85%, Coliformes Totales 69.15% y Coliformes Fecales 63.08%. 2) Según el balance hídrico se encontró que las pérdidas del caudal en el sistema es de 3.35 lts/seg, lo que representa el 27.44% de perdidas en el efluente, cantidad que sobrepasa los parámetros, el valor debe ser menor que el diez por ciento del caudal que ingresa, esto puede estar ocurriendo por infiltración. El periodo de retención teórico es de ocho días para ambas lagunas, encontrándose en los niveles mínimos que es de 10 días.

A nivel nacional: GUEVARA, VA. Propuesta metodológica evaluación de lagunas de estabilización primera aproximación. OPS/C.E.P.I.S: 1996 Lima – Perú. Es una guía de evaluación, la cual tiene como objetivos: 1) buscar la adecuada calidad del efluente. 2) asegurar un buen funcionamiento del sistema. También presenta su proceso de evaluación compuesto de la siguiente manera: 1) ubicación y descripción del sistema de tratamiento. 2) muestreo y medición de caudal. 3) preservación y traslado de muestras. 4) análisis in-situ y de laboratorio. 5) características físico-químicas y bacteriológicas. 6) determinación de la eficiencia del sistema de tratamiento. No tiene conclusiones ya que es una guía y no una investigación aplicada.

A nivel internacional: CORREA, RG. "evaluación y monitoreo del sistema de lagunas de estabilización del municipio de santa fe de Antioquia, Colombia" Trabajo de Investigación presentado como requisito para optar al título de Magíster en Ingeniería Sanitaria Universidad De Antioquia Facultad De Ingeniería Departamento De Ingeniería Sanitaria Y Ambiental Maestría En Ingeniería Medellín. 2008. El cual tiene como objetivos: 1) Evaluar el sistema de lagunas para el tratamiento de las aguas residuales del municipio de Santa Fé de Antioquia desde su diseño original y operativo teniendo en cuenta: caudal y carga de diseño, factores ambientales, sistemas de entrada y salida y dimensiones físicas. Llegando a las siguientes conclusiones: 1) La laguna anaerobia presentó altas remociones, con 72% en DBO₅ total y 89% en DBO₅ soluble, además en DQO total y soluble fue de 59 y 81% respectivamente. De igual forma para los sólidos suspendidos totales fue de 60% y para los suspendidos volátiles fue de 52%. En resumen la laguna anaerobia es responsable del 70% de remoción en DBO₅ total en el sistema. En cuanto a la remoción en la laguna facultativa 1 se obtuvieron remociones en DBO₅ de 59% y en DQO de 79%. Para la laguna facultativa 2 la eficiencia fue de 62% en DBO₅ y 74% en DQO. Estas remociones se consideran importantes para el sistema pero existe un gran aporte de sólidos en el efluente del mismo, con un valor promedio de 0.30 Kg DBO/ Kg S.S, lo que sugiere la necesidad de hacer una remoción de sólidos por medio de un tratamiento adicional al efluente del sistema.

Se pudo notar que en cualquier caso o situación el principal problema es conocer el la eficiencia de funcionamiento de las infraestructuras del sistema de tratamiento de agua residual, así también el grado de tratamiento referido a la calidad del efluente.

En la ciudad de Azángaro no se han realizado estudios ni trabajos similares sobre su planta de tratamiento de aguas residuales, es por eso que es fundamental realizar una evaluación que ayude a definir la situación en la que se encuentra y así poder tomar medidas correctivas necesarias.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Los sistemas lagunares es el método de tratamiento de aguas residuales domesticas que actualmente prefieren los pueblos y gobiernos latinoamericanos, su alta eficiencia degradativa, el bajo costo, la simplicidad en la construcción y la facilidad en el mantenimiento y operación del sistema. (GUEVARA 1996)

En la actualidad existen cambios muy acelerados con presencia de enfermedades raras, por lo que prima la necesidad de respuestas efectivas, con resultados que satisfagan las necesidades y expectativas en cuanto al cuidado de la salud pública de los seres vivos y del medio ambiente.

Existe entonces la necesidad de realizar un gran esfuerzo tanto por parte de los gobiernos como de los técnicos que laboran y asesoran en el tratamiento de efluentes, para tratar de generar datos y estadísticas, producto de investigaciones locales del funcionamiento y operación de las lagunas, con la finalidad de proponer criterios de funcionamiento acordes con la ecología de la región, de tal manera que se contribuya a la disminución de la creciente contaminación de los cursos de agua. Es pues fundamental determinar cuáles son los problemas que confrontan estos sistemas y cuáles son las consecuencias ambientales del vertimiento de sus efluentes, de manera de plantear alternativas técnicas para la solución de esta situación.

En este sentido la **metodología** que se presenta constituye una guía para la evaluación del funcionamiento de las lagunas de estabilización, que permita evaluar y monitorear los sistemas de tratamiento de las aguas residuales domesticas, para interpretar su funcionamiento en términos hidráulicos, eficiencia en remoción en carga orgánica y calidad del efluente al igual que los posibles problemas ambientales asociados con la implementación del mismo.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Formular una propuesta metodológica para la evaluación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas mediante lagunas de estabilización y aplicarla en el sistema tratamiento de aguas residuales domesticas de la ciudad de Azángaro.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Elaborar una propuesta metodológica para la evaluación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas mediante lagunas de estabilización.
- Aplicar la metodología en la evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas de la ciudad de Azángaro, con el fin de determinar la eficiencia operacional del sistema y la calidad del efluente de acuerdo a los límites máximos permisibles para efluentes de aguas residuales domesticas establecidos por el MINAM.

II. MARCO CONCEPTUAL

2.1 EVALUACION

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

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

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

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

Según **ROMERO, R.J. (2001)**, Indica que “para la evaluación de las diferentes características de un agua residual se deben seguir los métodos normales ó estándar. Además, una caracterización acertada del agua residual que requiere una técnica apropiada de muestreo que asegure resultados representativos. En general para que la muestra sea representativa, se prefieren sitios de muestreo con flujo muy turbulento donde el agua residual este bien mezclada. Sin embargo, el sitio de muestreo debe seleccionarse de acuerdo con cada problema individual de estudio”.

2.2 METODOLOGIA

Según **SANDOVAL C. (2002)**. Indica que una metodología es aquella guía que se sigue a fin realizar las acciones propias de una investigación. En términos más sencillos se trata de la guía que nos va indicando qué hacer y cómo actuar cuando se quiere obtener algún tipo de investigación. Es posible definir una metodología como aquel enfoque que permite observar un problema de una forma total, sistemática y disciplinada.

Puede entenderse a la metodología como el conjunto de **procedimientos** que determinan una investigación de tipo científico o marcan el rumbo de una exposición doctrinal hace referencia al conjunto de procedimientos racionales utilizados para alcanzar una gama de objetivos que rigen en una investigación científica, una exposición doctrinal o tareas que requieran habilidades, conocimientos o cuidados específicos. Alternativamente puede definirse la *metodología* como el estudio o elección de un método pertinente para un determinado objetivo.

2.3 DISEÑO METODOLÓGICO

Según **SANDOVAL C. (2002)**. manifiesta que un diseño metodológico es la forma particular como cada interventor/a organiza su propuesta de intervención. Lo metodológico debe estar soportado por la postura epistemológica, conceptual y ontológica del interventor/a; es decir, cada diseño metodológico ha de responder con coherencia interna a la concepción de ser humano, a la concepción de educación y a los principios pedagógicos que orientan a cada interventor/a en su quehacer.

Por lo tanto, la estrategia de intervención depende del tipo de estudio que se elija (el enfoque), ya que éste determina el diseño, el proceso propuesto a la comunidad, la información generada, la forma como se trabajará con la comunidad y el lugar del profesional interventor.

- El Diseño metodológico, es una relación clara y concisa de cada una de las etapas de la intervención.
- El diseño metodológico es la descripción de cómo se va a realizar la propuesta de intervención
- El diseño metodológico son los pasos a seguir para generar una información que mi proyecto requiere. A la luz de una temática, unos objetivos que se problematizan.
- Es la determinación de las estrategias y procedimientos que servirán para dar respuesta al problema y comprobar hipótesis.

2.4 TRIANGULACIÓN METODOLÓGICA

Según **DENZIN, NS. (1989)**. Indica que se asume convencionalmente que la triangulación es el uso de múltiples métodos en el estudio de un mismo objeto. Esta es la definición genérica, pero es solamente una forma de la estrategia. Es conveniente concebir la triangulación envolviendo variedades de datos, investigadores y teorías, así como metodologías.

Al utilizar en la triangulación diferentes métodos se busca analizar un mismo fenómeno a través de diversos acercamientos. Aunque generalmente se utilizan distintas técnicas cualitativas, se pueden utilizar tanto cuantitativos como cualitativas en conjunto.

La triangulación es una estrategia para mayor validez metodológica y teórica en la investigación, la triangulación es la combinación de métodos, fuentes, investigadores y teorías para mejorar los diseños.

- 1) De información: Uso de diferentes instrumentos para obtener una misma información.
- 2) De investigadores: Uso de varios investigadores para recabar la misma información.
- 3) De teorías: Uso de múltiples perspectivas para la interpretación de una información.
- 4) De métodos: Uso de dos o más métodos o técnicas diferentes para recolectar información sobre un mismo problema.

2.5 AGUAS RESIDUALES

Según **PALACIOS, FS. (1991)**, Establece que “las aguas residuales domesticas son aguas procedentes de las viviendas, oficinas y edificios comerciales que se conducen en forma combinada en alcantarillas subterráneas a una laguna de estabilización que generalmente están alejadas de la ciudad”.

Se denomina aguas servidas a aquellas que resultan del uso domestico o industrial del agua. Se les llama también aguas residuales o aguas negras. Son residuales pues habiendo sido usadas constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo: son negras por el color que habitualmente tienen.

Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras provendrían del uso domestico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domesticas e industriales.

En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado, sin tratamiento posterior a su uso.

Según **TCHOBANOGLIOUS, G. (1996)**, Indica que son aguas residuales domésticas. Se puede incluir bajo esta definición a la mezcla de aguas residuales domésticas con aguas de drenaje pluvial, aguas residuales de origen industrial, siempre que estas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

Según **ROLIM, MS. (2000)**, Manifiesta que las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificada por diversos usos en actividades domésticas, industriales comunitarias, siendo recogidas por la red de alcantarillado que las conducirá hacia un destino apropiado”

2.5.1 Tipos de Agua Residual

Existen diferentes formas de denominar a las aguas residuales, las cuales se detalla en la siguiente tabla:

Cuadro N° 01
Tipos de Agua Residual

Tipo de agua	Definición	Característica
Agua residual domestica	Producida en las diferentes actividades al interior de las viviendas, colegios, etc.	Los contaminantes están presentes en moderadas concentraciones
Agua residual municipal	Son las transportadas por el alcantarillado de una ciudad o población	Contiene materia orgánica, nutrientes, patógenos, etc.
Agua residual industrial	Las resultantes de las descargas de industrias	Su contenido depende del tipo de industria y/o procesos industriales
Agua negra	Contiene orina y heces	Alto contenidos de nutrientes, patógenos, hormonas y residuos farmacéuticos
Agua amarilla	Es la orina transportada con o sin agua	Alto contenido de nutrientes, productos farmacéuticos, hormonas y alta concentración de sales
Agua café	Agua con pequeña cantidad de heces y de orina	Alto contenido de nutrientes, patógenos, hormonas y residuos
Agua gris	Provenientes de lavamanos, duchas, lavadoras	Tiene pocos nutrientes y agentes patógenos y por el contrario presentan máxima de carga de productos para el cuidado personal y detergentes

Fuente: (Romero R.J. 2001)

2.5.2 Composición De Las Aguas Residuales

Según **PALACIOS, FS. (1991)**, Indica que es importante recordar que siempre ocurrirán variaciones significativas en las plantas de tratamiento de aguas residuales, dependiendo de la dimensión del sistema, del tipo de aguas residuales y del diámetro e inclinación de los interceptores y tipos de contribuyentes de aguas residuales. Las cargas orgánicas diarias para las diversas plantas de tratamiento de aguas residuales se estima usando datos horarios.

Las aguas residuales domésticas están constituidas en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca del 99.9 % y un 0.1 % de sólidos suspendidos, de los cuales el 70% son orgánicos y el 30% son inorgánicos como arenas, sales y metales; siendo éste 0.1% el que debe ser sometido a tratamiento en las PTARs. La composición del agua residual

está en función del uso, ésta depende tanto de las características sociales y económicas de la población así como del clima, la cultura y del uso del suelo entre otras.

La composición y la concentración de estos constituyentes dependerán hasta cierto punto de las costumbres socio-económicas de la población contribuyente. La composición del agua residual está determinada por el caudal y por su fuente.

Las aguas residuales consisten básicamente en: agua, sólidos disueltos y sólidos en suspensión. Los sólidos son la fracción más pequeña (representan menos del 0.1 % en peso), pero representa el mayor problema a nivel del tratamiento. El agua provee sólo el volumen y el transporte de los sólidos

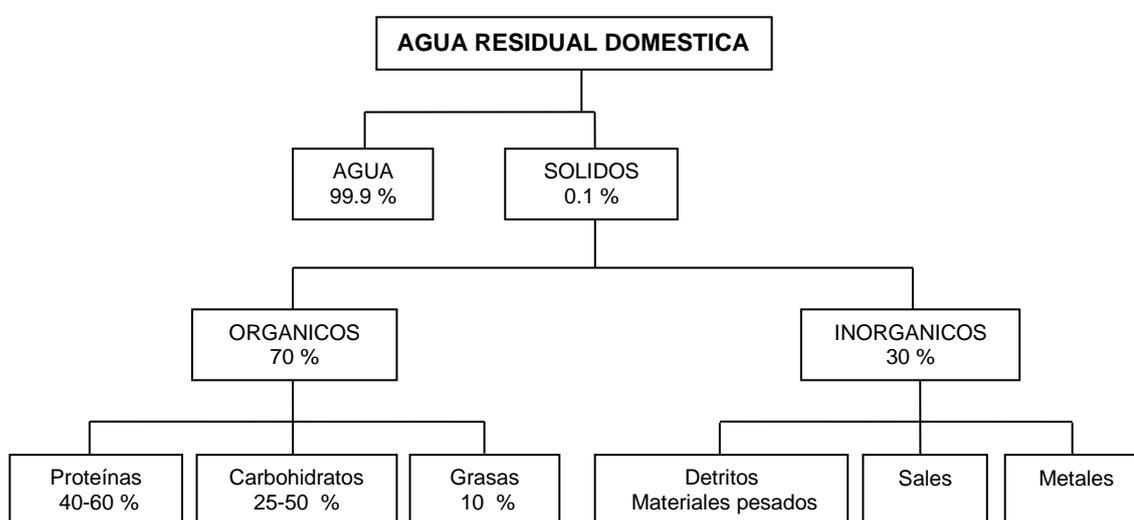


Figura N° 01 Composición de las ARD

Fuente: METCALF y EDDY (1996).

Aproximadamente el 65% de los sólidos orgánicos son proteínas como albúminas, globulinas y enzimas provenientes de las industrias o de la actividad microbiológica en el agua residual. La proporción de los carbohidratos está en función de las costumbres en la región (éstos se encuentran en sus formas más comunes como glucosa, sacarosa, almidón y celulosa). Las grasas y aceites animales o vegetales son el tercer componente de los alimentos. La Tabla 2 presenta los constituyentes que deben ser reducidos de las aguas residuales.

Cuadro Nº 02
Principales Constituyentes De Las Aguas Residuales A Reducir

CONTAMINANTES	IMPORTANCIA
Sólidos Suspendidos	Forman depósitos de lodo y favorecen las condiciones anaerobias cuando son descargados a los ecosistemas
Materia orgánica	Compuesta principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas; por lo general, se miden en términos de DBO y DQO. Si es descargada sin tratamiento a un cuerpo de agua, reduce en este el oxígeno disuelto y desarrolla condiciones anaerobias.
Patógenos	Los organismos patógenos existentes en las aguas residuales pueden transmitir enfermedades.
Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto al carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando son descargados en los cuerpos de agua generan crecimiento excesivo de algas y condiciones anaerobias
Contaminantes importantes	Compuestos orgánicos e inorgánicos que causan alteraciones genéticas, mutaciones, además son cancerígenos
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento de las aguas residuales, Ejemplos típicos incluyen detergentes, fenoles y pesticidas agrícolas.
Metales pesados	Se encuentran en las aguas residuales provenientes de industrias, pueden ser removidos y reutilizados
Compuestos orgánicos disueltos	El calcio, sodio y sulfato, son adicionados a los sistemas domésticos de abastecimiento de agua, debiendo ser removidos si se va a usar nuevamente el agua residual.
Temperatura	Ligeramente alta comparada con el agua de beber Variaciones acorde al año (estaciones) Influye en la actividad microbiana Influye en la solubilidad de los gases Influye en la viscosidad
Color	Aguas frescas: ligeramente gris Aguas sépticas: gris oscuro o negro
Olor	Aguas frescas: relativamente desagradable Aguas sépticas: olor ofensivo, tanto del ácido sulfhídrico como de otros productos de la descomposición Aguas industriales: depende de lo que se fabrique
Turbiedad	Causado por una gran variedad de sólidos suspendidos Las aguas frescas presentan mayor concentración de sólidos

Fuente: Recopilado del texto Ingeniería de Aguas Residuales de METCALF y EDDY (2003).

2.5.3 Características De Las Aguas Residuales

Según **CRITES, R. (1998)**, Manifiesta que las características de las aguas residuales de un lugar varían dependiendo de factores como: consumo de agua potable, tipo y sistema de alcantarillado, presencia de desechos industriales, entre otros y es necesario considerar circunstancias tales como las variaciones diarias del caudal.

Las aguas residuales pueden provenir tanto de casas de habitación (aguas residuales domesticas), de empresas (aguas residuales de origen industrial o especiales) o de una mezcla de ambas (aguas mixtas). Todas ellas poseen características químicas y biológicas diferentes y por lo tanto la normativa establece parámetros especiales en cuanto a su caracterización.

Las aguas residuales domésticas, por lo general, no contienen sustancias peligrosas como lo son metales pesados, tóxicos fuertes, entre otros; pero sí una elevada cantidad de agentes infecciosos y patógenos, dado que su principal prominencia es de los servicios sanitarios. Son aguas con alta cantidad de amonio y nitrógeno debido a las excretas, lo que permite su tratamiento mediante diversos procesos biológicos.

Según **TCHOBANOGLIOUS, G. (1996)**, Indica que las aguas residuales del sector industrial dependen totalmente del tipo de actividad productiva que desarrolle la empresa. En ellas es importante evaluar, a parte del caudal y la cantidad de materia orgánica, la presencia de sustancias tóxicas como los metales pesados

La composición de las aguas residuales se refiere a los constituyentes físicos, químicos y biológicos presentes en estas. Conocer la naturaleza del agua residual es esencial para la construcción y explotación de proyectos tanto de recogida como de tratamiento de evacuación de las aguas residuales. En esta sección solo

se mencionaran aquellas características del agua residual muestreadas en terreno.

2.5.3.1 Característica Físicas:

Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, este engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta.

a) Sólidos totales. Se define como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación entre 103 y 105° C

Los sólidos sedimentables, constituyen la cantidad de lodo que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual. Los sólidos totales se pueden clasificar en filtrables y no filtrables (sólidos en suspensión).

2.4.3.2 Características Químicas:

El estudio de esta característica se aborda en los siguientes cuatro apartados, materia orgánica, medición de contenido orgánico y materia inorgánica.

a) Materia orgánica. Cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40% de los sólidos filtrables de un agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica. Proviene de los reinos animal y vegetal. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas (40-60%), hidratos de carbono (25-50%), grasas y aceites (10%). Otro compuesto orgánico presente es la urea, principal constituyente de la orina.

- ✓ **Grasas animales y vegetales.** La composición de las grasas animales y aceites es de alcohol o glicerol y ácidos grasos. La forma en que llegan a las aguas residuales son como mantequilla, manteca, margarina, aceites y grasas vegetales. Las partículas de estos compuestos interfieren en el normal desarrollo de la vida biológica creando películas y acumulaciones de materia flotante desagradables.

b) Medida del contenido orgánico. Los métodos más empleados para medir el contenido orgánico de aguas residuales y superficiales son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y demanda química de oxígeno (DQO).

- ✓ **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).** El parámetro de contaminación orgánica más empleado, la DBO a 5 días (DBO_5). La determinación del mismo está relacionada con la medición de oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica.

Los resultados de los ensayos de DBO_5 se emplean para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente, dimensionar las instalaciones de tratamientos de aguas residuales, medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento y controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos.

- ✓ **Demanda química de oxígeno (DQO).** Este ensayo se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de aguas naturales como aguas residuales.

En el ensayo se emplea un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido para la determinación del equivalente de oxígeno de materia orgánica que puede oxidarse. La DQO de un agua residual suele ser mayor que la DBO, debido al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por la vía química frente a los que se oxidan por vía biológica.

c) Materia inorgánica. Debido a que las concentraciones de los diferentes constituyentes inorgánicos pueden afectar mucho a los usos del agua, conviene examinar la naturaleza de algunos de ellos.

- ✓ **Nitrógeno.** Recibe el nombre de nutriente y bioestimulante. Es básico para la síntesis de proteínas. El contenido total en nitrógeno está compuesto por nitrógeno orgánico, amoníaco, nitrito, nitrato.

El nitrógeno del nitrato es la forma más oxidada del nitrógeno que se puede encontrar en las aguas residuales. Cuando el efluente secundario deba ser recuperado para la recarga de agua subterránea, la concentración del nitrato es importante. La concentración de nitratos en efluentes puede variar entre 0 y 20mg/l en forma de nitrógeno(N), con valores típicos entre 15 y 20 mg/l.

- ✓ **Fósforo.** Este es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. El contenido de fósforo en aguas residuales municipales puede variar entre 4 y 15mg/l.

2.4.3.3 Características biológicas

Se tomara conocimiento de los principales grupos de microorganismos biológicos y organismos patógenos presentes en las aguas residuales así como aquellos que intervienen en los tratamientos biológicos.

a) **Microorganismos.** Los principales grupos de organismos presentes en las aguas residuales se clasifican en eucariotas, eubacterias y arqueobacterias.

- ✓ **Bacterias.** Se pueden clasificar como eubacterias procariotas unicelulares. Los Escherchia coli, organismo común en heces humanas, miden del orden de 0,5 micras de ancho por dos micras de largo .Las bacterias trabajan en la descomposición y estabilización de la materia orgánica. Los coliformes se emplean como indicadores de la contaminación por desechos humanos.

b) **Organismos patógenos.** Los principales organismos patógenos presentes en aguas residuales son las bacterias, los virus, los protozoos y el grupo de los helmintos. Los organismos bacterianos patógenos que pueden ser excretados por el hombre causan enfermedades como la fiebre tifoidea y paratifoidea, la disentería, diarreas y cólera.

Cuadro Nº 03
Patógenos Comunes Transportados Por El Agua Residual

MICROORGANISMOS		ENFERMEDADES
Bacterias	Francisella tularensis Leptospira Salmonella paratyphi (A,B,C) salmonella typhi shigella (S. Flexneri, S. Sonnel, S. Dysenteriae, S. Boydil) Vibrio comma (vibrio cholerae)	Tularemia Leptospirosis Paratifoidea (fiebre enterica) Fiebre tifoidea, fiebre enterica Shingelosis (disenteria bacilar) . Colera
Virus	Poliomyelitis (3 tipos) Virus desconocidos	Poliomyelitis aguda, parálisis infantil Hepatitis infecciosa
Protozoarios	Entamoeba histolytica . Giardia lamblia	Amebiasis (disenteria amebiana, enteritis amebiana, colitis amebiana) Giardiasis (enteritis giardia, lamblisis)
Helminfos (gusanos, parásitos)	Dracunculus medinensis . Echinococcus Shistosoma (S. Mansoni, S. Japonicum, S. Haematobium)	Dracontiasis (dracunculiasis, dracunculosis; medina; infección serpiente, dragón o gusano-guinea) Equinocosis Squistosomiasis (biharzasias o enfermedad de "Bill Harris")

Fuente: METCALF y EDDY (1995).

2.5.4 Composición De Aguas Residuales Después De Su Tratamiento

Según **SANCHEZ, V. (1995)**, Indica que después de un tratamiento biológico que contemple un buen diseño, adecuado tiempo de retención hidráulico y en presencia de los microorganismos idóneos, las características finales del agua son muy distintas a las iniciales. La actividad biológica intensa y suficiente a cargo de las bacterias, algas, protozoarios, hongos, principalmente, produce agua mineralizada cuyas características son las requeridas en el desarrollo de la flora y fauna, lo cual significa capacidad de intercambio catiónico, intercambio gaseoso, cantidad de oxígeno disuelto superior a 6 mg/l, mínima presencia de materia orgánica biodegradable, mucha cantidad de minerales como lo son carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfonatos, nitratos, fosfatos, sodio, potasio, calcio y magnesio. También puede encontrarse minerales como lo son los silicatos, fluoruros, compuestos de hierro, magnesio, aluminio, boro, entre otros.

Un aspecto a recalcar es la múltiple presencia de microorganismos encargados de los procesos para el tratamiento del agua residual en los sistemas biológicos.

2.6 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

2.5.1 Objetivo del tratamiento de aguas residuales

Según **METCALF, E. (1996)**, Indica que diversos autores argumentan que el objetivo básico del tratamiento de AR es proteger la salud, promover el bienestar de las personas y proteger el ambiente. Para otros autores, el objetivo es modificar las características del agua de tal forma que el efluente tratado cumpla con los requisitos especificados en la legislación, para ser vertido en un cuerpo receptor sin causar impactos adversos en el ecosistema o pueda ser reutilizado en otras actividades.

Desde el año 1900 hasta la década de los 70, los objetivos de tratamiento fueron inicialmente la reducción del material coloidal, suspendido y material flotante. Hasta los 80 los objetivos estaban más relacionados con criterios estéticos y ambientales. Los criterios posteriores se hicieron más exigentes y empezó a considerarse la necesidad de eliminación de nutrientes.

Posteriormente en los años 90 como consecuencia del avance tecnológico, el tratamiento de aguas residuales se enfocó en solucionar los problemas de salud pública causados por sustancias tóxicas y microorganismos patógenos presentes en el agua residual y a desarrollar prácticas que permitan solucionar el problema en la fuente

Ahora bien, el enfoque tradicional del tratamiento de las AR, difiere totalmente del tratamiento destinado al reúso; para el primer caso, los objetivos se centran en la reducción de los compuestos orgánicos biodegradables, del material flotante y del suspendido. El tratamiento con finalidades de reúso consiste en aprovechar los nutrientes y parte de la materia orgánica, concentrándose básicamente en la reducción de patógenos (OMS, 2006). Los objetivos del reúso pueden ser múltiples, entre ellos se encuentra evitar la sobreexplotación del recurso hídrico, fomentar el uso eficiente del agua, prevenir la contaminación, sensibilizar y

concientizar la población sobre la importancia del reúso, complementar instrumentos de prevención y control.

2.5.2 Procesos Biológicos Combinados (Anaerobio + aerobio)

Según **NOYOLA, A. (2003)**, Manifiesta que el tratamiento biológico, al ser una herramienta de la naturaleza, está mejor adaptada para resolver los problemas de tratamiento de AR biodegradables, como las de origen municipal. Los procesos anaerobios y aerobios cumplen los requisitos deseables para establecer una tecnología perdurable siempre y cuando se conozcan sus limitaciones y bondades, de manera que se ajusten buscando un beneficio en particular (objetivos de tratamiento).

El debate de hace algunos años, que llevaba a oponer las tecnologías anaerobias modernas con las aerobias ya ha sido resuelto en buena medida y por el contrario la combinación de procesos ha madurado a través de la experimentación. Ahora lo que se acepta en forma creciente es que ambos tipos de procesos no se oponen, sino que se complementan al aportar cada uno y atenuando entre ambos sus respectivas desventajas

De considerarse los atributos de cada proceso al momento de seleccionar una tecnología, se avanzaría aunque fuera de modesta forma, en la construcción del desarrollo sustentable. Para la escogencia de tecnologías en América Latina y el Caribe se pueden identificar dos grandes subconjuntos, los cuales a su vez se combinan entre sí, en función de la densidad de la población; área urbana y área rural y en función del clima; zonas cálidas y zonas frías o templadas, entre otros.

La influencia del clima y la temperatura del agua son particularmente importantes para los sistemas naturales, así como para los sistemas compactos anaerobios. De esta forma, temperaturas inferiores a 10°C o ambientes donde la temperatura es cercana a 0°C puede limitar la aplicación de estos procesos, lo que resulta

menos problemático para los procesos compactos aerobios o fisicoquímicos (Noyola, 2003). En este contexto, las condiciones ambientales prevalecen a la hora de escoger el tipo de tecnología a utilizar, sin embargo es sabido que el tratamiento combinado se presenta como una gran opción.

A diferencia de los sistemas de tratamiento aerobio, las cargas de los reactores anaerobios no están limitadas por el suministro de ningún reactivo. Entre más lodo esté siendo retenido en el reactor bajo condiciones operacionales, más altas son las cargas potenciales del sistema, siempre y cuando un tiempo de contacto suficiente entre el lodo y el agua residual pueda ser mantenido .

Según **CRITES R, TCHOBANOGLIOUS G. (2000)**, Indica que una combinación entre ciertos procesos compactos y procesos naturales podrá en ocasiones ser una ventajosa opción, en particular cuando los costos deben ser reducidos y se tienen ciertas limitaciones de terreno Es sabido que los procesos biológicos ya sea aerobio o anaerobio, por si solos son insuficientes para la eliminación de microorganismos patógenos y nutrientes, excepto las lagunas de estabilización para el caso de los patógenos, posicionando la combinación de procesos como una herramienta a la hora de eliminar este tipo de constituyentes en las aguas residuales.

Para solucionar el problema de tratamiento del AR, existen procesos de tipo aerobio y anaerobio o procesos combinados anaerobio-aerobio. En la Tabla 3 se observan los principales procesos biológicos empleados.

Cuadro N° 04

Principales Procesos De Tratamiento Biológico En Aguas Residuales

Tipo	Nombre común	Uso	Fundamentos del proceso	Eficiencias Logradas
Procesos aerobios				
Crecimiento en suspensión	Lodos activados	Reducción de la DBO carbonacea, nitrificación	Es un reactor donde se mantiene una masa floculenta en suspensión, de superficie altamente activa para la adsorción de materiales coloidales y suspendidos, constituida por microorganismos, materia orgánica y materiales inorgánicos.	80-85% DBO y SST
	Lagunas de estabilización (aerobia, facultativa y de maduración)	Reducción de la DBO carbonacea, nitrificación	En ella se reduce la materia orgánica, los microorganismos patógenos que representan un grave problema para la salud y además su efluente puede ser de reutilización, con finalidades como la agricultura	80-90% DBO y SST; además de N y P
Película bacterial adherida	Filtros percoladores	Reducción de la DBO carbonacea, nitrificación	La materia orgánica que se halla presente en el AR es degradada por la población de microorganismos Adherida al medio, en cuyas capas externas es degradada por los microorganismos aerobios, a medida que los microorganismos crecen el espesor de la película aumenta y el oxígeno es consumido antes de que se pueda penetrar todo el espesor de la película.	80-85% DBO y SST
	Biodiscos	Reducción de la DBO carbonacea, nitrificación	la película biológica se encuentra en rotación dentro del agua residual sedimentada y dentro de la atmosfera para proveer oxígeno a los microorganismos. El AR fluye en sentido paralelo o perpendicular al eje horizontal de rotación, al pasar de una etapa a otra o de un tanque a otro	80-85% DBO y SST
Híbrido (combinación) crecimiento en suspensión y adherido	Humedales construidos (superficiales y subsuperficiales)	Reducción de la DBO carbonacea, nitrificación	La materia orgánica y los nutrientes que transportan las AR, son degradados por la población microbiana y asimilados por las plantas emergentes, sumergidas y flotantes con enraizamiento fijo, mientras que las libremente flotantes toman los nutrientes directamente del agua	80-85% DBO y SST; además de N y P
Procesos anaerobios				
Crecimiento en suspensión	Tanque séptico		Se logran fases de hidrólisis y acidogenesis del material orgánico, con la correspondiente relación de sólidos biodegradables durante mas tiempo, que el material orgánico presente en forma disuelta o coloidal; generalmente se complementa con otro tratamiento buscando mejorar eficiencias de reducción.	40-50% DBO y SST
	Reactor UASB	reducción de la DBO carbonacea, nitrificación, estabilización	La tecnología UASB está basada en la acumulación de microorganismos en un reactor, cuyas características de sedimentación impidan su arrastre fuera del mismo; otras propiedades esenciales que reúne este tipo de reactor es disponer de un mecanismo de separación gas-liquido-solido, por medio de campanas colectoras situadas en su parte alta, mediante la cual se consigue la sedimentación de los floculos de pequeño tamaño que ascienden adheridos a las burbujas de gas y el dispones de un sistema de distribución uniforme del afluente en la base del reactor	80-90% DBO y SST
	Laguna anaerobia		La estabilización en condiciones anaerobias es lenta ya que las bacterias se reproducen en una baja tasa, es por esto que generan menos lodo que los procesos aerobios	80-90% DBO y SST
Película bacterial adherida	Filtro anaerobio		En los filtros anaerobios de flujo ascendente la mayor parte de la biomasa bacteriana se acumula como floculos, mientras que en los de flujo descendente, la biomasa esta casi totalmente retenida en las paredes del reactor y el material de soporte	60-80% DBO y SST

Fuente: (Crites y Tchobanoglous, 2000)

2.5.3 Niveles Y Procesos De Tratamiento De Aguas Residuales

En términos generales, en una PTAR ocurren operaciones, procesos físicos, químicos y biológicos.

Se puede considerar que las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo en estos procesos son las mismas que se realizan en la naturaleza (ríos, lagos, suelo, etc.) sólo que en forma controlada dentro de tanques o reactores y a velocidades mayores. Los niveles de tratamiento son presentados en la Cuadro N° 05.

Cuadro N° 05
Niveles Y Procesos De Tratamiento De Aguas Residuales

Nivel	Descripción	Tipo de unidad
Preliminar	Remueve material causante de problemas operacionales como trapos, ramas, arenisca, material	Rejas, tamices, desarenador, tanques de homogenización, trampas de grasa, medidor y repartidos de caudal
Primario	Remueve de sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para disminuir la carga orgánica	Sedimentador, unidades con inyección de aire, tanque séptico, imhoff y tanques de flotación orgánica
Secundario	Procesos biológicos con una eficiencia de remoción de DBO soluble mayor a 80%.	Lodos activados, biodiscos, filtros percoladores, humedales, lagunas de estabilización , reactor UASB
Terciario	Remueve sólidos suspendidos a través de microfiltración, además en este nivel se remueven	Microfiltración, la coagulación y precipitación, la absorción por carbón activado, cloración, destilación, oxidacionquimica, extracción por solvente, remoción por espuma, nitrificación – desnitrificación.

Fuente: (RNE - NORMA OS. 090 plantas de tratamiento de aguas residuales)

Una PTAR está integrada por varias etapas e independiente del tipo de tecnología utilizada, es necesaria la instalación de tratamiento o niveles preliminares que impidan el desgaste de equipos y reduzcan los riesgos por obstrucción y posibles daños.

2.7 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MEDIO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION

2.7.1 Lagunas De Estabilización

Según **METCALF, E (1996)**, Las lagunas de estabilización son sistemas de tratamiento para aguas servidas en las cuales, mediante la acción conjunta de algas, bacterias y otros organismos, se logra la estabilización biológica de materia orgánica biodegradable presente en el desecho. El tratamiento de las aguas residuales a través de lagunas consiste en forma sintetizada en:

- Reducir el contenido de sólidos suspendidos por sedimentación.
- Satisfacer la demanda bioquímica de oxígeno.
- Estabilizar los compuestos orgánicos biodegradables.
- Reducir el número de organismos patógenos.

Las lagunas de estabilización son una alternativa económica en la remoción de patógenos y helmintos, que no lo tienen los sistemas tradicionales, además en este sistema no es necesario utilizar cloro para la desinfección del efluente y no necesitan partes mecánicas, reflejándose en un ahorro en los costos de adquisición, operación y mantenimiento. Se puede utilizar como único tratamiento o como una parte de otras etapas de tratamiento a saber, primario, secundario o terciario.

Las lagunas de estabilización son lugares de almacenamiento de aguas residuales, relativamente grandes y de poca profundidad, provistas de estructuras en tierra abiertas al sol y al aire y cuyo fin es el de lograr el tratamiento de las aguas residuales a través de procesos naturales, pero controlados.

Según **LEÓN, SG. (1997)**, una laguna de estabilización es una estructura simple para embalsar aguas residuales con el objeto de mejorar sus características sanitarias. Las lagunas de estabilización se construyen de poca profundidad (2 a 4

m) y con períodos de retención relativamente grandes (por, lo general de varios días).

Cuando las aguas residuales son descargadas en lagunas de estabilización se realiza en las mismas en forma espontánea, un proceso conocido como autodepuración o estabilización natural, en el que ocurre fenómenos de tipo físico, químico, bioquímico y biológico. Este proceso se lleva a cabo en casi todas las aguas estancadas con alto contenido de materia orgánica putrescible o biodegradable

Las lagunas de estabilización son estructuras muy simples para retener aguas residuales, en las que se llevan procesos depuradores naturales altamente eficientes. Su principal aplicación es el tratamiento completo de aguas residuales y ciertos desechos industriales. Tienen:

- Costos mínimos de operación y mantenimiento.
- Tratamiento eficaz en alto grado.
- Bajas inversiones de capital.

La laguna de estabilización es aparentemente un método simple de tratamiento de las aguas residuales pero los mecanismos de purificación involucrados son complejos. Estos involucran procesos de sedimentación, digestión, oxidación, síntesis, fotosíntesis, respiración endógena, intercambio de gases, aireación, evaporación, corrientes térmicas y filtración (Rolim, 2000).

Según **ROLIM, MS. (2000)**, Manifiesta que las lagunas de estabilización son el método más simple de tratamiento de aguas residuales que existe. Están constituidas por excavaciones poco profundas cercadas por taludes de tierra. Generalmente tienen forma rectangular o cuadrada.

Las principales ventajas de los sistemas de lagunas de estabilización:

- Bajo costo.

- Simples de construir y de operar.
- Confiables y fáciles de mantener.
- Producen un efluente de alta calidad, con excelente reducción de microorganismos patógenos.

Las lagunas de estabilización constituyen uno de los procesos más eficientes que existen en el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales. Sin embargo, dichas lagunas, por ser considerados uno de los sistemas de tratamiento de aguas residuales más sencillos que se conocen, tanto desde el punto de vista operacional como constructivo, son generalmente menos preciable en cuanto a sus actividades de operación y de mantenimiento.

Uno de los motivos de ese fracaso es la falta de comprensión de los beneficios que podrá obtener la comunidad ya que no pueden ser cuantificados fácilmente. Otro factor importante es la falta de conocimiento que existe y muchas veces de los propios técnicos, de las tecnologías apropiadas y del bajo costo que pueden utilizar en las áreas urbanas y rurales de América Latina.

La operación y mantenimiento de las lagunas es muy importante. Para que esa operación y mantenimiento sean adecuadas, es necesario que hayan recursos suficientes destinados a tal fin. Estos costos deben cubrir los gastos necesarios, como herramientas, ropas de protección, materiales de reparación, etc. Debe observarse, entre tanto, que esos recursos no podrán faltar nunca, para que el sistema funcione adecuadamente.

Según **ROLIM, MS. (2000)**, Indica que las lagunas pueden operarse en serie o en paralelo. Se usan cajas de distribución con vertedero ajustables en sistemas que funcionen en paralelo para dividir igualmente el afluente de las aguas residuales entre las celdas primarias.

En las lagunas operadas en serie, la calidad del efluente mejora cada vez que pasa a través de cada laguna. Por eso, se usan sistemas en serie cuando se requiere una mejor calidad de efluente. Sin embargo, es importante observar que el diseño de cada laguna debe estar basado en las condiciones de su afluente y no en un promedio de condiciones.

Según **RUIZ, I. (2001)**, indica que las lagunas de estabilización son simples estructuras de tierra, abiertas al aire y al sol, elementos que constituyen los recursos que se efectúa la auto purificación de los residuos líquidos por medio de la acción mutua de algas y bacterias.

En las lagunas de estabilización se presentan dos procesos biológicos, en la parte superficial el denominado “aerobio” y en el fondo el “anaerobio”. El lodo, producto de la sedimentación, está constituido por material celular derivado de la fotosíntesis o por restos descompuestos de plantas, protozoarios y bacterias.

2.7.2 Objetivos De Las Lagunas De Estabilización

El objetivo primordial del tratamiento de las aguas residuales por medio de lagunas de estabilización, es la remoción de parásitos, bacterias y virus patógenos, que tomando como base el período de retención, las lagunas pueden lograr la remoción total de patógenos, es decir, que su construcción es para la protección epidemiológica, mediante la disminución de organismos patógenos presentes en las aguas residuales, asimismo, la protección ecológica, disminuyendo la carga orgánica (DBO) de las aguas residuales. Lográndose de esta manera que el nivel de oxígeno disuelto (OD) en los cuerpos receptores se vea menos comprometido, con el consiguiente beneficio para los peces y demás organismos acuáticos.

2.7.3 Procesos De Estabilización

Según **GUEVARA, VA. (1996)**, Indica que las lagunas constituyen un ecosistema acuático cuyos distintos integrantes son:

- Productores: Algas
- Consumidores: Protozoarios rotíferos, larvas de insectos.
- Depredadores: Bacterias y hongos.

Al existir una cadena trópica, unos se alimentan de otros y hay transporte de energía.

Las algas y las bacterias existen en las lagunas de manera que unas dependen de las otras.

Las bacterias utilizan oxígeno disuelto producido por las algas y estas utilizan el CO₂ de la actividad bacteriana como fuente de carbono en la producción de nuevas algas.

Antiguamente se les llamaba lagunas de oxidación, para indicar la oxidación de la materia orgánica con el oxígeno producido por las algas a través de la fotosíntesis; pero actualmente se define como estabilización, porque existen otros procesos además de la oxidación que también son muy importantes en la descomposición de la materia orgánica, remoción de patógenos, sólidos, etc.

El resultado del proceso es un efluente de características definidas, de acuerdo al reusó agrícola, piscícola o para la descarga a cuerpos receptores.

2.7.4 Clasificación De Las Lagunas De Estabilización

Según **YANEZ, CF. (1990)**, Manifiesta que Existen varias formas de clasificar las lagunas. De acuerdo con el contenido de oxígeno, pueden ser: aeróbicas, anaeróbicas y facultativas. Si el oxígeno es suministrado artificialmente con aireación mecánica o aire comprimido se denominan aireadas. Con base en el

lugar que ocupan respecto a otros procesos, las lagunas pueden clasificarse como: primarias o de aguas residuales crudas, secundarias, si reciben efluentes de otros procesos de tratamiento y de maduración, si su propósito fundamental es reducir el número de organismos patógenos

a) Lagunas Anaerobias:

Son aquellas que operan con cargas orgánicas de modo tal que no exista oxígeno molecular libre a través de todo su volumen.

Las lagunas anaeróbicas son estanques de profundidad de 3.0 a 5.0 metros con un período de retención hidráulica de 1.0 a 5.0 días. Pueden alcanzar una profundidad de hasta seis metros, con el objetivo de mantener el calor y las condiciones anaerobias.

b) Lagunas Aerobias:

Son lagunas que permiten la penetración de la luz en toda su profundidad. Las lagunas aerobias aceleradas tienen una profundidad de 0.3 a 0.5 metros y son mezcladas mecánicamente de modo que todas las algas estén expuestas a la iluminación solar, evitando asimismo, la formación de una camada de lodo en el fondo. Son proyectadas para maximizar la producción de algas. Otro tipo de lagunas aerobias pueden alcanzar una profundidad de 1.5 m. y se utilizan para elevar al máximo la producción de oxígeno.

c) Lagunas Facultativas:

Modelo dinámico de las lagunas facultativas donde se da las transferencias de fases como la mezcla producto del viento, la acción de la irradiación solar, sedimentación, desprendimiento de gases, proceso de fotosíntesis de las algas etc.

Son aquellas donde ocurre una estabilización aerobia en una zona donde la penetración de la luz es efectiva y una fermentación anaerobia en la camada de lodo en el fondo. La producción de oxígeno proviene, en mayor proporción, de la actividad fotosintética de las algas y en mayor grado, de la reaireación superficial.



Figura N° 02: Laguna Facultativa

Fuente: Elaboración propia

d) De maduración:

En el fondo de las lagunas se forma la primera zona que es un estrato de lodo anaerobio conformado por los sólidos sedimentables que se acumulan en el microorganismo, en esta son utilizadas para el tratamiento terciario de efluentes de estaciones de oxidación biológica, tales como filtros biológicos, lodos activados y lagunas facultativas. La finalidad es producir un efluente de alta calidad a través de la concentración de nitratos y fosfatos y en pequeñas proporciones, una reducción adicional de DBO_5 .

2.7.5 Disposición de las Lagunas de Estabilización

Según **JARQUIN, GF. (2003)**, Indica que el tratamiento de aguas residuales se puede efectuar en una, dos o más lagunas; cada laguna se denomina célula y el conjunto, sistema de lagunas. La experiencia ha demostrado que el tratamiento biológico en una serie de lagunas es más eficiente que en una laguna de área equivalente.

a) Operación en serie:

Particularmente en caso de ser usadas tres o más lagunas. En este tipo de arreglo, el líquido fluye de una unidad a la otra. La primera célula recibe el residual bruto y se llama laguna o célula primaria, la segunda recibe el efluente tratado por

la primera y se llama secundaria y así sucesivamente. Normalmente, tratándose de residuales sanitarios, una tercera laguna se considera de maduración o pulimento. Este sistema tiende a minimizar las cantidades de algas y otros contaminantes en la última célula, obteniéndose un efluente de mejor calidad.

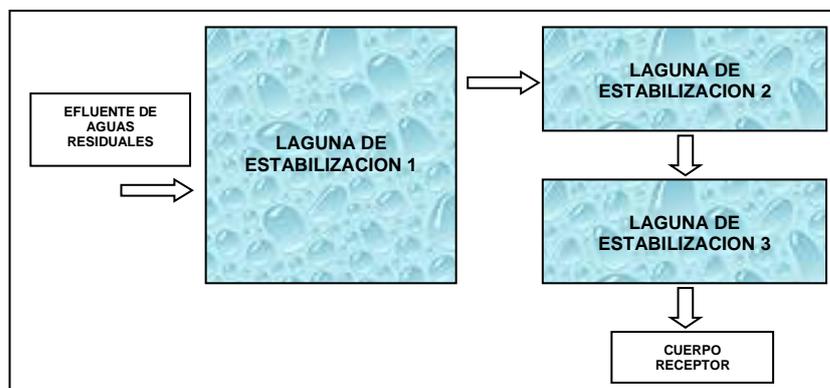


Figura N° 03: Lagunas De Estabilización Conectadas En Serie
Fuente: MOTTA, RD (2003)

b) Operación en paralelo:

Cuando se desea reducir la carga orgánica de células primarias. En este tipo de sistema, dos o más células, reciben, simultáneamente, cargas orgánicas proporcionales a sus capacidades y pueden recibir residuales brutos o efluentes parcialmente tratados de unidades que las anteceden. Este arreglo proporciona mejor distribución de sólidos sedimentables y la flexibilidad de retirar, provisionalmente, una célula para limpieza y distribuir, durante esa fase, la carga a las demás unidades.

El contar con por lo menos dos lagunas, permite sobre cargar una mientras se lleva a cabo la limpieza de la otra. Cuando el terreno es muy quebrado y no se requiere hacer lagunas alargadas, el uso de lagunas en paralelo a diferentes niveles, permite lograr economía considerable en el movimiento de tierras.

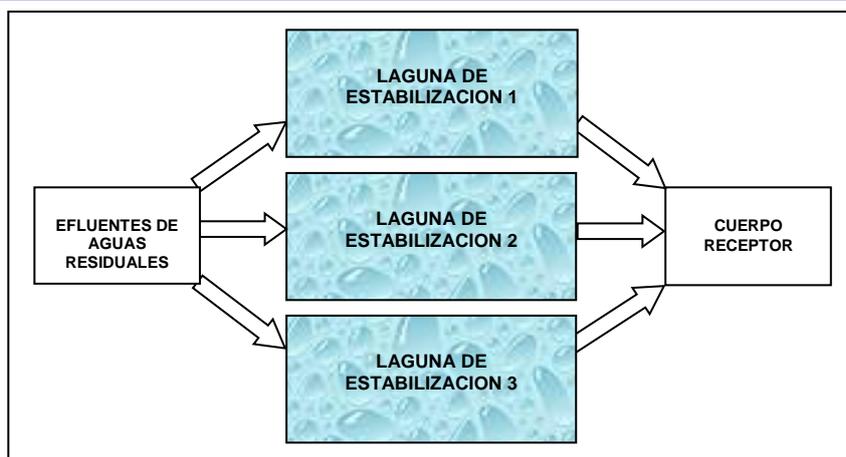


Figura N° 04: Lagunas De Estabilización Conectadas En Paralelo

Fuente: MOTTA, RD (2003)

2.7.6 Características del Flujo Hidráulico en Lagunas de Estabilización

a) Flujo de Mezcla Completa:

Este tiene lugar cuando las partículas que entran a la laguna son inmediatamente dispersas por todo el recinto, en donde las partículas salen del estanque en proporción a su población estadística. La mezcla completa se lleva a cabo si el contenido del estanque está uniforme y continuamente distribuido, además este tipo de mezcla sucede cuando las lagunas están expuestas a buen viento y sin estratificación térmica.

Esto ocurre cuando la relación largo – ancho es menor de 1 (se considera el largo de la laguna la longitud del sentido del flujo). La concentración de contaminantes en este tipo de lagunas es homogénea en todo el estanque, generalmente en este tipo de lagunas representan cortos circuitos. GUEVARA, VA. (1996)

b) Flujo en Pistón:

Este se da cuando las partículas del fluido pasan a través del estanque y son descargadas en el mismo orden con el que entran, las partículas conservan su identidad y permanecen en el estanque durante un tiempo igual al de retención teórico. Este tipo de flujo es aproximadamente el que se produce en estanque

alargados ($L/B > 3$) y en los que no existe dispersión longitudinal. Sin embargo estudios realizados, demuestran que no hay lagunas que trabajen totalmente bajo el régimen de flujo en pistón y mezcla completa, en realidad las lagunas lo hacen bajo un régimen de flujo disperso o arbitrario. GUEVARA, VA. (1996)

c) Flujo Arbitrario o Disperso

Según **GAITAN M, AREAS MF. (2001)**, Indica que este flujo se da cuando se presenta cualquier grado de mezcla parcial comprendida entre el flujo en pistón y el de mezcla completa o se presentan simultáneamente. Este tipo de flujo es más difícil de descubrirlo matemáticamente por lo que en el tratamiento matemático de los procesos biológicos y químicos se pueden emplear modelos ideales de flujo en pistón o de mezcla completa. El problema se complica aún más por la presencia indeseable de zonas muertas (donde no ocurre flujo alguno).

La dispersión se encuentra entre 0.2 y 1, la relación geométrica largo – ancho en estas lagunas es de 1 a 3. GUEVARA, VA. (1996)

Cuadro N° 06
Características Típicas De Lagunas De Estabilización.

PARÁMETRO	TIPO DE LAGUNA				
	Aerobia Tasa Baja	Aerobia Tasa Alta	Anaerobia	Facultativa	Maduración
Área, ha	<4	0.2-0.8	0.2-0.8	0.8-4	0.8-4
Tiempo de Retención d	10-40	4-6	20-50	5-30	5-20
Profundidad. M	0.9-1.2	0.3-0.45	2.4-5	1.2-2.4	0.9-1.5
PH	6.5-10.5	6.5-10.5	6.5-7.2	6.5-8.5	6.5-10.5
Temperatura °c	0-30	5-30	6-50	0-50	0-30
Temperatura optima °C	20	20	30	20	20
Conversión de DBO %	80-95	80-95	50-85	80-95	60-80
Sólidos Suspendidos	80-140	150-300	80-160	40-60	10-30

Fuente: **Ruiz, I. (2001)**

2.8 CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

Según **ROMERO, R.J. (2001)**, Manifiesta que la descarga de aguas residuales a las fuentes receptoras ha sobrepasado, en muchos casos, la capacidad auto purificadora de dichas aguas y, por ello, muchos ríos son convertidos en verdaderas alcantarillas. La solución es proporcionar el tratamiento adecuado a las aguas residuales, dependiendo de la carga que es capaz de aceptar el río, lago o cuerpo de agua receptor.

El ingeniero de tratamiento de aguas diseña la planta de tratamiento para efectuar la remoción de los agentes contaminadores, según los requerimientos de calidad del efluente.

La tesis fundamental para el control de la contaminación por aguas residuales, ha sido tratar las aguas residuales en plantas de tratamiento que hagan parte del proceso de remoción y dejar que la naturaleza lo complete en el cuerpo receptor. Por ello, el nivel de tratamiento es función de la capacidad de auto purificación natural de la fuente receptora.

Según **ROLIM, MS. (2000)**, Sostiene que “cuando el efluente final del sistema de lagunas de estabilización se usa para la irrigación o descargas en cuerpos receptores, deberán observarse los criterios locales o nacionales para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), sólidos suspendidos (SS) y coliformes fecales (CF).

Según **METCALF, E. (1996)**, Indica que “los parámetros de calidad de aguas residuales que tienen importancia en los vertidos de aguas residuales son el oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos (SS) y otros entre los que se encuentran los compuestos orgánicos”.

Según **LEÓN, SG. (1995)**, Manifiesta que los efluentes de las lagunas de estabilización, por su calidad bacteriológica, pueden usarse en cualquier actividad agropecuaria, desde la horticultura, los cultivos agroindustriales y acuicultura hasta la forestación. El dimensionamiento de estos sistemas estará ligado a la calidad de los efluentes requerida para cada tipo de uso.

El uso de las aguas residuales también permite obtener otros beneficios, como el uso eficiente del agua, provisión de abonos naturales y generación de alimentos, empleo e ingresos económicos, además de incrementar la frontera agrícola en zonas desérticas.

Las lagunas de estabilización se comenzaron a usar en América Latina y el Caribe en 1958 para el tratamiento de aguas residuales, teniéndose mucho más éxito que

con las plantas convencionales. Sin embargo, el uso de lagunas de estabilización obligó a romper con algunas tradiciones del tratamiento, entre ellas la guía “30/30” muy usada en los países desarrollados, que establece que los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales deben tener una DBO_5 y una concentración de sólidos suspendidos menor de 30 mg/L.

Según **SÁENZ, FR. (1992)**, En muchas plantas convencionales de tratamiento de aguas residuales se puede alcanzar los requerimientos de calidad del efluente a través de una operación eficiente y una buena desinfección del efluente. En las lagunas de estabilización, la operación eficiente es importante, pero la calidad del efluente está determinada por las condiciones climáticas y, principalmente, por la temperatura y la luz solar.

Para el riego indiscriminado con aguas residuales tratadas, se requiere que la calidad bacteriológica sea buena. Esto significa que la concentración de Coliformes fecales sea menor de 1000/100 mL (NMP CF < 1000/100 mL) según las directivas sanitarias de la OMS. La literatura indica que esto se puede lograr con 3 o 4 lagunas de estabilización en serie. Pero el problema es saber como dimensionar estas lagunas y como operarlas.

2.9 MODELOS PARA LA EVALUACION DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION

Procedimientos para el tratamiento de la información a través de diferentes tópicos.

2.9.1 CARGA ORGANICA

1. Carga Total Aplicada a Lagunas de Estabilización (Cta).

Según **OPS/ CEPIS. (2005)**, Manifiesta Se define como la tasa de flujo afluente a la laguna multiplicado por la Demanda Bioquímica de Oxígeno que impone la carga de residuos que ingresan a la unidad expresada por la DBO_5 .

$$Cta = 86.4(Qa * DBO_5) \rightarrow (Kg.DBO_5 / dia)$$

Donde: Cta = Carga Total Aplicada

Qa = Caudal Promedio del Afluente (Lts/seg).

DBO5 = Demanda Bioquímica de Oxígeno del Afluente (Kg/Lts).

2. Carga Superficial de una Laguna Facultativa

Esta carga es inversamente proporcional a la extensión superficial de la laguna; y debe estar dentro de rango de carga admisible para lagunas del tipo facultativo.

$$Csa = \frac{Cta}{Área} \rightarrow (Kg.DBO_5 / Has * día)$$

Donde:

Csa = Carga Superficial Aplicada

Cta = Carga Total Aplicada (Kg.DBO5/día).

Área = Extensión Superficial de la Laguna (Has).

3. Carga Superficial Límite Admisible Para Lagunas Facultativas (Csm).

Según **YANEZ, CF. (1993)**, Manifiesta que existe un límite máximo de carga orgánica para lagunas facultativas y que tiene que ser siempre mayor que la carga que recibe los estanques primarias, para que este estanque no corra el riesgo de tomarse anaerobio; es decir que el estanque primario fallaría como facultativo, eliminando su estrato aerobio y convirtiéndose en anaerobio en toda su extensión. Se han determinado 2 correlaciones para cuantificar la carga máxima admisible la cual varía con:

1. La temperatura promedio mensual del agua en el mes más frío (t).
2. La temperatura promedio del aire en el mes más frío, (tai). En ambas correlaciones la temperatura se expresa en °C.

3. La correlación obtenida en función de la temperatura del agua, se desarrollo en el apero, con el procesamiento de datos de carga en función de la fracción del amoniaco presente. La ganancia de amoniaco NH_3 solo es posible como resultado de los procesos anaerobios yáñez concluyo que para cargas sobre $357.4 \text{ Kg}/(\text{Has} \cdot \text{día})$ predominan los procesos anaeróbicos que dando establecida la carga máxima admisible por la correlación:

$$C_{sm} = 357 * (1.085)^{(t-20)} \rightarrow (\text{Kg.DBO}_5 / \text{Has} * \text{día})$$

Alternativa cuando no se cuenta con datos de temperatura del agua residual, se estima la carga máxima admisible con la siguiente correlación reportada por Mc Garry y Pescod:

$$C_{sm} = 400.6 * (1.0993)^{(t_{ai}-20)} \rightarrow (\text{Kg.DBO}_5 / \text{Has} * \text{día})$$

Esta correlación fue determinada a través del procesamiento de datos operativos de muchas instalaciones en el mundo.

Es importante indicar que el valor de carga limite aplicable debe determinarse en consideración a factores tales como:

- La existencia de variaciones bruscas de temperatura.
- ✓ La forma de la laguna (las lagunas de forma alargadas son sensibles a variaciones y deben tener menores cargas).
- ✓ La existencia de desechos industriales.
- ✓ El tipo de sistema de alcantarillado.

4. Tiempo de Retención Hidráulico

Según **OPS/ CEPIS. (2005)**, Indica que es el Tiempo teórico que tarda una partícula que entra a una unidad en salir de ella. Equivale al volumen de la unidad dividido por el caudal y se expresa en unidades de tiempo.

$$PR_{Real} = PR_{Teorico} * Fch \rightarrow (días)$$

$$PR_{teorico} = \frac{V}{Qa} \rightarrow (días)$$

Donde:

V = Volumen de la laguna en m³.

Qa = Caudal afluente a la laguna en m³/día.

Fch = factor de corrección hidráulica (0.3 a 0.8).

5. Constante de Biodegradabilidad de la DBO a 20°C (K₂₀°C)

Utilizando los modelos en equilibrio continuo uno de los principales problemas ha sido escoger una la más adecuada para constante de reacción global (K) los valores reportados por varios investigadores para este constante, varían ampliamente desde 0.1 hasta valores por encima de 2. En general la tendencia ha sido mayores valores de K para menores periodos de retención.

Investigaciones realizadas en san Juan, Lima, Perú han servido para desarrollar la correlación (K) versus periodo de retención (PR) para lagunas primarias y secundarias los datos de la constante (K) han sido procesados según la fórmula:

$$K = \frac{PR}{(A + B * PR)}$$

De un estudio de regresión efectuado en la mencionada investigación se obtuvieron datos estadísticos de A = - 14.77 y B = 4.46 para todas las observaciones dentro de los límites de confianza del 96% y con un coeficiente de correlación de 0.916 lo cual es estadísticamente significativo sustituyendo estos valores en la siguiente ecuación obtenemos:

$$K_{20}^{\circ C} = \frac{PR}{(-14.77 + 4.46 * PR)} \rightarrow (d^{-1})$$

El uso de la correlación anterior es recomendado para períodos de retención de 8 o más días.

6. Constante de Biodegradabilidad de la DBO a la temperatura (Kt) del Agua

La dependencia de la temperatura en la constante de velocidad de la reacción biológica (Kt) es muy importante al momento de valorar la eficiencia total de un proceso de tratamiento biológico. La temperatura no sólo influye en las actividades metabólicas de la población microbológica sino que tiene un profundo efecto en los factores tales como las tasas de transferencias de gases y características de sedimentación de los sólidos biológicos. El efecto de la temperatura sobre la velocidad de reacción de un proceso biológico se expresa de la siguiente forma

$$K_t = K_{20} \theta^{(t-20)}$$

Donde:

$K_{20}^{\circ}\text{C}$ = velocidad de reacción a 20°C

θ = Coeficiente actividad-temperatura (1.085) para degradaciones de DBO

t = Temperatura a que funcionan las lagunas primarias y secundarias.

7. Factor de dispersión en Lagunas de Estabilización (d)

Según **GUEVARA, V. (1996)**, Indica que del factor de dispersión depende la eficiencia de remoción de coliformes fecales, tal factor en investigaciones a escala de campo se determina con trazadores, dependiendo en función de varianza y retención promedio; el factor de dispersión varía desde cero (0) en el caso de un reactor con flujo en pistón hasta infinito (∞) para un reactor de mezcla completa. Aunque este intervalo es teóricamente desorbitante los estudios efectuados indican que su margen de variación es estrecho; en lagunas de estabilización este varía de 0.2 a 4.

Para la determinación del factor de dispersión, éste se obtuvo en base a un estudio exclusivo de datos de 24 pruebas de trazadores, a escala completa válidas por un alto porcentaje de recuperación del trazador. Los factores de dispersión han sido agrupados para las diferentes lagunas, según la respectiva relación largo/ancho (L / B) y se desarrolló la siguiente correlación con un significativo coeficiente de relación de 0.99954. (Para profundidades de 0.5 a 1.50m. y cargas de 100 a 300kg de DBO/Ha/día).

$$d = \frac{L / B}{(-0.26118 + 0.25392 * (L / B) + 1.01368 * (L / B)^2)}$$

El uso de la correlación de la carga removida para lagunas primarias, ofrece las mejores ventajas de uso, como son la simplicidad y dependencia solamente de una variable.

2.9.2 MODELOS PARA DETERMINAR EFICIENCIA DE REMOCION DE DBO

1. Metodología del Cepis Para Determinar la Materia Orgánica Removida

El empleo de la metodología del CEPIS para la determinación de la cantidad de materia orgánica removida es recomendable a falta de mejores herramientas. El cálculo de cargas removidas considera pérdidas por infiltración, En evaluaciones realizadas en San Juan Lima, Perú mediante el procedimiento de datos se obtuvieron las siguientes correlaciones:

Carga removida para lagunas primarias está dada por:

$$C_{sr} = 7.67 + 0.8063 * C_{sa} \rightarrow (Kg.DBO_5 / Has.día)$$

Donde:

C_{sa} = Carga superficial aplicada (kg. DBO5 / Has.día).

C_{sr} = DBO removido (kg. DBO5 / Has.día)

2. Modelo en Equilibrio Continuo y Mezcla Completa Para la Remoción de la Materia Orgánica

La formulación principal para reducción de compuestos orgánicos fue propuesta por Marais y Shaw; y está basado en un balance de material, asumiendo reacción de primer orden y mezcla completa. La solución en estado de equilibrio continuo es:

$$S = \frac{S_a}{(1 + K_t * PR)} \rightarrow (mg / lts)$$

Donde:

S_a = DBO5 total del afluente (mg/lit)

S = DBO5 soluble del afluente (mg/lit)

K_t = Constante de biodegradabilidad o tasa neta de asimilación de DBO a la temperatura del desecho d^{-1}

PR = Periodos de retención (Días)

2.9.3 MODELOS PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DE REMOCION DE COLIFORMES FECALES

1. Tasa de Mortalidad Neta de Coliformes Fecales (K_b)

Según **SAENZ, FR (1985)**, La tasa de mortalidad de coliformes fecales es aplicable también para salmonellas, establecidas para una velocidad de reacción de $200 d^{-1}$, con un promedio aceptable de $0.84d^{-1}$ en lagunas facultativas. Para las condiciones del Perú se ha asumido un factor de dependencia de temperatura. La corrección de temperatura es:

$$K_b = 0.84 * 1.07^{(t-20)} \rightarrow (d^{-1})$$

Donde:

t =Temperatura del agua de desecho ($^{\circ}C$)

2. Modelo de Marais – Shaw (Mezcla Completa) Para Reducción de Coliformes

Marais desarrollo tasas globales de mortalidad de coliforme fecal a través de determinaciones en afluente y efluente bajo la suposición de mezcla completa. Estos valores variaron de 0.3 a 8 con un promedio de 2 d⁻¹ bajo estas suposiciones se propuso la siguiente fórmula:

$$N = \frac{N_o}{(1 + K_b * PR)} \rightarrow (NMP/100ml)$$

$$Eficiencia = \frac{N_o - N}{N_o} * 100 \rightarrow (NMP/100ml)$$

Donde:

No = Conteos de Coliformes fecales en el afluente (NMP/100ml)

N = Conteos de Coliformes fecales en el efluente (NMP/100ml)

K_b = Tasa de mortalidad de coniformes (d⁻¹)

PR = Periodos de retención por módulos (Días)

3. Modelo de Werhner y Wilhelm (Flujo disperso para reducción de bacterias)

Según **SAENZ, FR (1992)**, Indica que la aplicación de este modelo es correcta para describir la reducción de bacterias en una laguna de estabilización, en donde la población microbiana está directamente asociada con el líquido.

En una evaluación intensiva donde las lagunas no se ajustan a sub-modelos hidráulicos de flujo de tipo pistón o de mezcla completa, la evaluación debe efectuarse con la ayuda de modelos más complicados, el modelo de dispersión axial es el más empleado, porque en sus límites cubre los dos anteriores y tiene aplicabilidad para la descripción real de la reducción de bacterias. La inclusión de las características de dispersión en las ecuaciones de diseño predicen mejores resultados porque ésta da razón de los fenómenos hidráulicos que ocurren en las lagunas; forma del estanque, velocidad de flujo, corto circuito y dispositivos de

entrada y salida. Sin embargo, el uso del modelo de flujo disperso no da razón de la existencia de zonas muertas o estancadas las cuales reducen el volumen efectivo. La siguiente relación permite interpretar adecuadamente los datos para reducción bacteriana de una evaluación intensiva de campo de una laguna funcionando en equilibrio continuo.

$$N = \frac{N_0 * (4ae^{(1/2d)})}{((1+a)^2 * e^{a/2d} - (1-a)^2 * e^{-a/2d})} \rightarrow NMP / 100ml$$

$$a = (1 + 4 * K_b * d * PR)^{1/2} \rightarrow (A \text{ dim ensional})$$

Donde:

N_0 = Conteos de coliformes fecales en el afluente. NMP/100ml

N = Conteos de coliformes fecales en el efluente. NMP/100ml.

A = Constante del modelo, expresada por correlación

e = Exponencial.

D = Factor de dispersión. Correlación

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 ASPECTOS GENERALES

3.1.1 Ubicación Del Área De Estudio

El área de estudio se encuentra en la Provincia de Azángaro, forma parte de la cordillera oriental, se encuentra ubicada en la zona nor-central del departamento de Puno, cuya capital es la ciudad de Azángaro.

1) Ubicación Geográfica

Está localizada entre las coordenadas geográficas:

Latitud Sur	:	14°54'24"
Longitud Oeste	:	70°11'36"
Altitud	:	3,559 msnm.

Del Meridiano de Greenwich, ubicada en el eje principal de la vía transoceánica.

La provincia de Azángaro está conformada por quince distritos, siendo una de ellas el Distrito de Azángaro. Tiene una extensión territorial de 4,970.01 km², una densidad poblacional de 27.47 hab./km²

2) Ubicación política

Región	:	Puno
Departamento	:	Puno
Provincia	:	Azángaro
Distrito	:	Azángaro

3) Limites

El distrito de Azángaro geográficamente colinda por él:

Norte	:	Provincia de Carabaya
Sur	:	Provincia de San Román

Este : Provincia de Huancané y san Antonio de Putina
Oeste : Provincia de Melgar y Lampa.

3.1.2 Características Generales Del Ámbito De Estudio

Este conocimiento se logra a través de un Diagnóstico Integral cuya precisión depende del conocimiento de las características del ámbito de estudio.

Clima y Temperatura

Tiene una temperatura media anual de 8°C, humedad relativa media anual de 49,5%, Precipitación pluvial media anual de 687,9 mm y nubosidad media anual de 4,8 octavos.

Es característico de la Sierra, completamente variado, frío desde los 3 800 msnm tibio en la quebrada. Los vientos dominantes son los alisios, lluvias torrenciales acompañadas de granizo, nieve y descargas eléctricas. Se distinguen dos estaciones perfectamente marcadas, una lluviosa y templada, de octubre a marzo y la otra seca e invernal de abril a setiembre, caracterizadas por un sol radiante durante las primeras horas del día y por heladas penetrantes por la noche.

Geomorfología

En la provincia de Azángaro el relieve es relativamente accidentado, con llanuras de pendientes suaves. Por la parte norte de la altiplanicie del lago Titicaca la superficie es relativamente plana. Allí, entre los 3,812 msnm y los 3,850 msnm, se ubican los distritos de Chupa, Arapa, Samán, Caminaca y Achaya y es allí, también, donde están la mayoría de las infraestructuras viales, de riego y electrificación. Las superficies relativamente planas pero con llanuras de ligeras ondulaciones y/o pendientes suaves están atravesadas por corridas de aguas como los ríos Pucará y Azángaro.

Población

En términos de población, la provincia de Azángaro es la tercera de las trece del departamento de Puno, con el 12.6% del total departamental. Según el Censo de Población y Vivienda del INEI de 2007, cuenta con una población total de 136,829 habitantes, tal como se aprecia en la tabla.

El más poblado de los distritos es Azángaro, con un total de 27,823 habitantes y una densidad de 41.99 hab./km², que representa el 21.68% del total provincial. Asimismo la localidad de Azángaro cuenta con 16,305 habitantes, según censo 2007.

Cuadro N°08
Características De La Población Distrital De Azángaro

VARIABLE/INDICADOR	Provincia AZANGARO		Distrito AZANGARO		Localidad de Azángaro (capital)
	Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%	
POBLACION		-		-	
Población censada	136,829	100	27,823	100	16,035
Hombres	66,613	48.7	13,582	48.8	-
Mujeres	70,216	51.3	14,241	51.2	-

Fuente INEI 2007

3.1.3 Descripción Del Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales De La Ciudad De Azángaro

El sistema de tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de Azángaro, consta de dos Lagunas de Estabilización Tipo Facultativas orientadas en paralelo cuyo fin ha sido mejorar la calidad del agua residual proveniente del alcantarillado sanitario. Así también cuenta con un cerco perimétrico de púas que impide el fácil acceso a personas no autorizadas.

La planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Azángaro está ubicada a 1km. De la ciudad y a 700m del margen derecho del río Azángaro.

El sistema de tratamiento cuenta con los siguientes componentes:

- **Estructura de Llegada – Cámara de rejas.-** Las aguas residuales llegan a la planta de tratamiento por medio de un emisor de aproximadamente unos

300m con pilares de concreto armado de 1 a 2.50m de altura, como soportes de la de 200 mm. Se tiene una cámara de rejas de concreto de forma rectangular con dos canales, cuenta con criba, los que se encuentran espaciados a 0.05 m. entre elementos, la reja hace un ángulo de 45 grados con respecto a la horizontal.

- **Desarenador.-** seguidamente de la cámara de rejas se encuentra un desarenador, el cual cuenta con dos canales que permiten la remoción de arenas antes de la descarga a las lagunas facultativas.

- **Medidores de caudal.-** seguidamente del desarenador existe un canal en forma rectangular de 0.35m de ancho y 0.80m de alto, donde se puede medir el caudal antes del ingreso a la caja repartidora de caudal, que distribuye por igual el caudal para las lagunas.

- **lagunas de estabilización:**

Las lagunas de estabilización son de tipo facultativo primario, con dimensiones de 140m de largo y 90m de ancho, con una altura útil de 1.5m, su efluente es descargado al rio Azángaro. Estas lagunas se comunican entre si mediante una estructura de paso para la etapa de mantenimiento de las unidades. Las dos lagunas presentan un dique de separación de sección trapezoidal y en la corona, un área transitable para la inspección de dichas unidades, permitiendo el tránsito por los laterales de las lagunas.

- **Tubería de interconexión.-** Las tuberías de interconexión están instaladas dentro de una estructura rectangular en forma de canaletas, en donde pasan tuberías de PVC de 200 mm de diámetro.

- **Estructura de salida.-** Cada laguna cuenta con una estructura de salida de forma rectangular donde se encuentra un vertedero rectangular está instalado antes de la tubería de salida.

- **Cámara de recolección.-** El vertedero rectangular descarga las aguas mediante tuberías de salida que son de material PVC de 200 mm de diámetro. A una cámara de recolección de caudales, a partir de esta estructura se conduce las aguas de descarga de ambas lagunas para su disposición final en el cuerpo receptor que es el río Azángaro.
- **Cerco perimétrico.-** la planta de tratamiento cuenta con un cerco perimétrico de alambre de púas, el cual impide el fácil acceso de personas no autorizadas.

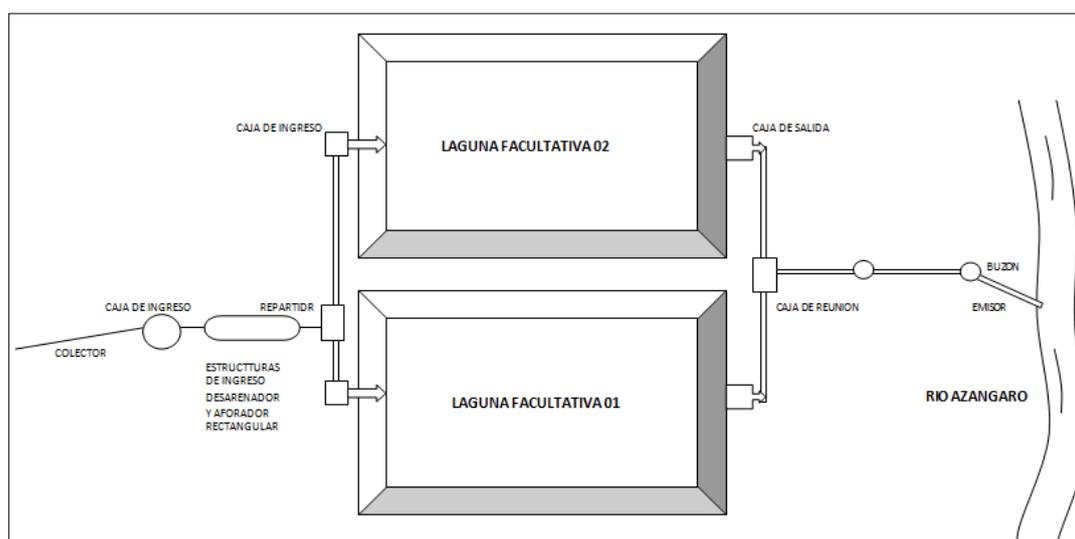


Figura N° 05: Esquema de la PTAR de la Ciudad de Azángaro

Fuente: elaboración propia

3.1.4 Materiales y Equipos Utilizados en Gabinete y Campo

Materiales utilizados en gabinete:

- ✓ Laptop core I5. Toshiba
- ✓ Memoria USB hp 8g.
- ✓ Impresora hp.
- ✓ Software (Word, excel. Autocad 2010)

Materiales utilizados en Campo:

- ✓ pHmetro y Termómetro Portátil
- ✓ Medidor multiparametrico: de pH, Temperatura, Oxigeno disuelto, Conductividad Eléctrica y Sólidos Totales Disueltos Portátil Hanna. HI 98312.
- ✓ Wincha de Lona de 50m.
- ✓ Flexometro
- ✓ Recipientes de 1 Litro.
- ✓ Cronometro.
- ✓ GPS. garmin map
- ✓ Guantes Quirúrgicos
- ✓ Correntómetro

3.2 METODOLOGÍA UTILIZADA**3.2.1 DE LA FORMULACIÓN DE LA PROPUESTA METODOLOGÍA****Primera etapa**

Esta etapa de la investigación consistió en la recopilación de información teórica y conceptual de trabajos y prácticas realizadas en la región, país y el extranjero. Respecto a la evaluación de sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante lagunas de estabilización. Así mismo se recopiló información sobre Diseño Metodológico, estrategias y procedimientos de evaluación.

Segunda etapa

Con este banco de información se planteó una metodología para la evaluación de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas mediante lagunas de estabilización, utilizando un **diseño metodológico** y la estrategia de validez metodológica llamada **triangulación**.

DISEÑO METODOLOGICO

También denominado “material y métodos” o “procedimientos”

El diseño metodológico es la descripción de cómo se va a realizar la investigación, o también;

- La estrategia utilizada para comprobar una hipótesis o un grupo de hipótesis.
- La determinación de las estrategias y procedimientos que servirán para dar respuesta al problema y comprobar hipótesis.
- El plan de acción del investigador para alcanzar los objetivos del mismo.

Elementos de diseño metodológico: el tipo de estudio, área de estudio, universo y muestra, métodos e instrumentos de recolección de datos, tabulación y análisis de los datos y procedimientos.

Existen dos tipos de métodos, el método cualitativo y el método cuantitativo

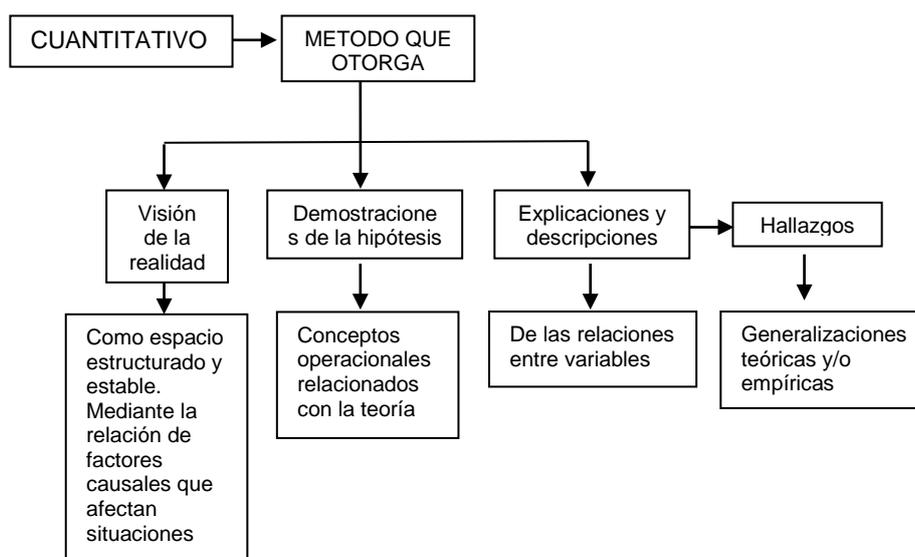
Método cualitativo: es el conjunto de operaciones, estrategias y tácticas que el investigador realiza ante y con el fenómeno, es la iteración con el conjunto social

Método cuantitativo: propicia la medición de lo observado, mediante estadísticas, relación entre variables y predicciones de las conclusiones establecidas.

TRIANGULACION

La triangulación es una estrategia para mayor validez metodológica y teórica en la investigación, la triangulación es la combinación de métodos, fuentes, investigadores y teorías para mejorar los diseños.

- 1) De información.- Uso de diferentes instrumentos para obtener una misma información.
- 2) De investigadores.- Uso de varios investigadores para recabar la misma información.
- 3) De teorías.- Uso de múltiples perspectivas para la interpretación de una información.
- 4) De métodos.- Uso de dos o más métodos o técnicas diferentes para recolectar información sobre un mismo problema.

MÉTODO CUANTITATIVO**Tercera etapa**

Se determinó el tipo de método de acuerdo al tipo de estudio que es el esquema o marco estratégico que le da coherencia, secuencia y sentido práctico a todas las actividades que se emprenden para buscar respuesta al problema y objetivos planteados. Así también se clasificó nuestra investigación teniendo como resultado una INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA (**prospectivo longitudinal analítico**)

Prospectivo: Según el tiempo de ocurrencia de los hechos y registros de la información (la información se registra según van ocurriendo los fenómenos)

Longitudinal: Según periodo y secuencia de estudio (estudia una o más variables a lo largo de un periodo, que varía según el problema investigado y las características de la variable que se estudia. El tiempo si es importante puesto que las variables serán medidas en un periodo dado o porque el tiempo es determinante en la relación causa efecto.)

Analítico: Según el análisis y alcance de los resultados

3.2.2 DE LA APLICACIÓN DE LA PROPUESTA METODOLOGICA

La metodología utilizada para realizar la evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas de la ciudad de Azángaro se basa en la metodología planteada en la etapa inicial, siguiendo los siguientes pasos:

IDENTIFICACIÓN

Ubicación y Descripción del Sistema

Esta fase consistió en la recopilación de información acerca de la ubicación del sistema, condiciones físicas y climáticas del ámbito donde se encuentra operando la planta de tratamiento de aguas residuales, así también se buscó información, en la municipalidad distrital de Azángaro, sobre el diseño inicial del sistema con el cual fue construido.

DIAGNOSTICO

Esta fase consistió en realizar el reconocimiento de campo de trabajo, también se procedió a realizar la evaluación sobre la situación actual del sistema teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Características del agua residual.
- Población servida.
- Operación y mantenimiento
- Impactos causados

REGISTRO HISTORICO Y EVALUACION DE DATOS EN CAMPO

Esta fase consistió en definir los puntos de muestreo, frecuencia y tipo de muestreo y recojo de datos y muestras sobre las características generales de la laguna, parámetros operacionales y parámetros de monitoreo, estos datos fueron tomados con ayuda de hojas de control en donde se anotaron los datos recolectados. Así también se realizó en traslado y preservación de muestras a fin de llevarlas a laboratorio.

Puntos de muestreo: se tuvieron dos puntos de muestreo en todo el sistema:

- ✓ **Punto de muestreo uno**, ubicado en el ingreso al sistema (afluente).

- ✓ **Punto de muestreo dos**, ubicado en la salida del sistema (efluente).

Frecuencia de muestreo: Se tuvieron diferentes frecuencias de muestreo de acuerdo a los parámetros:

- ✓ **Características generales**, entre estos (olor, color, apariencia, natas, estado de diques), las frecuencia de muestreo para este caso fue a un nivel de control medio (semanal), por un periodo de tres semanas consecutivas, con la ayuda de hojas de control elaboradas (ver anexo 06)
- ✓ **Parámetros operacionales**, entre estos (caudal, pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica), la frecuencia de muestreo para estos parámetros fue de un nivel de control avanzado (diario), por un tiempo de 05 días, iniciando con la toma de muestras de 6:00 am. y finalizando a las 5:00 pm. Los días 26, 27, 28, 29 y 30 del mes de noviembre del año 2012. (ver anexo 02).
- ✓ **Parámetros de monitoreo**, entre estos (DBO5, DQO, sólidos totales en suspensión, aceites y grasas, coliformes totales, fecales), la frecuencia de muestreo para estos parámetros se realizó a un nivel de control avanzado (semanal), por un periodo de tres semanas consecutivas, (ver anexo 02).

Toma, preservación y traslado de muestras: estas actividades se realizaron de la siguiente manera

- ✓ Toma de muestras, esta se realizó en los puntos y frecuencias de muestreo establecidas anteriormente, en embases de vidrio de 1lt.
- ✓ Preservación y traslado de muestras, Las muestras que se recogieron se llevaron posteriormente al laboratorio con sus respectivas etiquetas, en un intervalo de tiempo menor a 24 horas de acuerdo a las normas que establecen para el análisis físico, químico y bacteriológico, en las que se consideran como parámetros representativos para la determinación de la calidad de los efluentes.

PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE PARAMETROS

En esta fase se procedió a realizar el análisis y procesamiento de los datos obtenidos tanto de las mediciones como también de los parámetros obtenidos in-situ y de laboratorio. También se realizó la interpretación de resultados, determinando:

- ✓ **Procesamiento estadístico de datos**, se determinó variaciones en el tiempo, así también promedios, valores máximos y mínimos. (ver anexo 02)
- ✓ **El comportamiento hidráulico**, se determinó en comportamiento hidráulico en base a las características, extensión superficial propia de las lagunas, aporte, distribución y variación del caudal, determinando el balance hidráulico en el sistema de lagunas y los tiempos de retención de cada laguna.
- ✓ **Calidad física-química y bacteriológica del agua residual**, esta se determinó realizando un análisis en base a los resultados realizados en campo y de laboratorio de los parámetros evaluados.
- ✓ **Eficiencia del sistema de tratamiento**, se determinó la eficiencia de tratamiento en base a los valores de entrada y salida del sistema en base a los resultados obtenidos del análisis de parámetros de monitoreo en laboratorio. También se determinó:
 - La eficiencia de remoción de DBO₅**, mediante dos métodos (ver anexo 03)
 - La eficiencia de remoción de coliformes fecales**, mediante dos métodos (ver anexo 03)

EVALUACION DE RESULTADOS

En esta fase se procedió a realizar la evaluación de resultados, dirigida a la medición de la calidad del efluente y un análisis de los parámetros de control de acuerdo a las normas vigentes.

- ✓ Se realizó la comparación de parámetros evaluados con los límites máximos permisibles establecidos por el MINAM, en el decreto supremo N° 003 – 2010, los cuales deben cumplir para ser descargados a cuerpos receptores sin generar contaminación.
- ✓ Se identificaron las causas del problema y se definieron alternativas de solución. Que ayuden a mejorar el tratamiento de las aguas residuales domesticas de la ciudad de Azángaro y con ello mejorar la calidad del efluente.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

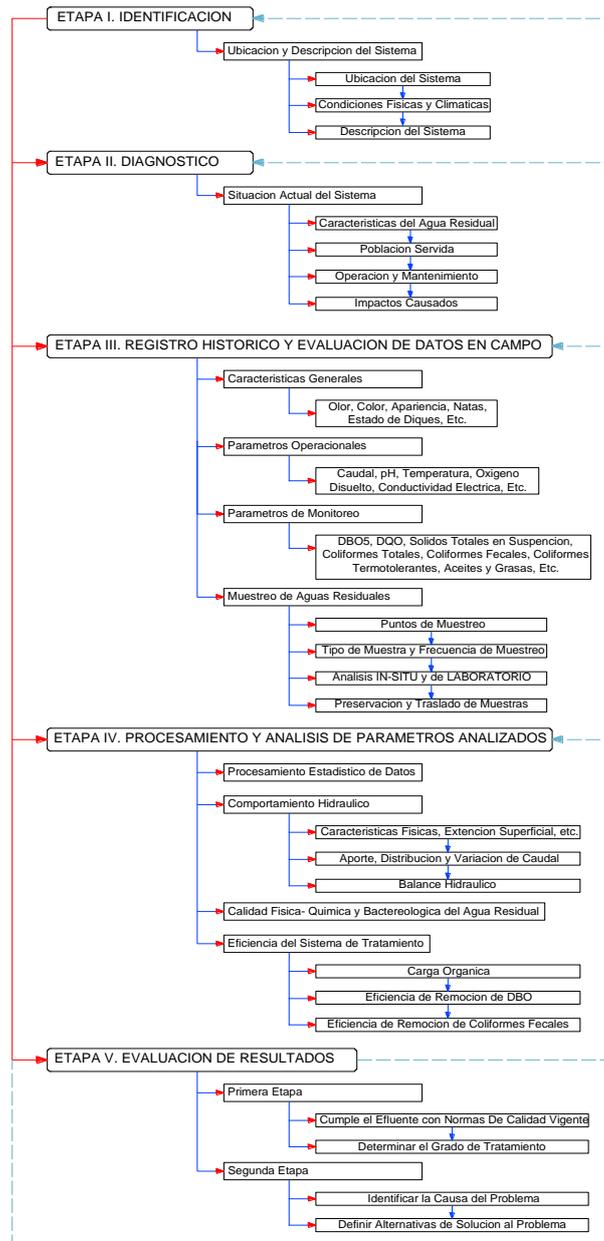
4.1 PROPUESTA METODOLOGICA PARA LA EVALUACION DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION

Para la formulación de una metodología de evaluación de lagunas de estabilización se utilizó un **diseño metodológico** y la estrategia de validez metodológica llamada **triangulación**, para lo cual se recoge información de estudios pasados de evaluación, combinados y adaptados. Tomando en cuenta estos instrumentos y concepciones, con nuevas experiencias en los últimos años, se propone la metodología que se sintetiza en el Diagrama. N° 01

DIAGRAMA N° 01

METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION

METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LAGUNAS DE ESTABILIZACION



4.1.1 OBJETIVOS

- Realizar la evaluación de una planta de tratamiento de aguas residuales mediante lagunas de estabilización.
- Realizar un número de mediciones y análisis con el propósito de prevenir, mantener, corregir, mejorar y optimizar los procesos individuales y todo el sistema
- Determinar si los parámetros de funcionamiento están en un rango adecuado y cumplen con los parámetros de control requeridos por normas vigentes.

4.1.2 IDENTIFICACION

4.1.2.1 Ubicación Y Descripción Del Sistema De Tratamiento

Para evaluar un sistema de tratamiento de aguas servidas, basado en lagunas de estabilización, necesita que se conozca en detalle el sistema, esto implica iniciar el estudio con la recolección de información y se recomienda seguir los siguientes pasos que incluyen diferentes actividades y análisis:

4.1.2.1.1 Ubicación De La PTAR

Localización: latitud, longitud, altitud; descripción geográfica; ciudad servida; datos de población, del clima, etc.

4.1.2.1.2 Condiciones Físicas Y Climáticas Donde Está Ubicado El Sistema De Tratamiento

Aquí se debe recabar información de la temperatura tanto del agua como del ambiente, sobre la precipitación, radiación solar, infiltración, evaporación, etc.

4.1.2.1.3 Descripción De Sistema

Se debe describir el sistema en base al diseño con el cual fue construido, población beneficiaria, para luego hacer una comparación con la evaluación de cómo está funcionando actualmente el sistema. Así también se debe especificar:

SISTEMA DE LAGUNAS: numero de lagunas, como trabaja en serie o paralelo, unión entre lagunas, equipo de recirculación; tipo de laguna (anaerobia, facultativa, aerobia, de acabado, aireada); pretratamiento; medición del flujo; postratamiento; destino final del efluente, descarga a guas superficiales, recarga de acuíferos, irrigación de cultivos, estanques piscícolas, etc.

LAGUNAS INDIVIDUALES: Dimensiones, área, profundidad del agua; borde libre; pendiente, impermeabilización; diques de protección, evaluar si tienen erosión; estructura de entrada y salida; gastos y cargas orgánicas de diseño, flujos, cargas actuales, tendencias; datos existentes sobre la calidad del afluente y efluente; mapas de localización y esquemas de arreglo.

SISTEMA DE BOMBEO: numero de bombas, características; caseta de bombeo, tablero eléctrico.

4.1.3 DIAGNOSTICO

4.1.3.1 SITUACION ACTUAL

Antes de emprender cualquier viaje al futuro es importante determinar con precisión su realidad actual. Como propósito de determinar su situación real, sus dimensiones relevantes, así mismo conocer sus problemas, causas y efectos de funcionamiento de la planta de tratamiento.

4.1.3.1.1 Características del agua residual

Debe verificarse que las descargas municipales no tenga más del 20% de efluentes industriales, pues estos pudieran tener en su composición sustancias que pudieran producir inhibiciones significativas en la eficiencia del tratamiento.

4.1.3.1.2 Población servida

Es el número de usuarios a la que se presta el servicio, estos datos permitirán analizar si el sistema de tratamiento está en la capacidad de estabilizar las descargas producidas en la comunidad, se deben comparar los datos de población utilizadas en el diseño de las lagunas, con los datos de la población actual de la comunidad, es decir determinar la población servida y realizar el cálculo de las descargas y consumo producido, para ello se tiene que buscar datos de población en los censos de población, si no es suficiente o no se consigue datos de población en las estadísticas, se debe complementar la información con encuestas a la población, con ayuda de los operadores o de la propia comunidad; debe estimarse la población que está conectada al sistema de cloacas (es importante tener en claro que sectores de la población actual están conectados al sistema) y saber el volumen de agua o caudal que va al sistema de tratamiento, además se debe estimar cual sería el volumen de potencial que podría incrementarse y compararlos con los datos de diseño del sistema.

4.1.3.1.3 Operación y mantenimiento

Este tipo de información puede ser muy escasa o que no se consiga, lo cual implicaría que se tenga que realizar visitas de campo y reconocimiento al lugar donde se encuentra la o las lagunas, con la finalidad de entrevistar al operador del sistema, cuando lo tiene, o en su defecto tratar de hacer una apreciación personal de la situación.

Se debe tener en cuenta por lo general solamente los sistemas de tratamiento de ciudades con alta población pudieran tener operador, un pequeño laboratorio, etc.

4.1.3.1.4 Impactos Causados

Se debe recabar información sobre los impactos causados por el sistema de lagunas de estabilización. Impactos como:

- Malos olores
- Consecuencias causadas por el lugar de descarga del afluente, etc.

4.1.4 REGISTRO HISTORICO Y EVALUACION DE DATOS EN CAMPO

Evaluar consiste en realizar un número de mediciones y análisis que al compararlos con los parámetros, normas y métodos preestablecidos permiten un control y manejo adecuado del proceso o sistema de tratamiento.

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

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

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

1. EVALUACION DE RUTINA

Los sistemas pueden fallar en un momento determinado o la calidad del efluente deteriorarse, la única forma de conocer las causas del problema e indicar que acción inmediata son requeridas, es llevar una rutina de monitoreo y un programa de evaluación para poder verificar la calidad real del efluente que sale. Esta evaluación va dirigida a la medición de la calidad del efluente y un análisis de los parámetros de control con el propósito de mejorar los procesos de tratamiento que se realizan en las lagunas de estabilización; es decir esta evaluación lo que busca es mejorar su funcionamiento, el cual debe basarse en un diagnóstico, en el registro histórico de los datos de campo, en la frecuencia de muestreo, en el resultado de los parámetros analizados, en el análisis y evaluación de resultados.

El propósito de estas evaluaciones es realizar un número determinado de mediciones y análisis que permitan un control y manejo adecuado de los procesos de tratamiento por lagunas de estabilización. Dentro de este propósito, los criterios de selección de los tipos de determinaciones están dirigidos a la medición de la calidad de efluente y parámetros de control.

Las lagunas de estabilización, tanto en el número de de observaciones como su frecuencia son variables y dependen de factores como: tamaño de la instalación, personal disponible, capacidad de laboratorio, recursos económicos, etc.

Desde el punto de vista de investigación, las evaluaciones de rutina tienen valor en el desarrollo a largo plazo de criterios de diseño como carga orgánica, eficiencia remocional, influencia de los cambios estacionales, etc. La interpretación de estos datos se realiza normalmente a través de correlaciones empíricas.

4.1.4.1 CARACTERISTICAS GENERALES

4.1.4.1.1 Observaciones básicas

Se debe realizar las observaciones básicas tanto ambientales como propias de la laguna:

Observaciones ambientales

- Viento y nubosidad
- Evaporación

Observaciones propias de laguna

- Apariencia y Color
- Natas y lodos
- Olor
- Vegetación en diques
- Vegetación en lagunas

- Estado de diques
- Espesor de lodos, etc.

4.1.4.1.2 Profundidad De Lodos

La profundidad de la capa de lodos en la laguna anaerobia y la facultativa primaria se mide por medio de la "Prueba De La Toalla Blanca", el cual consiste en enrollar una toalla blanca a lo largo de un tercio de un palo o tubo de PVC (las dimensiones del palo o tubo no son importantes, pero debe ser rígido y más grande que la profundidad de la laguna), se introduce en la laguna el palo o tubo, por el lado de la toalla y conservando la verticalidad, hasta que alcance el fondo de la laguna; después se retira con cuidado. La profundidad de la capa de lodos corresponderá a la parte más oscura, la zona de interface lodos-liquido a la parte un poco más clara. La profundidad de lodo debe medirse en cinco puntos de la laguna, lejos de los taludes, calculándose después la profundidad media.

Las lagunas deben dragarse cuando un tercio de su volumen está ocupado por lodos, esto ocurre cada n años:

$$n = \frac{V}{3 Ps}$$

Donde:

V = volumen de la laguna, m^3 .

P = Población servida, hab.

S = Tasa de acumulación de lodos, $m^3/\text{habitante año}$.

El valor de diseño de s es de $0.04 m^3/\text{habitante año}$. Para temperaturas arriba de $20^\circ C$ y una aportación de DBO de $40\text{gr}/\text{hab.dia}$. el dragado debe realizarse cada año.

4.1.4.2 PARAMETROS OPERACIONALES

Estos parámetros son netamente operacionales del sistema:

- pH
- Oxígeno disuelto
- Conductividad eléctrica
- Temperatura (aire y agua)
- Caudales (afluente y efluente).

4.1.4.2.1 Medición o aforo del caudal. Debe tratarse de ser lo más preciso en la medición del caudal, pues esta información sirve, para constituir las mezclas compuestas, así mismo para analizar el periodo de retención hidráulico y las cargas orgánicas que llegan a las lagunas.

Su valor se ve grandemente influenciado por la precipitación, debido a que muchas de los domicilios vierten sus aguas pluviales al alcantarillado sanitario o por infiltración de las mismas, por lo tanto también varía entre la estación seca y la estación lluviosa. Para medir los caudales existen varios métodos:

- **Método de sección y velocidad.** El cual se basa en la estimación de la sección transversal del canal y de la medición de la velocidad de la corriente; para medir la velocidad se puede utilizar moliente o un flotador. Consiste en un objeto flotante, que permita conocer el tiempo que tarda un objeto en recorrer una distancia conocida.

La ecuación fundamental de caudal es:

$$Q = A \times V$$

Q = caudal

A = sección transversal constante perpendicular a la dirección del flujo

V = velocidad del líquido en la sección trasversal.

- **Método del vertedero.** Es una estructura hidráulica que permite estimar el caudal que circula por un canal, midiendo la altura o carga de agua y ancho del canal.

* **Vertedero Rectangular**

$$Q = C_d \frac{2}{3} b (2g)^{1/2} H^{3/2}$$

Donde:

Q = caudal de escurrimiento, en m³/s;

C_d = coeficiente de descarga, adimensional;

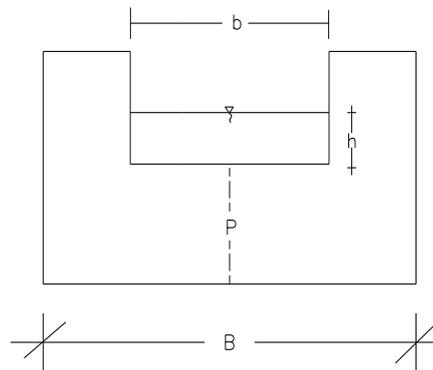
b = ancho del vertedero, en m;

g = aceleración de la gravedad, en m/s²;

H = carga o altura de la lamina de agua, en m.

La ecuación anterior puede simplificarse para la formula empírica de Francis, calculando el coeficiente medio de descarga, C_d y la aceleración de la gravedad, g = 9.81m/s²

Calculamos el coeficiente de descarga:



$$C_d = 0.392 + 0.050 \left(\frac{h}{p} + 0.2 \right) * \left(\frac{b}{B} \right)^{5/2}$$

Donde:

h = Carga en la sección de medición;

p = Altura del nivel del suelo, hacia la base del vertedero;

b = Ancho del espejo de agua;

B = Ancho total del vertedero rectangular.

* **Vertedero Triangular**

$$Q = C_d \frac{8}{15} \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} (2g)^{1/2} H^{5/2}$$

Donde:

Q = caudal de escurrimiento, en m³/s;

C_d = coeficiente de descarga, adimensional;

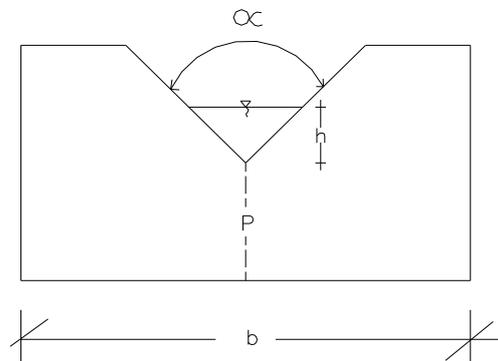
g = aceleración de la gravedad, en m/s²;

H = carga o altura de la lamina de agua, en m.

θ = ángulo de abertura del vertedero, en grados.

De los vertederos triangulares de pared delgada, La ecuación puede simplificarse para la formula empírica de Francis, calculando el coeficiente medio de descarga, C_d y considerando la aceleración de la gravedad, g = 9.81m/s², el ángulo de abertura θ = 90°.

PALACIOS F. S. (16). Calculamos el coeficiente de descarga:



$$C_d = \frac{1}{\sqrt{3}} * \left[1 + \left(\frac{h^2 * \operatorname{tg}(\alpha/2)}{3 * b * (h + p)} \right)^2 \right] * \left[1 + \frac{0.60}{h^{3/2} * \operatorname{tg}(\alpha/2)} \right]$$

Donde:

h = Carga en la sección de medición;

p = Altura del nivel del suelo, hacia la base del vertedero;

α = Angulo de abertura del vertedero en grados.

b = Ancho total del vertedero triangular.

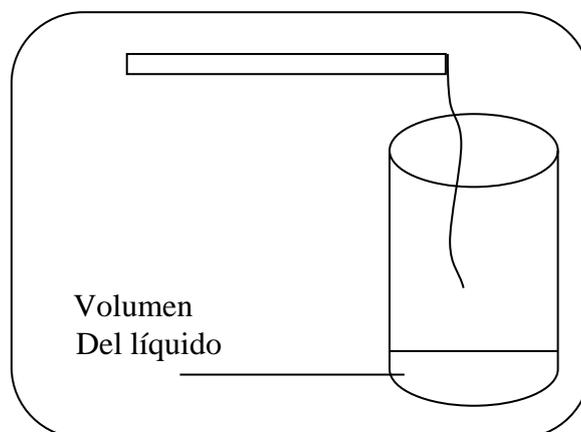
- **Canales parshall.** Se utiliza para medir caudales en canales abiertos, el cual se basa en originar un régimen crítico en el flujo, esto se logra mediante un estrangulamiento adecuado en la sección y en el descenso o sobre elevación del fondo.
- Son estructuras de aforo para canales abiertos, en las cuales se combina la precisión de sistema de vertederos con la eliminación del grave problema de azolve, que generalmente se presenta cuando se conducen líquidos con altas concentraciones de sólidos o partículas suspendidas.

Las canaletas parshall son de amplia aceptación como sistema de medición de caudales debido a las siguientes ventajas:

- ✓ El diseño de la estructura es simple, fácil de construir y de bajo costo.
 - ✓ Su eficiencia de medición no es afectada por las variaciones del gasto.
 - ✓ El problema de sedimentación o azolve aguas arriba de la estructura en el parshall es eliminado debido que el aumento de la velocidad la mantiene libre de obstrucciones.
 - ✓ La pérdida de carga es muy pequeña en comparación con otras estructuras de aforo.
 - ✓ Útil para medir caudales de lodos recirculados del sistema de lodos activados o similares.
- **Método de volumen y tiempo.** Cuando los caudales son pequeños (menos de 5 o 4 l/s.) y si existe un sitio donde las descargas caen por gravedad, el método que se puede utilizar para medir el caudal es el método del tubo y el reloj (**MARNR; 1989b**). se utiliza un envase plástico y se mide el tiempo de llenado del envase con capacidad conocida, con un cronómetro de apreciación de 0.1 segundos.

Se aplica la siguiente relación:

$$Caudal = \frac{\text{Volumen de recipiente (ls.)}}{\text{Tiempo de llenado (s)}}$$



4.1.4.3 PARÁMETROS DE MONITOREO

Los parámetros de calidad que deben ser monitoreados en las descargas de aguas residuales, tienen que guardar relación con los contaminantes potenciales que pueden afectar el cuerpo receptor de estas o el uso de las mismas. Entre estos parámetros tenemos:

DBO, DQO, Sólidos Totales, Nitrógeno, Fosforo, Aceites Y Grasas, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Etc.

4.1.4.4 MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES EN LAGUNAS DE ESTABILIZACION

El conocimiento de las técnicas de muestreo y su correcto uso son fundamentales para que los resultados de los análisis de las aguas, sean representativos de su calidad, por ello debe empezarse estableciendo el programa de muestreo, el cual debe consistir en los siguientes pasos:

4.1.4.4.1 Selección Del Punto De Muestreo

Las muestras de aguas de lagunas, se deben captar en la entrada a la primera laguna, como en la salida de la última laguna respectivamente, en ambos casos será una muestra representativa del afluente y efluente.

Nota: cuando se requiere evaluar individualmente cada una de las lagunas que componen un sistema de tratamiento, las muestras serán tomadas a la entrada y salida de cada laguna, para ello será necesario que exista entre las lagunas una estructura para medir el caudal y tomar las muestras; muchos sistemas no lo tienen.

Por otro lado se recomienda tomar la muestra al centro de la corriente o del canal que conduce las aguas a las lagunas, de preferencia en los sitios donde el flujo sea turbulento a fin de asegurar un buen mezclado.

4.1.4.4.2 Tipo De Muestra Y Frecuencia De Muestreo

Es cuanto al periodo de captación de las muestras de las aguas que llegan al sistema, existen varias formas:

Si existe bombeo del afluente a la laguna (las descargas llegan a una fosa de recepción de allí se bombea a la laguna), se tomara el tiempo promedio de funcionamiento del sistema de bombeo de las aguas servidas de la fosa de almacenamiento a la laguna de oxidación, tomando muestras discretas o simples cada hora a fin de obtener muestras compuestas.

Es oportuno acotar que los sistemas que utilizan bombeo las aguas llegan a una fosa de recepción, de donde son bombeadas (cuando se llenan) a las lagunas, lo cual dificulta evaluar exactamente el efluente que entra a la laguna en cada instante, porque las aguas servidas se mezclan en la fosa.

Cuando las aguas van por gravedad directamente a las lagunas se debe tomar en cuenta las 24 horas del día, en este caso las muestras simples serán cada 1,2 ó 3 horas (dependiendo de la disponibilidad de equipo y recursos) y se aplica el método para las muestras compuestas.

Cuando las aguas servidas no circulan continuamente (por ejemplo una industria o una granja porcina que tiene horas determinadas para su funcionamiento o el lavado de los pisos) se tomara el número de horas y se aplicara el método para las muestras compuestas.

Se debe analizar si los caudales medios en las lagunas representan a todo el efluente producido en el centro poblado, puesto que puede existir un porcentaje de ellos que no entre al sistema o que no llegue.

Existen evidentes diferencias entre los caudales horarios y el promedio, de allí lo importante de diferenciar las muestras instantáneas de las muestras compuestas, pues las variaciones pueden pasar del 100% y los resultados obtenidos depender de la representatividad de la muestra.

Aclaratoria: cuando se va diseñar sistemas de tratamiento de aguas servidas, la programación de muestras y aforos, debería abarcar seis semanas en la estación lluviosa y cinco semanas en la seca, con tres jornadas de aforo por semana, se recomienda captar muestras horarias para preparar las compuestas. Las muestras en invierno sirven para presenciar el escurrimiento de los gastos debido a los malos empotramientos y correlacionar las mediciones de los gastos con la precipitación caída, en cambio en verano permite determinar la carga poluente neta debido a la población y sus actividades. Otro criterio técnico, es que se tomen muestras en las estaciones más favorables y menos favorables de año, cuando el funcionamiento de la laguna sea el mejor y el peor, lo cual significa tomar muestras en los meses más cálidos y más fríos del año.

A. Muestras simples o individuales.

Se pueden tomar muestras diurnas, nocturnas y de fines de semana si fuese necesario, además en todos los periodos variables previamente identificados. Si el líquido presenta una alta variabilidad, se deben tomar muestras cada 1, 2, ó 3, horas de acuerdo a la frecuencia establecida, (en algunos casos puede ser menor que 1

hora), para poca variabilidad se pueden tomar muestras cada 4, 6 ó 8 horas; el volumen mínimo de la muestra individual es de 120 ml.

Las muestras simples son aquella que se captan independientemente del caudal y el tiempo, son importantes porque permiten obtener las características mínimas y máximas del líquido residual.

B. Muestras compuestas.

Resulta de mezclar las muestras individuales en un solo depósito, según se vayan tomando. Se recomienda que las muestras individuales se combinen en volúmenes proporcionales al volumen del gasto; si las fluctuaciones del caudal son poco significativas las muestras se conforman a volúmenes constantes; el volumen final puede ser de 2 a 5 litros.

Este tipo de muestras permiten una mayor representatividad de las características del líquido, neutralizando sus posibles fluctuaciones.

Si hay que agregar preservativos, se realizara al tomar la muestra inicial, para que todas las porciones de la muestra compuesta se preserven en cuanto se tomen.

Ejemplo de muestra compuesta. Sean las siguientes determinaciones.

HORA	CAUDAL (l/s)
8 am.	3.00
9 am.	2.50
10 am.	4.10
11 am.	3.70
12 pm.	2.80
1 pm.	4.00
2 pm.	3.90
3 pm.	2.70

A = Caudal promedio = 3.3 l/s.

B = Factor de volumen de muestra por unidad de flujo

$$B = \frac{\text{Volumen de muestra a formar}}{\text{N}^\circ \text{ de mediciones} \times Q_p}$$

Sea el volumen total de muestra compuesta = 5000ml.

$$B = \frac{5000 \text{ ml.}}{8 \times 3.3} = 189 \text{ ml./ l/s.}$$

Volumen de muestra al tiempo **T** = caudal en el tiempo **T** x factor de volumen

$$Vt = Qt \times 189 \text{ ml.}$$

Para las 8 a.m. seria: $Vt = 3 \text{ l/s} \times 189 \text{ ml./l/s} = 567 \text{ ml.}$

<u>Hora</u>	<u>Qt (l/s)</u>	<u>Vt (ml.)</u>
8 am.	3.00	567.0
9 am.	2.50	472.5
10 am.	4.10	774.5
11 am.	3.70	691.3
12 pm.	2.80	529.2
1 pm.	4.00	756.0
2 pm.	3.90	737.1
3 pm.	2.70	510.3
		5,000

Cuadro N°09

Sitio Y Tipo De Muestras De Acuerdo A Los Parámetros

PARAMETROS	SITIO DE MUESTREO	TIPO DE MUESTRA
Gasto	Entrada y salida	-----
pH	Entrada y salida	Simple
Temperatura	Dentro	-----
Prof. De lodos	Dentro	-----
DBO5	Entrada y salida	Compuesta
DQO	Entrada y salida	Compuesta
Sólidos suspendidos	Entrada y salida	Compuesta
Nitrógeno total	Entrada y salida	Compuesta
Nitrógeno amoniacal	Entrada y salida	Compuesta
Fosforo total	Entrada y salida	Compuesta
Sulfuros	Salida	Compuesta
Sulfatos	Salida	Compuesta
Conductividad. Eléctrica	Salida	Compuesta
Coliformes fecales	Entrada y salida	Compuesta
Nematodos intest.	Salida	Compuesta

Fuente: OPS/OMS

Frecuencia De Muestreo

En los cuadros 10, 11 y 12. Se indican los parámetros a ser evaluados, así como las frecuencias de muestreos para determinar las características generales de funcionamiento de las lagunas de estabilización del tipo anaerobio y facultativo y las listas de los parámetros operacionales y de monitoreo correspondientes a tres niveles o etapas de control que van desde un programa inicial calificado como “básico”, hasta un nivel máximo o “avanzado”, el nivel intermedio está representado por “medio”

Cuadro N° 10
Características Generales De Las Lagunas Y Frecuencia De Muestreo

PÁRAMETRO	LUGAR DE MUESTREO	NIVEL DE CONTROL		
		BÁSICO	MEDIO	AVANZADO
Observaciones en Lagunas	Lagunas Anaeróbicas y Facultativas			
Apariencia		Quincenal	Semanal	Diario
Lodos Flotantes		Quincenal	Semanal	Diario
Natas		Quincenal	Semanal	Diario
Olor		Quincenal	Semanal	Diario
Vegetación en Diques		Quincenal	Semanal	Diario
Vegetación en Lagunas		Quincenal	Semanal	Diario
Estado de Diques		De acuerdo a la Demanda		
Mantenimiento		De acuerdo a la Demanda		
Cantidad de Residuos		De acuerdo a la Demanda		
Espesor de Lodos		C/6 meses	C/3 meses	C/mes
Infiltración		-----	C/4 meses	C/mes

Fuente: OPS/OMS

Cuadro N° 11
Parámetros Operacionales y Frecuencia de Muestreo

PÁRAMETRO	LUGAR DE MUESTREO	NIVEL DE CONTROL		
		BÁSICO	MEDIO	AVANZADO
Observaciones en lagunas	Lagunas Anaeróbicas y Facultativas			
pH		Semanal	C/ 2 días	Diario
Oxígeno disuelto		Semanal	C/ 2 días	Diario
Conductividad eléctrica		Semanal	C/ 2 días	Diario
Temperatura	Semanal	C/ 2 días	Diario	
Caudal	Afluente y Efluente	Diario	Diario	C/6horas

Fuente: OPS/OMS

Cuadro Nº 12

Parámetros de Monitoreo y Frecuencia de Muestreo

PÁRAMETRO	LUGAR MUESTREO	DE	NIVEL DE CONTROL		
			BÁSICO	MEDIO	AVANZADO
Químicos	Afluente y Efluente		c/4 Meses	C/2 Meses	C/Semana
DBO					
DQO					
Sólidos Totales					
Sólidos suspendidos totales					
Sólidos suspendidos Volátiles					
Sólidos Sedimentables					
Nitrógeno Orgánico					
Nitrógeno Amoniacal					
Fósforo Total					
Aceites y grasas					
Biológicos					
Coliformes Totales					
Coliformes Fecales					
Helminetos	C/Mes				
Algas	C/Mes				

Fuente: OPS/OMS

4.1.4.4.3 ANALISIS IN-SITU Y DE LABORATORIO

Los efluentes generados en los asentamientos humanos contienen cantidades variables de sustancias de diferente índole, tratar de cuantificarlos necesitara muchos reactivos y capital, además de no ser necesario cuando se desea estimar el grado de contaminación de dicho efluente o la capacidad degradativa de un sistema de tratamiento, por lo que se seleccionan aquellos parámetros que comúnmente son utilizados en la evaluación de los sistemas bilógicos de tratamiento (CUBILLOS1,985, GONZALES 1,992) y que permiten en conjunto obtener en forma racional el grado de contaminación de un liquido residual, estos parámetros son: DBO, DQO, SOLIDOS EN TODAS SUS FORMAS, COLIFORMES TOTALES Y FECALES, TEMPERATURA Y pH.

Además de estos parámetros básicos, en función a la calidad del efluente que se requiere para ser depositado en un lago o al rehusó asignado y teniendo en cuenta que también depende del personal, laboratorios disponibles y de acuerdo a los recursos económicos con que contamos, se pueden adicionar algunos parámetros mas como Nitrógeno total y

amoniacal, fosforo total, sulfuros, sulfatos, conductividad eléctrica, parásitos intestinales y otro parámetro que nos interese.

Parámetros de medición en campo

Los siguientes parámetros serán medidos en campo debido a los cambios potenciales que pueden ocurrir durante la manipulación y el transporte de muestras.

1. Temperatura

El agua residual vertida puede presentar temperaturas elevadas en algunos casos (por vertimientos industriales) y, por lo general, estas retornan al medio ambiente antes de enfriarse hasta temperatura ambiente. Las descargas de agua a altas temperaturas pueden causar daños a la flora y fauna de las aguas receptoras al interferir con la reproducción de las especies, incrementar el crecimiento de bacterias y otros organismos, acelerar las reacciones químicas, reducir los niveles de oxígeno y acelerar la eutrofización. Elevadas temperaturas en las aguas residuales indicarían la presencia de vertimientos industriales.

2. pH

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Aguas fuera del rango normal de 6 a 9 pueden ser dañinas para la vida acuática (por debajo de 7 son ácidas y por encima de 7 son alcalinas). Estos niveles de pH pueden causar perturbaciones celulares y la eventual destrucción de la flora y fauna acuática. Las aguas residuales domesticas presentan un pH neutro.

Parámetros determinados en laboratorio

3. Demanda Bioquímica de Oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno usado por las bacterias bajo condiciones aeróbicas en la oxidación de materia orgánica para obtener CO₂ y H₂O. Esta prueba proporciona una medida de la contaminación orgánica del agua, especialmente de la materia orgánica biodegradable.

4. Coliformes Totales y Fecales

Los coliformes son bacterias principalmente asociadas con los desechos humanos y animales.

Los coliformes fecales proporcionan una medida de la contaminación del agua proveniente de la contaminación fecal.

- Las mediciones de temperatura, pH y oxígeno disuelto deben ser analizadas en campo.

4.1.4.4.4 PRESERVACION Y TRASLADO DE MUESTRAS

Preservación De Muestras

Los periodos máximos permisibles entre la captación de muestras fuertemente contaminadas y su análisis deben ser entre 6 y 12 horas, sin embargo se pueden preservar mediante técnicas de congelación o agregando reactivos como ácido sulfúrico o ácido de nitrato de sodio.

Las muestras deben ser captadas en recipientes plásticos debidamente esterilizados y bien cerrados, con la identificación correspondiente (nombre de la comunidad, sitio de captación, fecha, hora, nombre del que toma la muestra), el volumen mínimo de muestra es entre 2 y 3 litros para análisis físico-químico y entre 100 – 200cc para análisis bacteriológico.

Cuadro N°13

Tipo De Preservante De Acuerdo A Los Parámetros

PARAMETROS	T. Max. Almc	PRESERVATIVO
Gasto, pH	-----	Analizar en campo
Profundidad de lodos	-----	Analizar en campo
Temp. Del agua, aire	-----	Analizar en campo
Conductividad eléctrica	-----	Analizar en campo
Oxigeno disuelto	0.5/1h	Analizar en campo
DBO	6h/48h	Refrigerar a 4°C en la oscuridad
DQO	7d/28d	Agregar H ₂ SO ₄ hasta pH 2

Sólidos suspendidos	7d/14d	Refrigerar a 4°C
N total y amoniacal	24 horas	Agregar H ₂ SO ₄ hasta pH 2
Fosforo total	6h/3d	Refrigerar a 4°C
Sulfuros	24h	Acetato de zinc 2N 2ml/l
Sulfatos	24h	Acetato de zinc 2N 2ml/l
Coliformes fecales	24h	Refrigerar a 4°C en la obscuridad
Nematodos intesti.	24h	Refrigerar a 4°C en la obscuridad
Clorofila	24h	Refrigerar a 4°C en la obscuridad

Fuente: OPS/OMS

4.1.5 PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE PARAMETROS ANALIZADOS

4.1.5.1 PROCESAMIENTO ESTADISTICO DE DATOS

Este aspecto es de gran importancia en el análisis de datos de una investigación y facilita la deducción de conclusiones racionales. En muchos casos, investigaciones no debidamente planificadas han resultado en un fracaso, por el desconocimiento tanto de las variables dependientes como independientes.

Existen evaluaciones de lagunas de estabilización, cuyos resultados han sido procesados sin consideración al grado de dependencia científico que debe existir entre varias mediciones.

Una investigación que tenga un protocolo debidamente desarrollado tiene mejores posibilidades de éxito ya que en primer lugar el investigador ha enfocado su esfuerzo hacia el estudio de aspectos desconocidos y en segundo lugar tiene una idea clara de cuáles son las variables dependientes e independientes. El procesamiento de estos datos es un trabajo de rutina que debe realizarse en forma periódica. No es una práctica recomendable acumular datos de campo por periodos mayores a seis meses si procesarlos.

- La primera práctica de rutina es el representar gráficamente los resultados de cada medición en el tiempo. Esta práctica da al investigador el criterio necesario para

intensificar o espaciar la toma de datos, en los diferentes periodos del año o tipo de prueba que se encuentre realizando.

- La segunda practica debe realizarse en forma periódica y se relaciona con el cálculo de valores simples como, máximo, mínimo, promedio y desviación estándar.
- El tercer tipo de procesamiento es el análisis de regresión y de correlación y envuelve la interrelación de datos, para el caculo de variables compuestas (cargas, eficiencias, etc.) y el estudio de interrelación con otras variables. Un buen sistema para comenzar un análisis de regresión es la confección de un cuadro de variables y su efecto esperado o sospechado. Como ejemplo se indican a continuación variables ambientales y externas:

- Temperatura
- Viento
- Lluvia
- Radiación solar
- Carga
- Aspectos físicos

Algunos de los efectos esperados (del cambio de las variables ambientales) que pueden considerarse se indican a continuación:

- Eficiencias
- Cinéticas de reducción
- Producción de gases
- Desarrollo de biomasa
- Cambios químicos cíclicos

Para el procesamiento estadístico de datos es conveniente que el simple ajuste y alto coeficiente de correlación no es suficiente para concluir que dicha correlación es válida. Es muy importante tener en consideración aspectos teóricos que justifiquen la valides del estudio de la interrelación de datos propuesta. Otro principio de gran importancia es el de la representatividad de datos.

El análisis de regresión se usa para determinar la relación funcional entre la variable dependiente e independiente, e indica cómo cambia la primera con cambios en la última. Este análisis no produce información sobre porque se producen los cambios.

El análisis de correlación es usado para determinar el grado de asociación entre variables y el encontrar un alto coeficiente de correlación indica una asociación cercana entre variables, pero no implica ninguna relación de causa.

4.1.5.2 COMPORTAMIENTO HIDRAULICO

4.1.5.2.1 Características Físicas, Extensión Superficial, Volumetría, Periodo De Retención

Se deben determinar lo siguiente:

- Dimensiones de las lagunas largo, ancho, espejo de agua, bordo libre, profundidad total, profundidad útil, profundidad de lodos, talud, etc
- Área, volumen, periodo de retención hidráulico y factor de forma (relación largo ancho) de las lagunas.

Periodo De Retención

- **Periodo de retención teórico**

El tiempo de retención hidráulico de un líquido en un tanque o reactor está definido por la siguiente relación:

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

Donde:

Tr = Tiempo de retención

V = Volumen del liquido en el tanque

Q = Caudal del afluente

- **Periodo de retención real**

$$PR_{Real} = PR_{Teorico} * Fch \rightarrow (días)$$

$$PR_{teorico} = \frac{V}{Qa} \rightarrow (días)$$

Donde:

V = Volumen de la laguna en m³.

Qa = Caudal afluente a la laguna en m³/día.

Fch = factor de corrección hidráulica (0.3 a 0.8).

Mediante esta relación, es posible asegurar que para cualquier variación de caudal (Q) debe existir un tiempo de retención (Tr) suficiente para que se realicen cabalmente los procesos de estabilización de esas aguas residuales.

4.1.5.2.2 Aporte Distribución Y Variación De Caudales

Se muestran los resultados del aforo de caudales efectuado. En cada laguna obteniéndose caudales mínimos, máximos y promedio que ingresan y egresan del sistema; según resultados del muestreo efectuado durante el período que durara la actividad de campo.

4.1.5.2.3 Balance Hidráulico

La mayoría de las lagunas de estabilización que no han logrado cumplir su objetivo ha sido por causa de un balance hídrico inadecuado ya que son pocas las lagunas que han fallado por aplicarle una carga orgánica mal calculada, puesto el diseño por carga orgánica es más flexible que por balance hídrico

El balance hídrico esta dado por la siguiente ecuación:

$$Q_e = Q_a + (P_r + P_c) - (E + P_e)$$

Donde:

Q_e = Caudal del efluente;

Q_a = Caudal del afluente;

P_r = Precipitación que cae sobre la laguna;

P_c = Infiltración del agua subterránea en la laguna (ocurre cuando el nivel freático está por encima del fondo de la laguna);

E = Evaporación;

P_e = Pérdida por infiltración (ocurre cuando el nivel freático está por debajo del fondo de la laguna y no hay impermeabilización alguna del mismo). Todas las unidades de la ecuación podrán establecerse en $m^3/día$.

La evaporación combinada con la infiltración a través de una laguna con un fondo permeable determina la reducción de caudal afluente.

4.1.5.3 CALIDAD FISICA-QUIMICA y BACTEREOLOGICA DEL AGUA RESIDUAL.

Las Características Físicas, Químicas y Biológicas se detallan en los resultados de laboratorio efectuados en el Laboratorio.

4.1.5.4 EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

La medición de la capacidad degradativa se hace en base a la reducción lograda, luego del proceso de fermentación de las aguas servidas de los parámetros inicialmente medidos en el material de carga (afluente al sistema de lagunas), se parte del criterio que al no producirse cambios notables y crecientes (menos de 6 meses), en la comunidad, tales como variación de la población, establecimiento de industrias, cambio en la composición y consumo de alimentos, etc., las muestras tanto en la entrada como en la salida del sistema de lagunas, pueden considerarse como pertenecientes a un mismo proceso degradativo y por lo tanto la eficiencia puede medirse según la siguiente fórmula:

$$E = \frac{(VP_E - VP_S)}{VP_E} * 100$$

Donde,

E = Eficiencia degradativa (%)

VP_E = Valor de parámetro de entrada

VP_S = Valor de parámetro de salida

El parámetro que más se usa para medir la eficiencia es la **DBO, DQO**.

La ineficiencia para la **DBO, DQO**, Sólidos en todas sus formas. Nos indica que el sistema no está en capacidad de degradar todas las descargas que recibe, las cuales pueden estar por encima de la población de diseño o que las lagunas estén llenas de sedimentos.

Normalmente se diseña para eficiencias altas, por ejemplo del 90%.

A pesar de las altas eficiencias logradas en la reducción de los coliformes totales y fecales (más del 90% de eficiencia), el valor final puede estar muy por encima de lo que permite las normas respectivas. Esta situación nos previene de la posible contaminación que puede estar ocurriendo en los sitios donde son dispuestos los efluentes.

Es necesario señalar que la alta disminución lograda en los parámetros que indican polución de las aguas residuales, no necesariamente se debe a la eficiencia de los sistemas de tratamiento como tales, sino que puede deberse entre otras causas a lo siguiente:

- El efluente no entra a las lagunas, sino que pasa paralela al sistema y son dispuestos sin tratamiento.
- Las descargas son extraídas mediante bombas y son dispuestas en terrenos adyacentes.

Las situaciones antes descritas dan la falsa impresión de una alta eficiencia del sistema, presentando al final un efluente con una mínima carga polucional.

Podemos decir que las lagunas no son eficientes en la degradación de sólidos, lo cual determina que con un mal funcionamiento y operación, se pueden colmatar y llenar de sedimentos, permitiendo que los efluentes salgan con los mismos sólidos que inicialmente contenían.

Finalmente en lo referente a la DBO, para poder reducir más, lo recomendable es limpiar la laguna sacando los sedimentos que están depositados y de ser posible ampliar las lagunas para aumentar su capacidad de tratamiento. Para explicar valores altos de DQO, según lo expresa López E. (1983) "se debe verificar las descargas de materias químicas oxidantes", en el caso de que en los sistemas estudiados no exista exceso de materias químicas oxidantes, los altos valores se deben fundamentalmente al mal funcionamiento de las lagunas, lo anterior también origina los altos valores de coliformes totales y fecales que tiene el efluente, esto podría reducirse con una lamina de agua apropiada en la laguna de acabado y clorando el efluente antes de disponerlo en cuerpos receptores, pero esta práctica ningún sistema la utiliza.

La eficiencia de tratamiento es influida por la temperatura. El rango óptimo para un buen funcionamiento está entre los 20 y 30 grados centígrados.

La temperatura de diseño debe de ser el promedio del mes más frio del año.

4.1.5.4.1 EFICIENCIA DE REMOCION DE DBO

a) Metodología del Cepis Para Determinar la Materia Orgánica Removida

Carga removida para lagunas primarias está dada por:

$$C_{sr} = 7.67 + 0.8063 * C_{sa} \rightarrow (Kg.DBO_5 / Has.día)$$

Donde:

C_{sa} = Carga superficial aplicada (kg. DBO5 / Has.día).

C_{sr} = DBO removido (kg. DBO5 / Has.día)

b) Modelo en Equilibrio Continuo y Mezcla Completa Para la Remoción de la Materia Orgánica

La formulación principal para reducción de compuestos orgánicos fue propuesta por Marais y Shaw; y está basado en un balance de material, asumiendo reacción de primer orden y mezcla completa. La solución en estado de equilibrio continuo es:

$$S = \frac{Sa}{(1 + K_t * PR)} \rightarrow (mg / lts)$$

Donde:

Sa = DBO5 total del afluente (mg/l)

S = DBO5 soluble del afluente (mg/l)

Kt = Constante de biodegradabilidad o tasa neta de asimilación de DBO a la temperatura del desecho d⁻¹

PR = Periodos de retención (Días)

4.1.5.4.2 EFICIENCIA DE REMOCION DE COLIFECAL

a) Modelo de Marais – Shaw (Mezcla Completa) Para Reducción de Coliformes

Marais desarrollo tasas globales de mortalidad de coliforme fecal a través de determinaciones en afluente y efluente bajo la suposición de mezcla completa. Estos valores variaron de 0.3 a 8 con un promedio de 2 d⁻¹ bajo estas suposiciones se propuso la siguiente fórmula:

$$N = \frac{No}{(1 + K_b * PR)} \rightarrow (NMP / 100ml)$$

$$Eficiencia = \frac{No - N}{No} * 100 \rightarrow (NMP / 100ml)$$

Donde:

No = Conteos de Coliformes fecales en el afluente (NMP/100ml)

N = Conteos de Coliformes fecales en el efluente (NMP/100ml)

K_b = Tasa de mortalidad de conformes (d^{-1})

PR = Periodos de retención por módulos (Días)

b) Modelo de Werhner y Wilhelm (Flujo disperso para reducción de bacterias)

La aplicación de este modelo es correcta para describir la reducción de bacterias en una laguna de estabilización, en donde la población microbiana está directamente asociada con el líquido.

La siguiente relación permite interpretar adecuadamente los datos para reducción bacteriana de una evaluación intensiva de campo de una laguna funcionando en equilibrio continuo.

$$N = \frac{N_0 * (4ae^{(1/2d)})}{((1+a)^2 * e^{a/2d} - (1-a)^2 * e^{-a/2d})} \rightarrow NMP/100ml$$

$$a = (1 + 4 * K_b * d * PR)^{1/2} \rightarrow (A \text{ dim ensional})$$

Donde:

N_0 = Conteos de coliformes fecales en el afluente. NMP/100ml

N = Conteos de coliformes fecales en el efluente. NMP/100ml.

A = Constante del modelo, expresada por correlación

e = Exponencial.

D = Factor de dispersión. Correlación

4.1.6 EVALUACION DE RESULTADOS

En esta se debe tener en cuenta lo siguiente:

✓ PRIMERA ETAPA:

- Cumple el efluente con las normas de calidad
- Están los parámetros de funcionamiento en un rango adecuado

- Determinar el grado de tratamiento según la eficiencia del sistema.

Esta evaluación va dirigida a la medición de la calidad del efluente y un análisis de los parámetros de control. La calidad de los efluentes de los sistemas de tratamiento debe ser tal que permitan cumplir con las normas para la descarga a cuerpos receptores o para reusó en la agricultura o en la acuicultura.

Para la descarga a cuerpos receptores. Cuando los efluentes van a ser dispuestos en los cuerpos receptores, debe cumplirse con las normas técnicas de calidad que fije la autoridad respectiva, estas normas estarán de acuerdo a la capacidad de asimilación y dilución del cuerpo receptor.

Cuadro N° 14

Límites Máximos Permisibles Para Los Efluentes De PTAR Municipales

PARAMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	Mg/l	20
Coliformes termo tolerantes	NMP/100ml.	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	200
pH	Unidad	6.5 – 8.5
Sólidos totales en Suspensión	mg/l	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: MINAM decreto supremo N° 003-2010

Para su reusó en la agricultura. Se debe cumplir con las siguientes condiciones:

Utilización libre del agua, debe tener menos de 10^3 coliformes fecales/100 ml. Y menos de un huevo de helmintos /lt. Se pueden regar todos menos hortalizas y otros sin cascarras, cuyos productos comestibles tienen contacto con agua y suelo, debe dejarse de regar 15 días antes de la cosecha.

Utilización semicondicionada, debe tener entre 10^3 y 10^5 coliformes fecales/100ml. Se puede regar arroz, vegetales que se consumen cocinados, vegetales que se consumen crudos y que no tengan contactos con el agua, ajo y cebolla, debe dejarse de regar 20 días antes de la cosecha.

Utilización condicionada, puede tener más de 10^5 coliformes fecales/100ml. De puede regar forrajes, granos, producción de semillas, silvicultura, ornato, frutales (árbol), se debe dejar de regar 20 días antes de la cosecha.

Para su reusó en la acuicultura. Se debe cumplir con las siguientes condiciones:

Utilización para peces comestibles y crustáceos, los nematodos intestinales deberán ser menores a 1 huevo viable/l., los coliformes fecales menor o igual a 10^3 NMP/100ml., pH entre 6-9, oxígeno disuelto 3.0 mg/l., nitrógeno amoniacal no ionizado 0.5 mg/l.

✓ **SEGUNDA ETAPA:**

En esta etapa se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Cuando el efluente no cumple con las normas, se debe identificar la causa del problema, determinar si los problemas son por sobrecarga, mala operación, mantenimiento o de diseño físico inapropiado.
- Aplicar correctivos operacionales, definir alternativas de solución a los problemas.

4.2 EVALUACIÓN DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN DEL DISTRITO DE AZÁNGARO

4.2.1 OBJETIVOS

- Realizar la evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas mediante lagunas de estabilización del distrito de Azángaro.

- Determinar si los parámetros de funcionamiento están en un rango adecuado y cumplen con los parámetros de control requeridos por normas vigentes.

4.2.2 IDENTIFICACIÓN

4.2.2.1 Ubicación Y Descripción Del Sistema De Tratamiento

Ubicación:

El área de estudio se encuentra en la Provincia de Azángaro, forma parte de la cordillera oriental, se encuentra ubicada en la zona nor-central del departamento de Puno, cuya capital es la ciudad de Azángaro.

1) Ubicación Geográfica

Está localizada entre las coordenadas geográficas:

Latitud Sur	:	14°54'24"
Longitud Oeste	:	70°11'36"
Altitud	:	3,559 msnm.

Del Meridiano de Greenwich, ubicada en el eje principal de la vía transoceánica.

La provincia de Azángaro está conformada por quince distritos, siendo una de ellas el Distrito de Azángaro. Tiene una extensión territorial de 4,970.01 km², una densidad poblacional de 27.47 hab./km²

2) Ubicación política

Región	:	Puno
Departamento	:	Puno
Provincia	:	Azángaro
Distrito	:	Azángaro

3) Límites

El distrito de Azángaro geográficamente esta colinda por él:

Norte	:	Provincia de Carabaya
-------	---	-----------------------

Sur : Provincia de San Román

Este : Provincia de Huancané y san Antonio de Putina

Oeste : Provincia de Melgar y Lampa.

Población

En términos de población, la provincia de Azángaro es la tercera de las trece del departamento de Puno, con el 12.6% del total departamental. Según el Censo de Población y Vivienda del INEI de 2007, cuenta con una población total de 136,829 habitantes, tal como se aprecia en la tabla.

El más poblado de los distritos es Azángaro, con un total de 27,823 habitantes y una densidad de 41.99 hab./km², que representa el 21.68% del total provincial. Asimismo la localidad de Azángaro cuenta con 16,305 habitantes, según censo 2007.

Cuadro N°15

Características De La Población Distrital De Azángaro

VARIABLE/INDICADOR	Provincia AZANGARO		Distrito AZANGARO		Localidad de Azángaro (capital)
	Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%	
POBLACION		-		-	
Población censada	136,829	100	27,823	100	16,035
Hombres	66,613	48.7	13,582	48.8	-
Mujeres	70,216	51.3	14,241	51.2	-

Fuente INEI 2007

4.2.2.2 Características Físicas y Climáticas Del Ámbito De Estudio

Este conocimiento se logra a través de un Diagnóstico Integral cuya precisión depende del conocimiento de las características del ámbito de estudio.

Clima y Temperatura

Tiene una temperatura media anual de 8°C, humedad relativa media anual de 49,5%, Precipitación pluvial media anual de 687,9 mm y nubosidad media anual de 4,8 octavos.

Es característico de la Sierra, completamente variado, frío desde los 3 800 msnm tibio en la quebrada. Los vientos dominantes son los alisios, lluvias torrenciales acompañadas de granizo, nieve y descargas eléctricas. Se distinguen dos estaciones perfectamente marcadas, una lluviosa y templada, de octubre a marzo y la otra seca e invernal de abril a setiembre, caracterizadas por un sol radiante durante las primeras horas del día y por heladas penetrantes por la noche.

Geomorfología

En la provincia de Azángaro el relieve es relativamente accidentado, con llanuras de pendientes suaves. Por la parte norte de la altiplanicie del lago Titicaca la superficie es relativamente plana. Allí, entre los 3,812 msnm y los 3,850 msnm, se ubican los distritos de Chupa, Arapa, Samán, Caminaca y Achaya y es allí, también, donde están la mayoría de las infraestructuras viales, de riego y electrificación. Las superficies relativamente planas pero con llanuras de ligeras ondulaciones y/o pendientes suaves están atravesadas por corridas de aguas como los ríos Pucará y Azángaro.

4.2.2.3 Descripción Del Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales De La Ciudad De Azángaro

El sistema de tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de Azángaro, consta de dos Lagunas de Estabilización Tipo Facultativas orientadas en paralelo cuyo fin ha sido mejorar la calidad del agua residual proveniente del alcantarillado sanitario. Así también cuenta con un cerco perimétrico de púas que impide el fácil acceso a personas no autorizadas.

La planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Azángaro está ubicada a 1km. De la ciudad y a 700m del margen derecho del río Azángaro.

El sistema de tratamiento cuenta con los siguientes componentes:

- **Estructura de llegada – Cámara de rejas.-** Las aguas residuales llegan a la planta de tratamiento por medio de un emisor de aproximadamente unos 300m con pilares de concreto armado de 1 a 2.50m de altura, como soportes de la de 200 mm. Se tiene una cámara de rejas de concreto de forma rectangular con dos canales, cuenta con criba, los que se encuentran espaciados a 0.05 m. entre elementos, la reja hace un ángulo de 45 grados con respecto a la horizontal.
- **Desarenador.-** seguidamente de la cámara de rejas se encuentra un desarenador, el cual cuenta con dos canales que permiten la remoción de arenas antes de la descarga a las lagunas facultativas.
- **Medidores de caudal.-** seguidamente del desarenador existe un canal en forma rectangular de 0.35m de ancho y 0.80m de alto, donde se puede medir el caudal antes del ingreso a la caja repartidora de caudal, que distribuye por igual el caudal para las lagunas.

- **lagunas de estabilización:**

Las lagunas de estabilización son de tipo facultativo primario, con dimensiones de 140m de largo y 90m de ancho, con una altura útil de 1.5m, su efluente es descargado al río Azángaro. Estas lagunas se comunican entre si mediante una estructura de paso para la etapa de mantenimiento de las unidades. Las dos lagunas presentan un dique de separación de sección trapezoidal y en la corona, un área transitable para la inspección de dichas unidades, permitiendo el tránsito por los laterales de las lagunas.

- **Tubería de interconexión.-** Las tuberías de interconexión están instaladas dentro de una estructura rectangular en forma de canaletas, en donde pasan tuberías de PVC de 200 mm de diámetro.
- **Estructura de salida.-** Cada laguna cuenta con una estructura de salida de forma rectangular donde se encuentra un vertedero rectangular está instalado antes de la tubería de salida.
- **Cámara de recolección.-** El vertedero rectangular descarga las aguas mediante tuberías de salida que son de material PVC de 200 mm de diámetro. A una cámara de recolección de caudales, a partir de esta estructura se conduce las aguas de descarga de ambas lagunas para su disposición final en el cuerpo receptor que es el río Azángaro.
- **Cerco perimétrico.-** la planta de tratamiento cuenta con un cerco perimétrico de alambre de púas, el cual impide el fácil acceso de personas no autorizadas.

4.2.3 DIAGNOSTICO

4.2.3.1 SITUACION ACTUAL

En la actualidad los componentes se encuentran en un total abandono por las autoridades locales e instituciones encargadas del servicio de saneamiento, se puede apreciar lo siguiente:

- Las lagunas se encuentra en mal estado, debido a la ausencia del mantenimiento respectivo ya que se aprecia crecimiento de arbustos y piedras dentro de la unidad, lo que estaría perjudicando la geomembranas que protege de las infiltraciones de las aguas residuales al subsuelo.

- Cabe mencionar que existe un emisor de aproximadamente unos 300 m con pilares de concreto armado como soportes. En el caso de los pilares de soporte del emisor, hay algunos de ellos que están en mal estado y necesita reponerse o realizar un reforzamiento.
- El Sistema de Tratamiento presenta un cerco perimétrico en proceso de deterioro y mal estado. Asimismo no cuenta con un personal que lleva el control operacional y mantenimiento de las unidades que conforman el Sistema de Tratamiento.
- Respecto a la estructuras de metal, como es el caso de las tapas , rejas y rejillas se encuentran en proceso de alto deterioro (óxido), siendo necesariamente que algunos de ello, tengan que ser cambiados debido a la falta de mantenimiento de las unidades.
- Respecto las estructuras de concreto, existe un leve deterioro específicamente en los pilares de concreto armado que soportan el EMISOR hacia el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales, formado por una serie de columnas de 1.00 a 2.50 m. de altura.
- Sobre el tema estructural y obras civiles de la cámara de rejas, ella se encuentra en buen estado de conservación, solo hay presencia de corrosión en las tapas de inspección y rejas.
- Las geomembranas presentan roturas por el crecimiento de la vegetación en el fondo de las lagunas y el evitar el mantenimiento de estas unidades se está acumulando de piedras, arenas y lodos.

4.2.3.1.1 Características del agua residual

El Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales del Municipio *de Azángaro* está diseñado para el tratamiento de las aguas residuales municipales, las cuales son

transportadas por el sistema de alcantarillado de la ciudad, contienen materia orgánica, nutrientes, patógenos, etc.

4.2.3.1.2 Población servida

La población servida es la ciudad de Azángaro la cual cuenta con 16,035 habitantes según el censo 2007 realizado por el INEI. Pero no toda la población es usuaria directa del sistema de tratamiento de aguas residuales ya que gran parte de las aguas residuales son descargadas directamente al río Azángaro.

Para determinar la población servida seguimos los siguientes pasos

- Caudal de desagüe = 20 lt. Que es el 80% del Qmh
- Entonces el consumo máximo horario (Qmh) = 25 lt/seg.

- Despejando y reemplazando valores en la formula:

$$Q_{mh} = 1.5Q_m(l/s.)$$

Tenemos que el consumo promedio diario (Qm) = 16.67 lt/seg.

- Finalmente calculamos la población servida con una dotación de 120 lt/hab/día en la siguiente formula:
- despejando y reemplazando obtenemos
- **P=1200 hab.** Población servida.

$$Q_m = P_f * \text{dotación} \\ 86,400 \text{ s/día}$$

4.2.3.1.3 Operación y mantenimiento

- Actualmente el Sistema de tratamiento de aguas residuales es administrado por la EPS Nor Puno.
- El Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales del Municipio de *Azángaro* se encuentra localizado a un km del extremo de la localidad. Limita con terrenos parcelados dedicados a usos agrícolas y pecuarios.
- Se ha evidenciado que no se realiza el mantenimiento correspondiente y se pudo apreciar el crecimiento de vegetación en su interior, lo que ha ocasionado la ruptura de las geomembranas instaladas en sus paredes laterales y fondo.

- En las lagunas facultativas se encuentran en operación pero la falta de mantenimiento ha permitido el crecimiento de lentejas de agua en su interior, no presentaba mal olor, ni evidencia presencia de vectores.
- Se pudo observar que existe presencia de residuos sólidos por lo que se produce interferencias en el proceso de degradación de la materia orgánica y la eliminación de agentes patógenos.
- En el tema de las lagunas facultativas, los diques se encuentran en buen estado, bien perfilados para el tránsito peatonal pero cabe mencionar que existe presencia de residuos en el interior de dichas unidades.

4.2.3.1.4 Impactos causados

- En las visitas a campo se pudo captar la preocupación de los pobladores debido a los fuertes olores generados por las lagunas, los cuales son arrastrados por los fuertes vientos hacia la ciudad de Azángaro.
- Así también existe el descontento de los pobladores por la descarga de las aguas tratadas por las lagunas, las cuales no son descargadas directamente al río sino unos 80m antes, lo cual genera que los animales tomen estas aguas trayendo como consecuencia enfermedades e incluso la muerte de los animales.

4.2.4 REGISTRO HISTÓRICO Y EVALUACIÓN DE DATOS EN CAMPO

4.2.4.1 Características Generales

Observaciones propias de laguna, se realizaron en un nivel de control medio (semanal), por un periodo de tres semanas consecutivas, con la ayuda de hojas de control elaboradas (ver anexo 06)

- Apariencia y color.- se pudo apreciar un color ligeramente amarillento en el afluente y color verde oscuro en el efluente, el cual indica el contenido de microorganismos en las lagunas.
- Natas y lodos.- se pudo apreciar la presencia de natas y lodos (material extraño, basura) en gran cantidad, en las esquinas de las lagunas
- Olor.- es posible que como consecuencia de una mala operación y mantenimiento, los olores desagradables provengan de depósitos de lodo flotante y vegetación putrefacta.
- Vegetación en diques.- no se vio la existencia de vegetación en diques.
- Vegetación en lagunas.- no existe vegetación en las lagunas.
- Estado de diques.- los diques se encuentran en buen estado.
- Espesor de lodos.- existe un gran espesor de lodo, debido a que no se realizaron limpieza del mismo desde la construcción de sistema hace 13 años.

4.2.4.2 Parámetros Operacionales

La medición de estos parámetros se realizó in-situ, con la ayuda de hojas de control en donde se anotaron los datos recolectados en los puntos de muestreo, también se verifico la fecha y hora, lugar y ubicación del punto de muestreo (ver anexo 02), estos datos fueron determinados con la ayuda de los siguientes equipos:

- **Correntómetro:** para la medición del caudal en los puntos de muestreo
- **Medidor multiparametrico:** de pH, Temperatura, Oxígeno disuelto, Conductividad Eléctrica y Sólidos Totales Disueltos Portátil Hanna.
- **GPS garmin map:** el cual sirvió para determinar las coordenadas de los puntos de muestreo.

4.2.4.3 Parámetros de Monitoreo

Estos parámetros se midieron en el laboratorio, previa toma de muestras en campo en puntos específicos del sistema de lagunas (afluente y efluente). Los resultados obtenidos se muestran en sus respectivos certificados (ver anexo 02).

Los parámetros de más importancia son: (DBO5, BQO, aceites y grasas, sólidos totales en suspensión), los cuales deben ser cumplidos según la norma vigente establecida por el MINAM en el decreto supremo N° 003 – 2010.

4.2.4.4 Muestreo de aguas residuales en lagunas de estabilización.

Selección Del Punto De Muestreo

Se tuvieron dos puntos de muestreo más representativos elegidos estratégicamente en el ingreso al sistema como en la salida del sistema de tratamiento (afluente y efluente)

Tipo De Muestra Y Frecuencia De Muestreo

La muestra tomada fue de tipo compuesta y la frecuencia fue de la siguiente manera:

- ✓ **Características generales**, entre estos (olor, color, apariencia, natas, estado de diques), las frecuencia de muestreo para este caso fue a un nivel de control medio (semanal), por un periodo de tres semanas consecutivas, con la ayuda de hojas de control elaboradas (ver anexo 02)
- ✓ **Parámetros operacionales**, entre estos (caudal, pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica), la frecuencia de muestreo para estos parámetros fue de un nivel de control avanzado (diario), por un tiempo de 05 días, iniciando con la toma de muestras de 6:00 am. y finalizando a las 5:00 pm. Los días 26, 27, 28, 29 y 30 del mes de noviembre del año 2012. (ver anexo 02)

- ✓ **Parámetros de monitoreo**, entre estos (DBO5, DQO, sólidos totales en suspensión, aceites y grasas, coliformes totales, fecales), la frecuencia de muestreo para estos parámetros se realizó a un nivel de control avanzado (semanal), por un periodo de tres semanas consecutivas. (ver anexo 02)

Análisis In-Situ Y De Laboratorio

Los parámetros medidos in-situ fueron los parámetros operacionales (pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, temperatura, etc.)

Los parámetros medidos en laboratorio fueron los parámetros de monitoreo (DBO5, DQO, Sólidos totales, sólidos sedimentables, nitrógeno total, aceites y grasas, coliformes totales, coliformes fecales, etc.) los cuales guardan relación con los contaminantes potenciales que pueden afectar el cuerpo receptor.

Preservación Y Traslado De Muestras

Para la preservación de muestras se utilizó envases de vidrio de un litro, mas no agregaron reactivos ni técnicas de congelación ya que las muestras fueron llevadas antes de las 24 horas de acuerdo a las normas que establecen para el análisis físico, químico y bacteriológico, en las que se consideran como parámetros representativos para la determinación de la calidad de los efluentes.

4.2.5 PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE PARÁMETROS ANALIZADOS

4.2.5.1 Procesamiento Estadístico De Datos Obtenidos

El procesamiento estadístico de datos se realizó:

- Los datos obtenidos en campo y laboratorio sobre los diferentes parámetros analizados se calcularon en forma periódica, los valores de máximo, mínimo, promedio y desviación estándar. los cuales se muestran en los anexos (ver anexo 02).
- Se representó gráficamente los resultados de cada medición con respecto al tiempo.

- Se determinó la interpretación e interrelación de los resultados obtenidos mediante un análisis de regresión y correlación (cargas, eficiencias, etc.)

4.2.5.2 COMPORTAMIENTO HIDRAULICO

1. Características Físicas, Extensión Superficial, Volumetría Y Periodo De Retención.

En los cuadros N° 16 y 17. Se muestra las características físicas y el área superficial total de cada una de las lagunas y del sistema de tratamiento en general, considerando el tirante promedio se obtuvo la capacidad de cada laguna y del sistema en general, además se expone el factor de forma producto de la relación largo y ancho de las lagunas del sistema de tratamiento, el volumen y el período de retención teórico de cada laguna de estabilización.



Figura N° 06: Características Físicas de las Lagunas

Cuadro N°16

Características Físicas De Las Lagunas De Estabilización

LAGUNA	Dimensiones de Espejo de Agua (m)		Dimensiones de la base (m)		PT (m)	PU (m)	PL (m)	BL (m)	Z
	Largo	Ancho	Largo	Ancho					
Laguna N° 1	137.5	87.5	132.5	82.5	1.7	0.60	1.10	0.8	1.5
Laguna N° 2	137.5	87.5	132.5	82.5	1.7	0.60	1.10	0.8	1.5

FUENTE: elaboración propia

Cuadro N°17

Extensión Superficial, Periodo De Retención Y Factor De Forma De Las Lagunas

LAGUNA	Área Superficial (m ²)	Área base (m ²)	Profundidad Útil (m)	Volumen (m ³)	Periodo de Retención	Factor de Forma
Laguna N° 1	12031.25	10931.25	0.60	6888.78	11.36	1.57
Laguna N° 2	12031.25	10931.25	0.60	6888.75	11.36	1.57
En el Sistema	24062.5	21862.5		13777.50		

FUENTE: elaboración propia

Es importante recalcar el periodo de retención el cual es fundamental en la reducción de cargas orgánicas y patógenas, se recomienda que debe ser mayor a 10 días para garantizar una remoción del 99.99% de parásitos. Según la OS .090 el periodo de retención mínimo es de 10 días como mínimo. En el cuadro se observa periodos de retención de 11.36 días, lo que indica que existe una buena reducción de cargas orgánicas y patógenas.

2. Aporte, Distribución Y Variación De Caudales

En el cuadro n°18 se observa los caudales máximos, mínimos y promedios que ingresan y egresan en el sistema tomados en el tiempo de evaluación (del 26 al 30 de noviembre del 2012), pudiéndose notar el caudal promedio de ingreso es de 14.03 lt/seg. Y el caudal promedio de salida del sistema es de 12.35 lt/seg. Así mismo se aprecia el caudal máximo de entrada al sistema que es de 17.20 lt/seg. Y el mínimo de 10.50 lt/seg.

Cuadro N°18

Caudal promedio horario en el sistema de lagunas

RESUMEN DE CAUDALES		
HORA	CAUDAL PROMEDIO	
	AFLUENTE	EFLUENTE
06:00 a.m.	14.20	13.00
07:00 a.m.	16.80	15.10
08:00 a.m.	14.60	14.20
09:00 a.m.	11.67	9.82
10:00 a.m.	10.50	9.90
11:00 a.m.	11.76	9.71
12:00 p.m.	13.65	11.40
01:00 p.m.	16.70	13.58
02:00 p.m.	17.20	14.08
03:00 p.m.	14.60	13.10
04:00 p.m.	14.20	12.80
05:00 p.m.	12.50	11.56
Promedio	14.03	12.35
Máximo	17.20	15.10
Mínimo	10.50	9.71
desv estándar	2.16	1.85
coef. Variación	15.38	14.96

En la figura N° 06 se muestran las variaciones del caudal promedio horario por día de entrada y salida del sistema de lagunas, teniendo las horas pico de mayor consumo a las 7.00am., 1.00pm. y 2.00pm. En donde se realizan mayores usos de los servicios higiénicos.

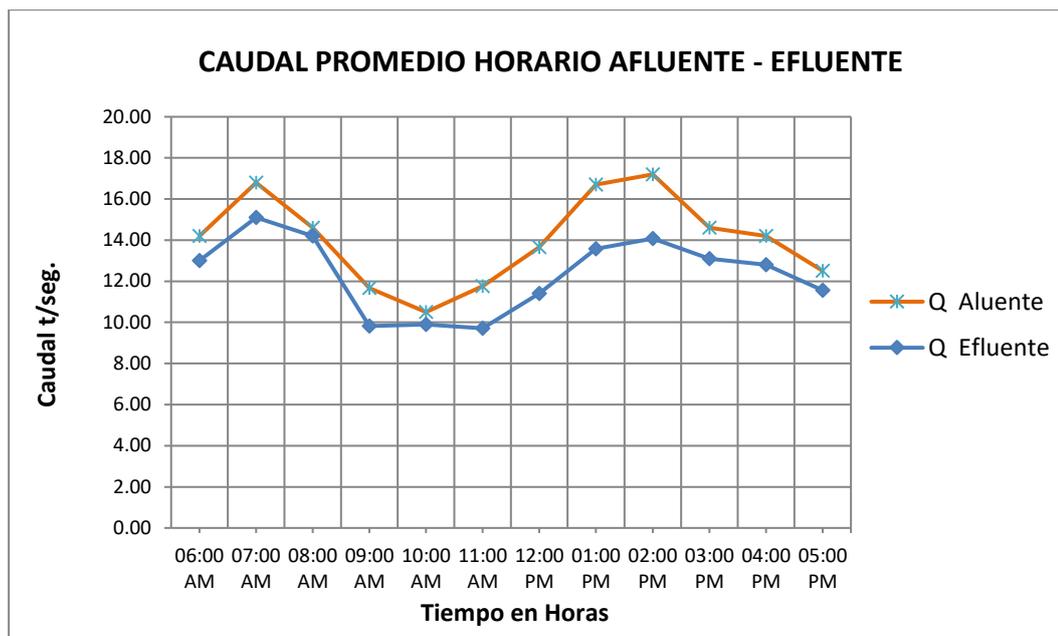


Figura N° 07: Variación De Caudal Promedio Horario En El Sistema De Lagunas.

Los caudales máximos y mínimos puntuales de aguas residuales de entrada y salida de las lagunas de estabilización se muestran en la fig. N° 06 teniendo un caudal máximo de 17.20 lt/seg y un mínimo de 10.50 lt/seg.

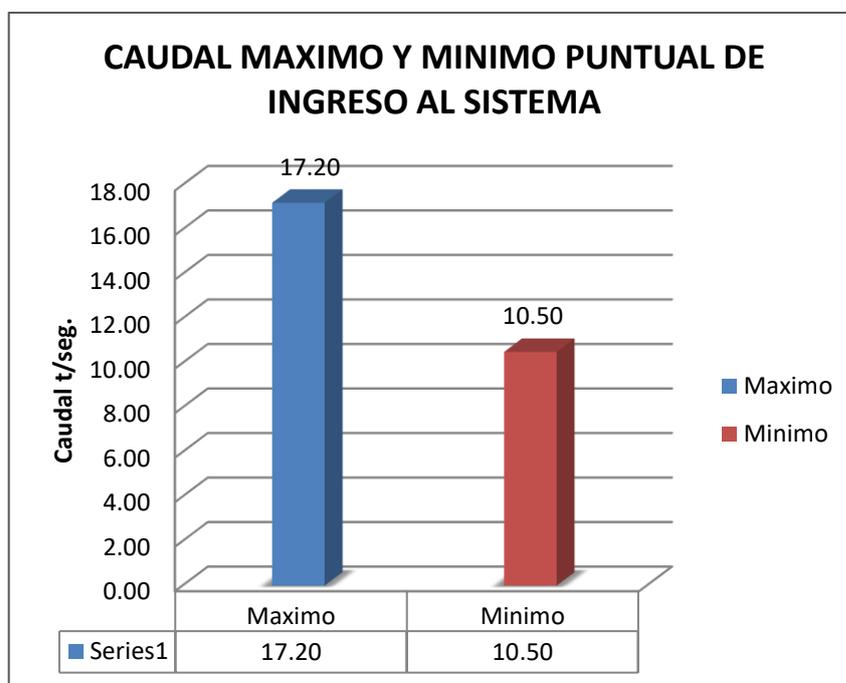


Figura N° 08: Caudal Máximo Y Mínimo Puntual De Ingreso Al Sistema

3. Balance Hidráulico en el sistema

Los resultados obtenidos a través del balance hidráulico indican pérdidas de 1.68 lt/seg. En todo el sistema, considerando que la precipitación pluvial no tuvo incidencias durante el periodo de evaluación, se deduce que la evaporación combinada con la infiltración generan las pérdidas de caudal en el sistema.

Cuadro N°19

Variación Promedio Del Caudal En El Sistema De Lagunas

VARIACION DE CAUDAL PROMEDIO EN LAGUNAS						
PUNTO	EN EL SIATEMA		LAGUNA N°1		LAGUNA N°2	
	l/seg.	M3/dia	l/seg.	M3/dia	l/seg.	M3/dia
Afluente	14.03	1212.34	7.02	606.17	7.02	606.17
Efluente	12.35	1067.40	6.18	533.70	6.18	533.70
perdidas	1.68	144.94	0.84	72.47	0.84	72.47

FUENTE: elaboración propia

Cabe mencionar que las lagunas de estabilización que no han logrado cumplir su objetivo ha sido por causa de un balance hídrico inadecuado ya que son pocas las lagunas que han fallado por aplicarle una carga orgánica mal calculada, puesto el diseño por carga orgánica es más flexible que por balance hídrico

En la figura N° 08 se muestra la variación de caudal en el sistema de lagunas, así también las pérdidas de caudal en lt/seg. Ocasionadas por la evaporación combinada con la infiltración.

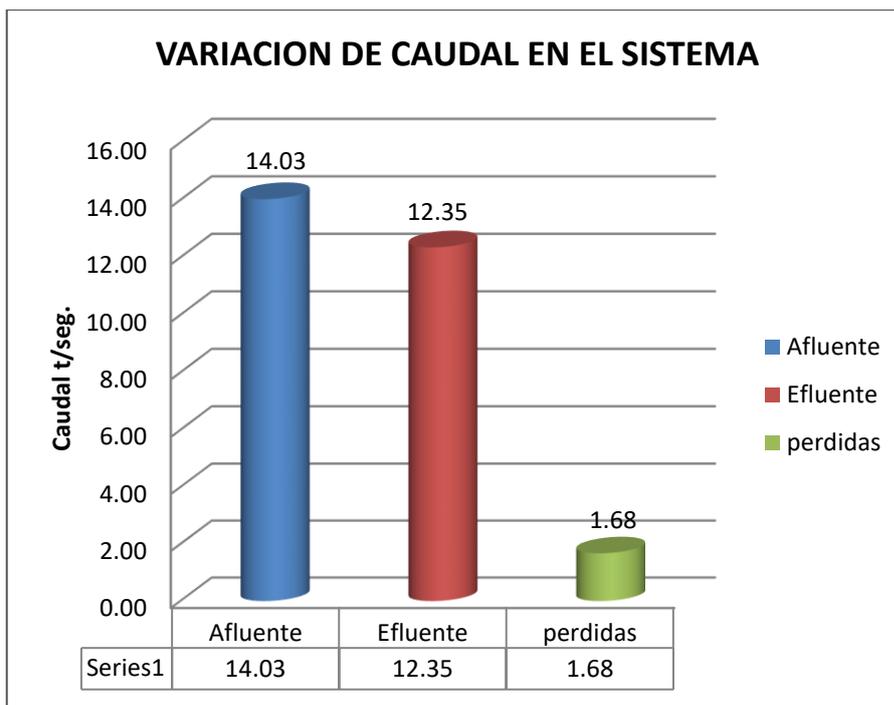


Figura N° 09: Variación De Caudal En El Sistema

4.2.5.3 CALIDAD FISICA-QUIMICA y BACTEREOLOGICA DEL AGUA RESIDUAL.

La calidad física-química y bacteriológica del agua residual de la ciudad de Azángaro se enmarca en los resultados obtenidos sobre las Características y concentraciones de los parámetros evaluados tanto in-situ, como en el laboratorio.

✚ Parámetros evaluados in-situ (físicos)

1. Temperatura

La temperatura afecta y altera la vida acuática, modifica la concentración de saturación de oxígeno disuelto, la velocidad de las reacciones químicas y de la actividad bacterial. La tasa de sedimentación de sólidos en aguas cálidas es mayor que en aguas frías, por el cambio en la viscosidad de las aguas

En la figura N° 09 se observa la variación de la temperatura en el periodo de evaluación (del 26 al 30 de noviembre del 2012), tanto en el ingreso y salida del

sistema durante el día, en el efluente se observa una considerable variación de temperatura debido a que obtiene calor a través de la radiación solar, la mayor incidencia se da entre las 09:00am de la mañana y la 04:00pm de la tarde alcanzando su máxima temperatura a las 2:00pm, mientras tanto el afluente producto que su descarga proviene del alcantarillado sanitario la temperatura aumenta parcialmente durante el día.

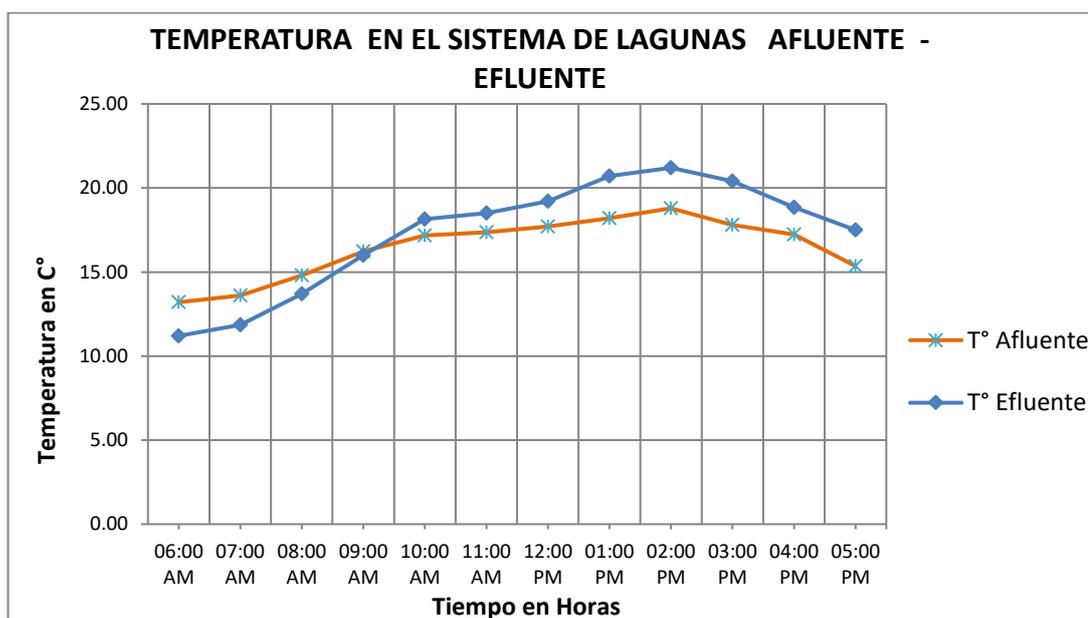


Figura N° 10: Variación De La Temperatura Del Agua Residual En El Sistema

2. pH

El valor de pH para aguas residuales es de mucha importancia para el crecimiento de microorganismos, el valor adecuado para diferentes procesos de tratamiento y para la existencia de la vida biológica puede ser muy restrictivo y crítico, sin embargo generalmente es de 6.5 a 8.5. es por eso que se puede afirmar que el pH encontrado en el efluente de las lagunas es adecuado para el crecimiento de los microorganismos, el cual se encuentra en el rango óptimo para la actividad microbiana según lo establece la teoría.

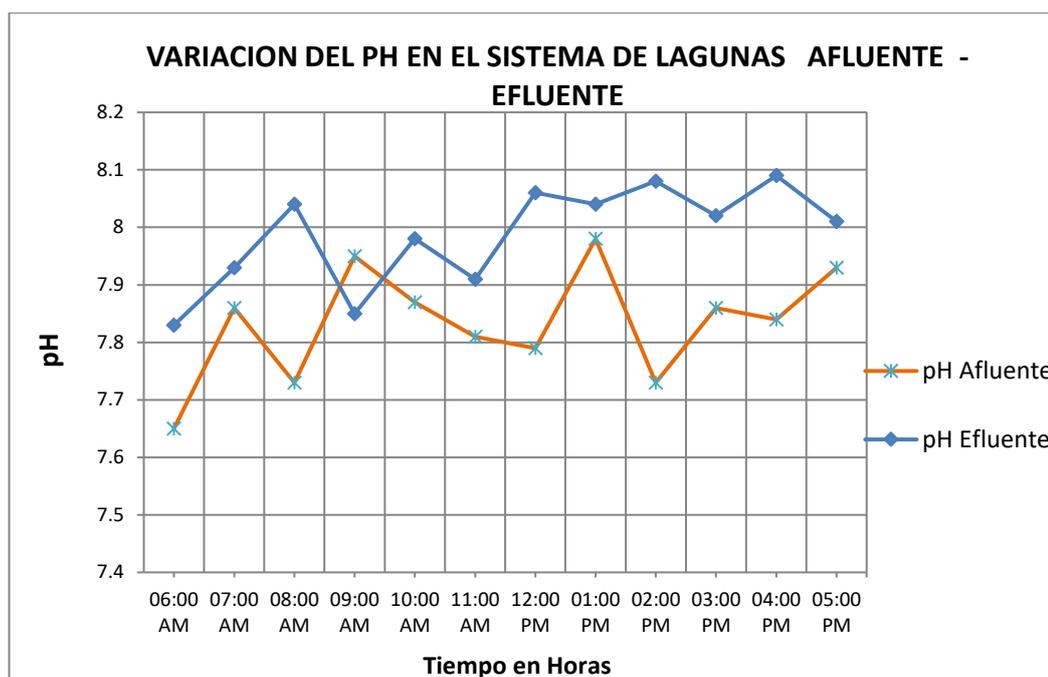


Figura N° 11: Variación De pH Del Agua Residual En El Sistema

3. Conductividad Eléctrica

Con respecto a la conductividad eléctrica hubo variaciones en las diferentes horas del día, el promedio en el afluente del sistema el cual fue de 2182.50 uS/cm. y para el efluente del sistema fue de 2399.08 uS/cm. Lo cual nos indica un aumento considerable de conductividad eléctrica en el efluente del sistema.

Este para metro es muy importante porque si se considera realizar el reúso del agua residual en la agricultura deberá cumplir con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, establecidos por el MINAM en el decreto supremo N° 002-2008. **Categoría 3:** Riego De Vegetales Y Bebidas Animales, el valor de CE debe ser menor a 2000 uS/cm.

En la figura N° 10 se puede observar que los valores de CE determinados en nuestro periodo de evaluación (del 26 al 30 de noviembre del 2012), Están por encima de los ECA, con lo cual se concluye que el agua residual no puede ser utilizada para uso agrícola ni ser bebida por los animales.

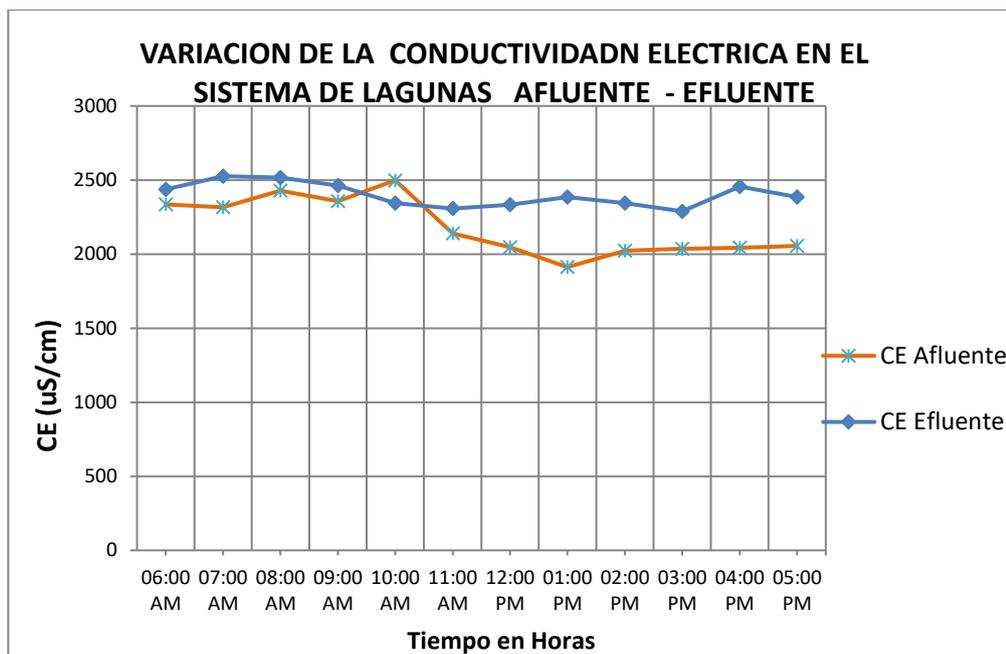


Figura N° 12: Variación De C.E. Del Agua Residual En El Sistema

4. Sólidos Totales Disueltos

En la figura N° 10 se puede observar la variación de TDS promedios horarios tanto de ingreso como salida del sistema, determinados en nuestro periodo de evaluación (del 26 al 30 de noviembre del 2012), se puede apreciar una disminución considerable con un promedio de 1296.25 ppm en el afluente y 1088.17 ppm en el efluente. El cual comparado con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, establecidos por el MINAM en el decreto supremo N° 002-2008. **Categoría 4:** conservación del ambiente acuático (ríos) es alto ya que este valor es de 500 ppm.

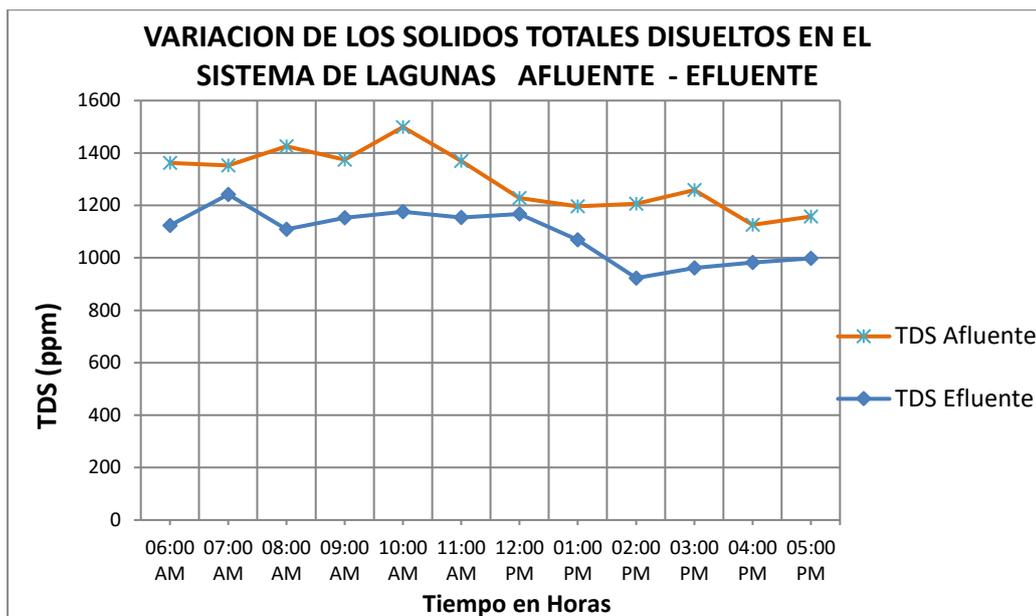


Figura N° 13: Variación De TDS Del Agua Residual En El Sistema

5. Oxigeno Disuelto

El oxigeno disuelto se determinó en campo, en cada uno de los puntos de muestreo (afluente y efluente), determinados en nuestro periodo de evaluación (del 26 al 30 de noviembre del 2012), (ver anexo 03).

En el afluente se presentaron valores con un promedio de 0.36 mg/lt. Y en el efluente se presento un valor promedio de 0.08mg/lt. y valores mínimos de hasta 0.00mg/lt. Lo que explica que el sistema de lagunas no está produciendo la actividad de fotosíntesis para generar oxigeno disuelto.

Existen valores de 0.20 y 0.30mg/lt. En horas de la tarde esto producido por la acción del viento.

En la grafica N° 13 se observa claramente la variación del oxigeno disuelto que se produce en el sistema de ingreso y salida al sistema de lagunas de estabilización.

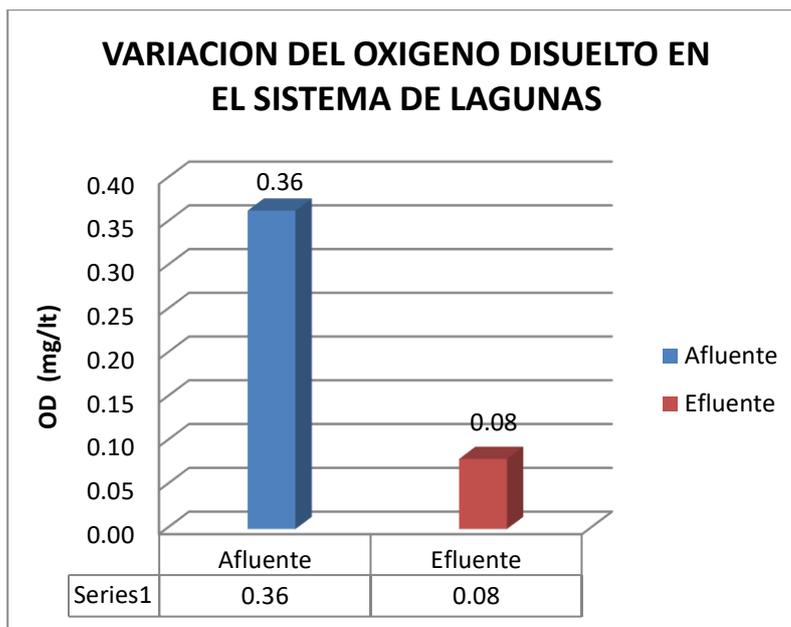


Figura N° 14: Variación Del OD Del Agua Residual En El Sistema

Parámetros evaluados en laboratorio – Químicos

1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

La remoción de este parámetro es fundamental en el funcionamiento de las lagunas de estabilización, en el cuadro se muestra la eficiencia de remoción de la carga orgánica en términos de DBO en la entrada del proceso, denotándose un descenso en cuanto a la biodegradabilidad de la materia orgánica a medida que avanza el tratamiento en el sistema reflejado en la salida del proceso con una eficiencia promedio de 37.04%. Lo que representa una remoción regular de dicho parámetro y que de alguna manera. Indica que la unidad trabaja efectivamente en la remoción de materia orgánica y que puede alcanzar valores más altos y significativos en la remoción de DBO en el sistema.

Cuadro N° 20

Eficiencia De Remoción De DBO5 En El Sistema De Lagunas

	DBO5	UNID
Afluente	410.87	(mg/lt)
Efluente	258.67	(mg/lt)
Eficiencia %	37.04	%

FUENTE: elaboración propia

Es fundamental que para poder reducir más la DBO5, lo recomendable es limpiar las lagunas sacando los sedimentos que estén depositados, para ampliar el tiempo de retención y de ser posible ampliar las lagunas para aumentar su capacidad de tratamiento.

2. Demanda química de oxígeno (DQO)

La remoción de la DQO es fundamental en un sistema de tratamiento. El cuadro N° 21 se muestra los niveles a la entrada y salida del sistema de lagunas, donde puede observarse un descenso apreciable durante el proceso de tratamiento, presentando una eficiencia de 34.06% de remoción de DQO.

Cuadro N° 21
Eficiencia De Remoción De DQO En El Sistema De Lagunas

	DQO	UNID
Afluente	892.67	(mg/lit)
Efluente	588.67	(mg/lit)
Eficiencia %	34.06	%

FUENTE: elaboración propia

La demanda química de oxígeno (DQO) debe ser monitoreado en las descargas de aguas residuales ya que es un contaminante potencial (ácido) y afecta al cuerpo receptor destruyendo los seres vivos microscópicos, en el efluente se puede notar un valor de 588.67 mg/lit. El cual está muy por encima del valor de los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el DS. N° 003 – 2010 – MINAM. Que es de 200 mg/lit.

3. Sólidos suspendidos totales

En el cuadro N° 22 se muestra los SST tanto en el ingreso como egreso al sistema, con una eficiencia de remoción de 46.41%. Esto demuestra que se encuentran en un rango aceptable de remoción ya que se debe considerar que las

aguas tratadas han sido sometidas a un tratamiento anaerobio, donde su principal mecanismo de remoción son los procesos de sedimentación.

Se puede observar en el efluente un valor de 89.67 mg/lit. El cual está por debajo del valor de los LMP del D.S N°003 – 2010 – MINAM, el cual es de 150 mg/lit.

Cuadro N° 22
Eficiencia De Remoción De Sólidos Suspendidos Totales En El Sistema De Lagunas

	SST	UNID
Afluente	167.33	(mg/lit)
Efluente	89.67	(mg/lit)
Eficiencia %	46.41	%

FUENTE: elaboración propia

4. Aceites y grasas

Los aceites y grasas alteran los procesos aerobios y anaerobios, forman películas que impiden el desarrollo de la fotosíntesis y cubren los fondos y lechos de ríos, degradando el ambiente durante el proceso de descomposición.

En el cuadro N°23 se observa un decremento apreciable en el efluente, lo cual indica que existe una biodegradación de Aceites y Grasas en el sistema con una eficiencia de remoción de 54.04%. También se puede apreciar un valor de 5.61 mg/lit. En el efluente. El cual está por debajo de los LMP que es de 20 mg/lit. Por lo cual se deduce que no estaría alterando los procesos aerobios ni anaerobios en el cuerpo receptor, en tal sentido no estaría degradando el ambiente.

Cuadro N° 23
Eficiencia De Remoción De Aceites y Grasas En El Sistema De Lagunas

	ACEITES Y GRASAS	UNID
Afluente	12.20	(mg/lit)
Efluente	5.61	(mg/lit)
Eficiencia %	54.04	%

FUENTE: elaboración propia

5. Nitrógeno total

Este parámetro es la suma del nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrito (NO). y debe ser controlable si se quiere descargar los efluentes a un cuerpo receptor (rio). En el cuadro N° 24 se muestra los valores de ingreso y salida del sistema de tratamiento, logrando una eficiencia de remoción de 32.51%. Lo cual nos indica que el sistema trabaja efectivamente en la remoción de nitrógeno.

Cuadro N° 24
Eficiencia De Remoción De Nitrógeno Total En El Sistema De Lagunas

	NITROGENO TOTAL	UNID
Afluente	9.75	(mg/l)
Efluente	6.58	(mg/l)
Eficiencia %	32.51	%

FUENTE: elaboración propia

6. Fosforo total

Como el nitrógeno es esencial para el crecimiento de protistas y plantas y es por eso que existe marcado interés en removerlo de las aguas residuales. Los resultados del análisis de fosforo total indican que se encuentran por debajo del valor que establecen las normas de vertido (5 mg/l) y refleja un porcentaje normal para aguas residuales de origen domestico puesto que contienen residuos humanos y detergentes.

Cuadro N° 25
Eficiencia De Remoción De Fosforo Total En El Sistema De Lagunas

	FOSFORO TOTAL	UNID
Afluente	5.41	(mg/l)
Efluente	3.25	(mg/l)
Eficiencia %	39.93	%

FUENTE: elaboración propia

✚ Parámetros evaluados en laboratorio – Bacteriológicos

1. Coliformes totales

La velocidad de remoción de bacteria aumenta con la presencia de oxígeno disuelto y con valores de pH superiores a niveles de 9.0. Los resultados obtenidos en los muestreos realizados confirman que tales condiciones difícilmente se logran en el sistema. La falta de mantenimiento, permite que en la mayor parte del tiempo se observe una capa sobrenadante (nata y lentejas de agua) en aproximadamente un 40 % de superficie de las lagunas. Dificultando el paso de la luz solar a regiones más profundas y afectando al proceso de eliminación de bacterias coliformes y la actividad fotosintética.

La concentración de coliformes totales obtenidas en el efluente 4880 NMP/100ml indica que estas aguas no deben ser vertidas en un cuerpo receptor, por no cumplir con las normas de calidad de aguas residuales, (ECA) para agua, establecidos por el MINAM en el decreto supremo N° 002-2008. **Categoría 4:** conservación del ambiente acuático (ríos), cuyo valor es de 3000 NMP/100ml.

Cuadro N° 26

Eficiencia De Remoción De Coliformes Totales En El Sistema De Lagunas

	COLIFORMES TOTALES	UNID
Afluente	1.60E+04	(NMP/100ml)
Efluente	4.90E+03	(NMP/100ml)
Eficiencia %	69.44	%

FUENTE: elaboración propia

2. Coliformes fecales

Aunque el porcentaje promedio de remoción de coliformes fecales es de 63.59 %, para ambas lagunas, la cantidad de coliformes fecales remanentes en el sistema es alta alcanzando valores de 3.32×10^3 NMP/100ml, esta cantidad sobrepasa los parámetro de las norma de vertidos de efluente de sistema de tratamiento que descargan en cuerpos receptores naturales.

Estos resultados indican que las lagunas primarias no son suficientes para garantizar una eficiencia bacteriológica que satisfaga lo recomendado en las normas de vertidos nacionales e internacionales.

Cuadro N° 27
Eficiencia De Remoción De Coliformes Fecales En El Sistema De Lagunas

	COLIFORMES FECALES	UNID
Afluente	9.12E+03	(NMP/100ml)
Efluente	3.32E+03	(NMP/100ml)
Eficiencia %	63.59	%

FUENTE: elaboración propia

4.2.5.4 EFICIENCIA DE REMOCION Y COMPORTAMIENTO OPERACIONAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Comportamiento Operacional

Las lagunas de estabilización de aguas residuales domesticas de la ciudad de Azángaro, deberían de tener un comportamiento en sus lagunas como facultativas, lo que se sustenta al comparar la carga superficial aplicada 243.80 (Kg.DBO5/Ha*día), es menor a la carga superficial máxima admisible 266.76 (Kg.DBO5/Ha*día) y están dentro del rango para cargas de diseño de lagunas facultativas de 50 y 300 kg de DBO/Ha*día. Lo que confirma que las lagunas operan como facultativas, sin embargo la profundidad útil de las lagunas es de 0.60cm. Lo que significa q estas lagunas no están trabajando como facultativas y si como aerobias.

Cuadro N° 28
Concentración de Carga Total Aplicada (Materia Orgánica) y Carga Superficial Aplicada en el Sistema de Lagunas.

CARGAS	LAGUNA N° 1	LAGUNA N° 2	PROMEDIO EN EL SISTEMA
Cta (Kg.DBO5/día)	248.68	248.68	248.68
Csa (Kg.DBO5/Ha*día)	243.80	243.80	243.80

FUENTE: elaboración propia

Cuadro N° 29

Cargas Superficial Máximas Admisibles en Lagunas Facultativas según Modelos.

Cargas Superficial Máxima Admisible (Kg.DBO5/Has*día)	LAGUNA N° 1	LAGUNA N° 2	PROMEDIO EN EL SISTEMA
Norma Saneamiento S090 RNC	210.24	210.24	210.24
Cepis - Yañez	267.53	267.53	267.53
Mc. Garry y Pescod	322.52	322.52	322.52
Promedio de Lagunas	266.76	266.76	266.76

FUENTE: elaboración propia

EFICIENCIA DE REMOCION DE DBO

La eficiencia de remoción de DBO5 obtenida con los modelos y la evaluación del sistema in-situ, se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 30

**Comparación de la Eficiencia de Remoción de DBO5 Según los Modelos
Evaluados**

MODELO	LAGUNA N° 1	LAGUNA N° 2	PROMEDIO EN EL SISTEMA
CEPIS (Flujo Disperso)	78.90	78.90	78.90
Marais - Shaw (Mezcla Completa)	71.15	71.15	71.15
Evaluación Actual	37.04	37.04	37.04

FUENTE: elaboración propia

Según los resultados del presente estudio la eficiencia del sistema demuestra el comportamiento del flujo disperso que predomina en las lagunas, la que se analizó en base a las eficiencias obtenidas con los modelos de remoción de carga orgánica y lo estimado en el campo según resultados obtenidos en laboratorio.

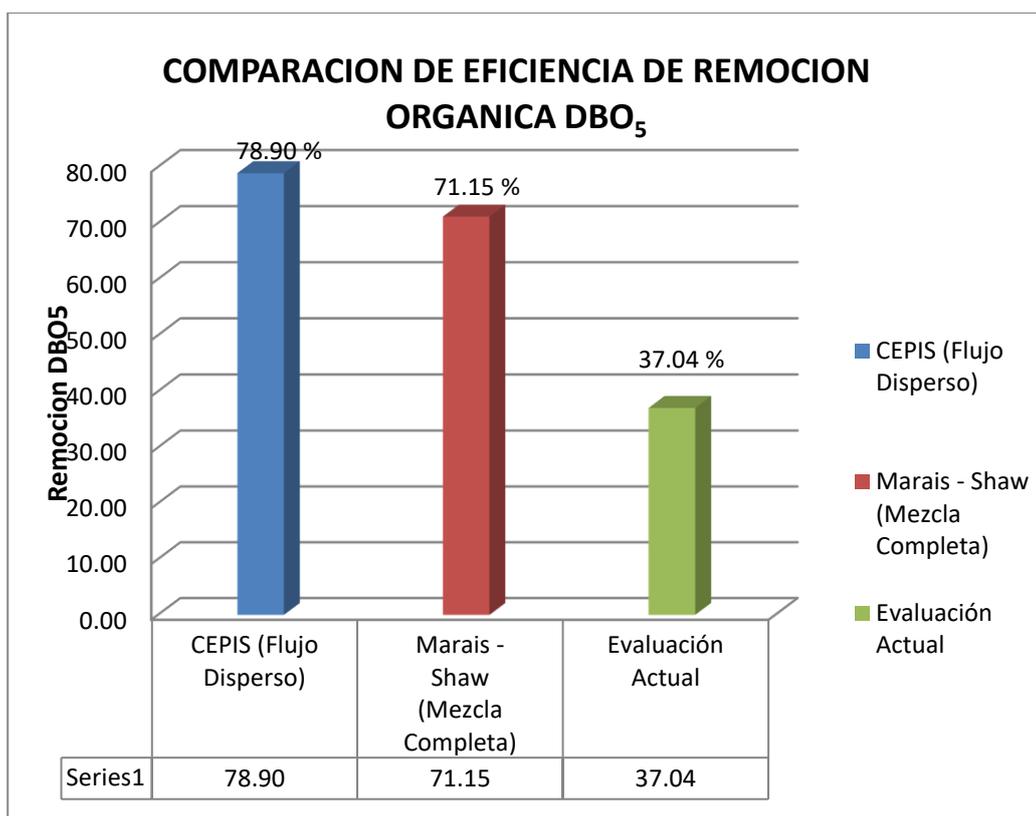


Figura N° 15: Comparación de Remoción Orgánica Según los Modelos Evaluados

En la figura N° 15 podemos apreciar la comparación de la eficiencia de remoción orgánica según modelos evaluados y la propia evaluación en campo, pudiéndose notar que según el modelo CEPIS la eficiencia es más alta con un 78.90% de eficiencia, seguido por el método de MARAIS-SHAW con 71.15% y lo real en campo es de 37.04%. Lo que significa una remoción regular de dicho parámetro y que de alguna manera. Indica que la unidad trabaja efectivamente en la remoción de materia orgánica y que puede alcanzar valores más altos y significativos en la remoción de DBO5 en el sistema.

EFICIENCIA DE REMOCION DE COLIFORMES FECALES

La eficiencia de remoción coliformes fecales obtenida con los modelos y la evaluación del sistema in-situ, se muestra en el cuadro N° 31

Cuadro N° 31

Comparación de Eficiencia de Reducción de Coliformes Fecales según Modelos Evaluados.

MODELO	LAGUNA N° 1	LAGUNA N° 2	PROMEDIO EN EL SISTEMA
Marais – Shaw (Mezcla Completa) %	81.74	81.74	81.74
Wehner y Wilhelm (Flujo Disperso) %	96.95	96.95	96.95
Evaluación Actual %	63.59	63.59	63.59

FUENTE: elaboración propia

Según los resultados del presente estudio en las lagunas para la reducción de coliformes fecales, se comportan bajo un sub. Modelo hidráulico de mezcla completa más no así como un flujo disperso. En donde las eficiencias de tratamiento y/o reducción de coliformes es de 63.59 % con la evaluación actual y 81.74% según el modelo de Marais – Shaw.

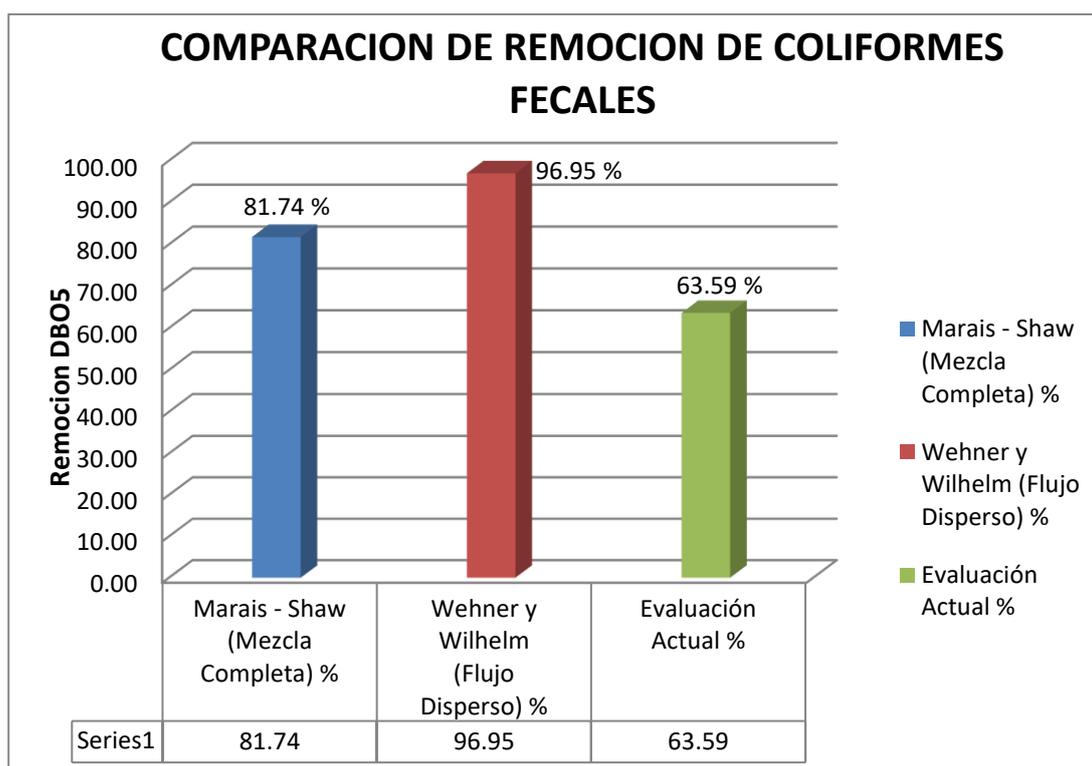


Figura N° 15: Comparación de Remoción de Coliformes Fecales Según los Modelos Evaluados

4.2.6 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Según los resultados del presente estudio en las lagunas los afluentes deben cumplir con las normas vigentes de calidad LMP, para ser descargadas a cuerpos receptores sin generar contaminación.

Cuadro N° 32

Comparación de parámetros en salida del sistema (efluente) con Límites Máximos Permisibles Para Los Efluentes De PTAR Municipales

PARAMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS	PARAMETROS DE SALIDA EN EL SISTEMA	NIVEL DE CONTAMINACION
Aceites y grasas	Mg/l	20	5.61	Aceptable
Coliformes termo tolerantes	NMP/100ml	10,000	-----	-----
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	100	258.67	Fuerte
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	200	588.67	Fuerte
pH	Unidad	6.5 – 8.5	7.99	Aceptable
Sólidos totales en Suspensión	ml/l	150	89.67	Aceptable
Temperatura	°C	<35	17.27	Aceptable

Fuente: MINAM decreto supremo N° 003-2010

En el cuadro se observa que al comparar los valores observados en el efluente con los LMP establecidos en el D.S. N° 003 – 2010 – MINAM, se deduce que el nivel de contaminación es alto ya que los contaminantes potenciales (DBO₅, DQO). Superan los LMP en más del doble. Contaminando y afectando de este modo a la vida acuática existente en el río Azángaro. Con lo cual se deduce que el agua residual del efluente no cumple con los LMP para poder ser vertidas al cuerpo receptor, contaminando y afectando a la vida acuática existente en el río Azángaro.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) encontrada en el sistema es alta ya que superan en más del doble a los límites máximos permisibles y para la protección ecológica es necesario disminuir la carga orgánica (DBO_5) de las aguas residuales. Para lograr de esta manera que el nivel de oxígeno disuelto (OD) en los cuerpos receptores se vea menos comprometido, con el consiguiente beneficio para los peces y demás organismos acuáticos.

La demanda química de oxígeno (DQO) debe ser monitoreado en las descargas de aguas residuales ya que es un contaminante potencial (ácido) y afecta al cuerpo receptor destruyendo los seres vivos microscópicos, en el efluente se puede notar un valor de 588.67 mg/lit. El cual está muy por encima del valor de los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el DS. N° 003 – 2010 – MINAM. Que es de 200 mg/lit.

No se realizó la evaluación del parámetro de COLIFORMES TERMOTOLERANTES en base a los límites máximos permisibles (LMP), puesto que este tipo de análisis no lo realiza ningún laboratorio en la ciudad de Puno. Y no fue posible realizar el análisis correspondiente.

4.3 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Para la mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Azángaro es necesaria la realización de actividades de operación y mantenimiento correspondiente, así también construir infraestructura secundaria para el mejor manejo y cuidado del sistema de lagunas y la planta de tratamiento en general.

4.3.1 OPERACIÓN DE LAS LAGUNAS

Operación del funcionamiento hidráulico.

Deben controlarse tanto los canales y tuberías de distribución de las lagunas primarias como las interconexiones entre lagunas y las salidas de aguas tratadas, con el fin de asegurar una buena distribución en los afluentes y efluentes de las lagunas.

Es parte de la operación rutinaria el efectuar un recorrido diario por las instalaciones y anotar las observaciones detectadas en el terreno. Se debe verificar si la distribución de caudales es equitativa por los diversos ramales.

Con ayuda de cepillo, se debe limpiar periódicamente los vertederos y juntas de las compuertas de los dispositivos de salida de las lagunas para evitar la formación de capas de espuma y/o algas.

Observaciones De Características Generales En Lagunas De Estabilización

Existen tres puntos principales de control en las lagunas de estabilización: la laguna en sí, a la entrada y a la salida de ella. Los diversos análisis y mediciones realizados en cada uno de esos puntos serán utilizados para determinar cómo se está desarrollando el proceso de tratamiento, para prever las alteraciones operacionales que fuesen necesarias y para verificar la eficiencia del sistema.

En un sistema de una laguna, el operador debe realizar el control de la profundidad de la lámina de agua. Cuando el sistema proyectado incluye múltiples lagunas en serie y/o en paralelo, el operador posee un mayor número de opciones para el control, tales como:

- Transferir el líquido de una laguna a otra para corregir un problema de deficiencia de oxígeno.
- Variar la profundidad de la lámina de agua para el control de la vegetación y de las larvas de mosquitos.
- Aislar una laguna que se torna anaerobia o permitir que haya una aclimatación de los microorganismos para asimilar una carga de residuos de tóxicos.
- Alterar el régimen de operación –en serie o en paralelo- para redistribuir las cargas orgánicas en las diferentes lagunas.

Se deberá contemplar su seguimiento diario, constituido por observaciones directas de cada unidad y el registro oportuno de cualquier situación que indique un funcionamiento fuera de lo normal, es decir, apariencia y color indeseado, desbalances en el ph, etc. Estos factores pueden acusar desajustes en la situación biológica de la masa de agua en la laguna y ocasionar efectos ambientales adversos.

Coloración y apariencia de las lagunas.- El análisis de este parámetro nos permite emitir algún juicio respecto al comportamiento de las lagunas, ya que nos indica en algunos casos la presencia de altas cargas orgánicas y de nutrientes o la presencia de diferentes tipo de microorganismos en las capas superficiales del agua. Las lagunas pueden presentarse así:

Color verde oscuro y parcialmente transparente: Indica buenas condiciones. Es mayor en los efluentes secundarios que en los primarios. Sin embargo, hay que tener presente que una coloración verdosa sumamente densa indica un crecimiento excesivo de algas, que provoca una reducción de la capa fótica y por lo tanto puede dar como

resultado que la laguna funcione anaeróbiamente en las zonas profundas, de no existir una buena mezcla.

Color café-amarillento o muy claro: Crecimiento excesivo de rotíferos o crustáceos, lo que induce a una disminución de algas, OD y ph además de la presencia de malos olores.

Color gris o café oscuro: Es señal de laguna sobrecargada y/o períodos de retención muy cortos, con lo cual no se alcanza la estabilización de la materia orgánica. En este caso, es conveniente interrumpir la operación de la laguna hasta encontrar una solución que permita optimizar su operación, como por ejemplo aumentar el número de dispositivos de entradas y salidas, reducir el caudal para controlar la carga orgánica, etc.

Color verde-lechoso: Proceso de autofloculación. Ocurre cuando el ph y la temperatura en la laguna se elevan a tal punto que se produce la precipitación de los hidróxidos de magnesio o de calcio, acarreado consigo las algas y otros microorganismos hacia el fondo.

Color azul-verdoso: Establecimiento de algas azul-verdosas, indeseadas en las lagunas de estabilización por ser productoras de nata que inhibe la fotosíntesis de las algas verdes y debido a que producen toxinas que podrían causar daños al zooplancton. Se detectan cuando el ph es menor de 6,5 y el oxígeno disuelto es menor de 1 mg/l. Para controlarlas, se aplica una solución de sulfato de cobre de 1,25 kg por 1.000 m³, si la alcalinidad es mayor a 50 mg/l.

Color rosado: Se da generalmente en las lagunas primarias con sobrecarga orgánica cuyas aguas contienen altas concentraciones de compuestos de azufre. En este caso, es conveniente suspender la alimentación de la laguna hasta restitirse en la masa de agua

las condiciones para el crecimiento de la masa algal.

Transparencia.- La evaluación de la apariencia y color debe ir acompañada de datos de transparencia. Este parámetro indica indirectamente la concentración de algas y por tanto, la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. La penetración de la luz se medirá con el disco Secchi. Mientras mayor sea la carga aplicada a las lagunas, menor será la profundidad de transparencia. Por consiguiente, la penetración de la luz en las lagunas primarias será menor que la de una laguna secundaria. En términos generales, en una laguna primaria se espera que la lectura del disco Secchi fluctúe entre 5 y 10 cm, en tanto que en una laguna secundaria el valor oscilará entre 10 y 20 cm.

Uno de los registros rutinarios que se deben realizar en la planta es el de tipo meteorológico, tanto a fin de prevenir reacciones adversas en las lagunas, como para poder interpretar los datos operacionales en algún proyecto de investigación a ser implementado. En dicha estación se requiere disponer por lo menos de equipos que midan la temperatura ambiental (media, máxima y mínima), evaporación, humedad relativa, dirección y velocidad del viento.

4.3.2 MANTENIMIENTO.

En lo que respecta a mantenimiento, es necesario efectuar las siguientes actividades:

MANTENIMIENTO DEL TRATAMIENTO PRELIMINAR

Las aguas residuales contienen trapos, desperdicios, pedazos de madera, arena, etc. que deben ser removidos antes de ingresar a las unidades de tratamiento debido a que pueden obstruir cañerías, canaletas, orificios, etc. que una vez admitidas en la planta, son de difícil remoción y pueden afectar posteriormente el proceso de tratamiento

MANTENIMIENTO EN LAGUNAS

Remoción de Lodos de las Lagunas.

Se debe de realizar la remoción del manto de lodos en las lagunas, ya que esta se encuentra en una capa de más de 1.20m. y de esta forma lograr que se amplíe el periodo de retención y por ende mejorar la remoción de la carga orgánica. Es recomendable realizar la limpieza de lodos por cada año de operación.

Limpieza de las natas y material flotante de las lagunas.

Es fundamental realizar la limpieza de natas y material flotante periódicamente ya que esta influye en el proceso biológico, así también obstruye el normal funcionamiento de la laguna evitando la producción de oxígeno por el efecto de la fotosíntesis.

Es necesario realizar también actividades de mantenimiento como:

- Limpieza del material vegetal en los diques, riego de la grama sembrada en los taludes y corte de la misma.
- Limpieza de los sedimentos y material de acarreo en las cunetas de coronación y canal de desvío.
- Mantenimiento de los diques para minimizar el efecto erosivo de las aguas de lluvia como curado de grietas y, de la capa de rodadura.
- Mantenimiento de las instalaciones asociadas a la planta, como: edificaciones, caminos de acceso, áreas verdes.

4.3.3 CONSTRUCCIONES ADICIONALES.

Es necesario realizar la construcción de infraestructura secundaria que permitan mejorar la operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales, así también mejorar la calidad de agua en el efluente:

- Construcción de lechos de secado para el tratamiento de lodos.
- Construcción de micro relleno sanitario para disposición final de residuos del

tratamiento preliminar y material flotante en las lagunas.

- Construcción de canales de coronación para aguas de lluvia que permitan evitar el ingreso de aguas de lluvia a las lagunas de estabilización.
- Construcción de lagunas secundarias, que permitan mejorar la remoción de materia orgánica, con el fin de mejorar la calidad del efluente y evitar de este modo seguir contaminando y afectando la vida acuática del río azangaro.

V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

A lo largo del presente trabajo “propuesta metodológica para la evaluación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas mediante lagunas de estabilización - Azángaro” se ha realizado investigaciones de gabinete, campo y laboratorio, que nos permiten llegar a las siguientes conclusiones.

1. La presente propuesta metodológica para la evaluación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante lagunas de estabilización se basa un diseño metodológico y en la estrategia de validez metodológica denominada triangulación. La cual recoge información de estudios pasados de evaluación, combinados y adaptados. Tomando en cuenta estos instrumentos y concepciones, con nuevas experiencias en los últimos años. De tal modo que nos sirve como guía de planificación, para definir claramente los recursos necesarios y el proceso a seguir para lograr obtener los alcances y resultados esperados en una evaluación de un sistema de lagunas de estabilización.
2. Se realizó la evaluación del sistema de lagunas de estabilización de la ciudad de Azángaro, basándonos en la metodología planteada. Pudiéndose determinar que el sistema no está trabajando eficientemente ya que su eficiencia de remoción es baja. La eficiencia de tratamiento del sistema mediante Los parámetros evaluados son: DBO5 37.04%, DQO 34.06%, Aceites y Grasas 54.04%, Sólidos totales en suspensión 46.41%. También se determinó la eficiencia de remoción de Coliformes Totales 69.44% y Coliformes Fecales 61.07%.

3. La eficiencia de remoción mediante los parámetros de DBO5 y Coliformes Fecales Según Modelos son: Eficiencia de remoción de materia orgánica (DBO5), CEPIS 80.63%, Marais – Shaw 71.15%; y la eficiencia de remoción de Coliformes Fecales, Marais – Shaw 81.74%, Wehner y Wilhelm 96.95%.
4. El sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Azángaro, debe de tener un comportamiento en sus lagunas como facultativas, lo que se sustenta al comparar la carga superficial aplicada 243.80 (Kg.DBO5/Has/día), es menor a la carga superficial máxima admisible 266.76 (Kg.DBO5/Has/día) y están dentro del rango para cargas de diseño de lagunas facultativas de 50 y 300 kg de DBO/Ha/día. Lo que confirma que las lagunas operan como facultativas, sin embargo la profundidad útil de las lagunas es de 0.60cm. lo que significa q estas lagunas están trabajando como aerobias.
5. Al comparar los valores determinados en el efluente con los LMP (límites máximos permisibles) establecidos en el D.S. N° 003 – 2010 – MINAM, se concluye que el nivel de contaminación es alto ya que los contaminantes potenciales (DBO5, DQO). Superan los LMP en más del doble. Contaminando y afectando de este modo a la vida acuática existente en el rio Azángaro.
6. Según el balance hidráulico se encontró que las pérdidas del caudal en el sistema es de 1.68 lts/seg, lo que representa el 11.97% de perdidas en el efluente, cantidad que sobrepasa los parámetros, el valor debe ser menor que el diez por ciento del caudal que ingresa, pero de algún modo no es relativamente alto.

RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta la utilidad del presente trabajo es necesario tomar ciertas medidas y sugerencias que conllevaran a realizar mejoras en el sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Azángaro mediante lagunas de estabilización.

1. Antes de realizar cualquier investigación es de suma importancia tener un documento que describa la metodología a seguirse, el simple deseo de investigar no es justificación para comenzar actividades de investigación. Para ello la presente propuesta metodológica para la evaluación de lagunas de estabilización constituye una guía para su aplicación, la cual sirve para planificar y definir claramente el proceso, objetivos y alcances del estudio a realizar.

A LAS INSTITUCIONES COMPETENTES

2. Realizar el mantenimiento de la infraestructura de tratamiento preliminar en los periodos recomendados, el cual consistirá en la limpieza de la cámara de rejillas y el desarenador. Indudablemente esta frecuencia puede variar en función a la cantidad de material retenido en la rejilla.
3. Realizar el mantenimiento de las lagunas de estabilización, en los periodos recomendados, el cual consistirá en actividades de evacuación del manto de lodos y vegetación superficial de las unidades de tratamiento (lagunas facultativas), así también la limpieza de lodos, natas y sólidos suspendidos en las lagunas facultativas.

4. Es fundamental la construcción de dos lagunas secundarias o de maduración que permitan mejorar la remoción de la materia orgánica y reducción de los organismos patógenos presentes en el agua residual provenientes de las lagunas facultativas primarias, con el propósito de lograr una calidad de efluente adecuada que este entre los límites máximos permisibles de vertido de aguas residuales a cuerpos receptores.
5. Es necesario realizar la construcción de infraestructura secundaria que permitan mejorar la planta de tratamiento de aguas residuales en general como:
 - Construcción de lechos de secado para el tratamiento de lodos.
 - Construcción de micro relleno sanitario para disposición final de residuos del tratamiento preliminar.
 - Construcción de canales de coronación para aguas de lluvia que permitan evitar el ingreso de aguas de lluvia a las lagunas de estabilización.
6. Es necesario realizar gestiones para poder implementar nuevos sistemas con mayor eficiencia en el tratamiento de aguas residuales de forma que se adapten a la realidad del altiplano puneño, que vaya de acuerdo a los cambios de la tecnología y conservando nuestro medio ambiente.
7. 5. se recomienda a los titulares de la PTAR de la ciudad de Azángaro, la cual esta en funcionamiento y no cuenta con Certificación Ambiental. Presentar un Programa De Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA), ante el Ministerio De Vivienda, Construcción Y Saneamiento. El cual establecerá una serie de compromisos y un cronograma de actividades que deberán ser cumplidos para que la actividad (PTAR) logre cumplir con la nueva legislación.

VI: BIBLIOGRAFÍA

1. ALANOCA F., Néstor. “Evaluación de la eficiencia operacional mediante las características físico-químicas y biológicas de los afluentes y efluentes de las lagunas de estabilización en llave”. Tesis para optar el título de ingeniero agrícola. Universidad nacional del altiplano. 2008 Puno-Perú.
2. CORREA, RG. “evaluación y monitoreo del sistema de lagunas de estabilización del municipio de santa fe de Antioquia, Colombia” Trabajo de Investigación presentado como requisito para optar al título de Magíster en Ingeniería Sanitaria Universidad De Antioquia Facultad De Ingeniería Departamento De Ingeniería Sanitaria Y Ambiental Maestría En Ingeniería Medellín. 2008
3. CRITES, R. Small and decentralized wastewater management systems. USA; 1998. McGraw – Hill. 550 p.
4. CRITES R, TCHOBANOGLOUS G. (2000). Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Editorial McGraw-Hill. Bogotá (Colombia).
5. DENZIN, N. (1989). Strategies of multiple triangulation. The Research Act: A theoretical Introduction to Sociological Methods.
6. GAITAN M, ÁREAS MF. Monografía: “Evaluación modular de la calidad del aguas de Lagunas de Mazaya”.
7. GUEVARA, VA. (1996) Propuesta metodológica evaluación de lagunas de estabilización primera aproximación. OPS/C.E.P.I.S. Lima – Perú
8. JARQUIN, GF. (2003). “Evaluación Operacional De Las Lagunas De Estabilización”. León – Nicaragua
9. LEÓN, SG. / Asesor de CEPIS “Aspectos generales y principios básicos de los sistemas de lagunas de estabilización”, Programa de tratamiento de Aguas Residuales, Santiago de Cali, Colombia. 12-14 de julio de 1995, Seminario Internacional / Lagunas de estabilización.
10. LEÓN, SG. (1997). “Objetivos De Selección De Tecnología Para El Tratamiento De Aguas Residuales En América Latina Y El Caribe”. IV Curso Internacional

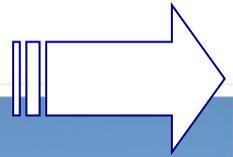
sobre lagunas de estabilización, diseño, construcción, mantenimiento y uso del efluente. OPS/CEPIS.

11. METCALF L, EDDY HP. (1995). "Ingeniería de Aguas Residuales": Tratamiento, Vertido y Reutilización, Vol.1 y Vol. 2, Editorial McGraw-HILL, Madrid – España.
12. METCALF & EDDY. (1996). "Ingeniería De Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido Y Reutilización". McGraw –Hill / Interamericana Editores .Tercera edición. México, Tomo2. 1996, Pág. 1010.
13. MOTTA R., Denys E. "Evaluación de las Condiciones Físicas y de Operación en las Lagunas de Estabilización de la Base Militar N° 10 de Jutiapa". Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Mayo del 2003
14. NOYOLA, A. Tendencias en el tratamiento de aguas residuales domésticas en Latinoamérica. En Agua 2003, Seminario Internacional sobre Métodos Naturales para el Tratamiento de Aguas Residuales. Cartagena (Colombia).
15. Organización Panamericana de la Salud. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. "Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de estabilización". Lima, 2005.
16. PALACIOS, FS, (1991). "Proyecto Ecológico y Hidráulico de Tratamiento de Aguas Residuales", Miraflores, Lima-Perú.
17. RNE, D.S. N° 011 - 2006 – VIVIENDA, TITULO II, HABILITACIONES URBANAS; II.3. OBRAS DE SANEAMIENTO, OS. 090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales
18. ROJAS, VR. "Evaluación De Lagunas De Estabilización Métodos Experimentales", CEPIS. "Lagunas de Estabilización". Junio, 1992. Lima, Perú.

19. ROMERO, RJ, "Tratamiento de Aguas residuales por Lagunas de Estabilización", tercera edición.
20. ROLIM, M.S. (2000) "Sistemas de Lagunas de Estabilización", Editorial McGRAW-HILL INTERAMERICANA, Santa Fe Bogotá – Colombia.
21. RUIZ, I. "Tratamiento de Aguas residuales", Granada - España.
22. SÁENZ, FR. OPS/OMS, (1992). "Predicción de la Calidad del Efluente en Lagunas de Estabilización", Washington, D. C.
23. SAENZ, FR. "Lagunas de Estabilización y Otros Sistemas Simplificados para el Tratamiento de aguas Residuales". CEPIS/OPS – 1985.
24. SÁNCHEZ, V. Características biológicas y microbiológicas de las aguas residuales. CIECCA. Documento prestado por la Dra. Virginia Montero del Laboratorio de Servicios Químicos y microbiológicos del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. 82 p.
25. SANDOVAL C. (2002). Investigación cualitativa y cuantitativa. Programa de Especialización en Teoría, Métodos y Técnicas de Investigación. Módulo cuatro.
26. TCHOBANOGLIOUS G. Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización. México. D.F. México; 1996. McGraw – Hill 752 p.
27. YAÑES, CF. "Manual de Métodos Experimentales: Evaluación de lagunas de estabilización en Serie". Técnica 24. Lima, Perú. Noviembre, 1990.

ANEXO 01

PANEL FOTOGRAFICO



Vista 01. Sistema de Lagunas de estabilización distribuidas en Paralelo.



Vista 02. Llegada del agua residual al tratamiento preliminar de la PTAR de la Ciudad.



Vista 03. Llegada del afluente al sistema de tratamiento preliminar.



Vista 04. Kit de Materiales y Equipos para la Evaluación de Parámetros In-situ.



Vista 05. Medición de parámetros operacionales en el afluente del sistema de lagunas.



Vista 06. Medición de parámetros operacionales en el efluente del sistema de lagunas.



Vista 07. Descarga del Efluente 60m. Antes del cuerpo Receptor (rio Azángaro).

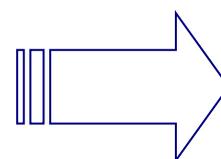


Vista 07. Descarga del efluente al cuerpo receptor (rio Azángaro)

ANEXO 02

DATOS DE PARAMETROS ANALIZADOS

- RESULTADOS PROMEDIOS DE PARÁMETROS ANALIZADOS IN-SITU
- CERTIFICADOS DE ANÁLISIS EN LABORATORIO



FICHA DE RESULTADOS PROMEDIOS DE ANALISIS A LAS MISMAS HORAS EN TODOS LOS DIAS DE MUESTREO CONTINUO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION - AZANGARO							
PARAMETROS OPERACIONALES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO							
AFLUENTE							
HORA	Caudal	T° Agua	T° Amb.	pH	TDS	C.E	O.D
	L/Seg.	C°	C°		ppm	uS/cm	Mg/L
06:00 a.m.	14.20	13.20	12.00	7.65	1362	2336	0.14
07:00 a.m.	16.80	13.60	12.50	7.86	1352	2315	0.17
08:00 a.m.	14.60	14.80	14.50	7.73	1425	2429	0.23
09:00 a.m.	11.67	16.22	14.83	7.95	1374	2356	0.31
10:00 a.m.	10.50	17.17	20.32	7.87	1499	2498	0.43
11:00 a.m.	11.76	17.36	20.25	7.81	1370	2140	0.51
12:00 p.m.	13.65	17.70	21.00	7.79	1228	2046	0.52
01:00 p.m.	16.70	18.20	21.20	7.98	1196	1912	0.53
02:00 p.m.	17.20	18.79	21.00	7.73	1206	2023	0.45
03:00 p.m.	14.60	17.80	20.60	7.86	1259	2036	0.43
04:00 p.m.	14.20	17.23	18.05	7.84	1126	2043	0.33
05:00 p.m.	12.50	15.35	16.30	7.93	1158	2056	0.21
Promedio	14.03	16.45	17.71	7.83	1296.25	2182.50	0.36
Maximo	17.20	18.79	21.20	7.98	1499.00	2498.00	0.17
Minimo	10.50	13.20	12.00	7.65	1126.00	1912.00	0.51
desv estan.	2.16	1.82	3.51	0.10	116.36	192.47	0.14
coef. Variac.	15.38	11.08	19.84	1.25	8.98	8.82	39.94
<i>FUENTE: Elaboracion Propia</i>							
EFLUENTE							
HORA	Caudal	T° Agua	T° Amb.	pH	TDS	C.E	O.D
	L/Seg.	C°	C°		ppm	us/cm	Mg/L
06:00 a.m.	13.00	11.20	12.00	7.83	1123	2436	0.00
07:00 a.m.	15.10	11.85	12.50	7.93	1242	2526	0.00
08:00 a.m.	14.20	13.70	14.50	8.04	1109	2517	0.00
09:00 a.m.	9.82	16.00	14.83	7.85	1153	2463	0.00
10:00 a.m.	9.90	18.15	20.32	7.98	1176	2345	0.04
11:00 a.m.	9.71	18.50	20.25	7.91	1154	2308	0.03
12:00 p.m.	11.4	19.20	21.00	8.06	1167	2333	0.10
01:00 p.m.	13.58	20.70	21.20	8.04	1069	2385	0.15
02:00 p.m.	14.08	21.20	21.00	8.08	923	2345	0.21
03:00 p.m.	13.10	20.40	20.60	8.02	962	2289	0.22
04:00 p.m.	12.80	18.85	18.05	8.09	982	2456	0.16
05:00 p.m.	11.56	17.50	16.30	8.01	998	2386	0.08
Promedio	12.35	17.27	17.71	7.99	1088.17	2399.08	0.08
Maximo	15.10	21.20	21.20	8.09	1176.00	2526.00	0.00
Minimo	9.71	11.20	12.00	7.83	923.00	2308.00	0.03
desv estan.	1.85	3.39	3.51	0.09	100.34	79.60	0.08
coef. Variac.	14.96	19.61	19.84	1.10	9.22	3.32	101.67
<i>FUENTE: Elaboracion Propia</i>							

FICHA DIARIA DE MUESTREO CONTINUO

LAGUNAS DE ESTABILIZACION

DISTRITO DE AZANGARO, PROVINCIA DE AZANGARO

UBICACIÓN: - PUNO

FECHA: LUNES 26/11/2012

Br. QUISPE HUMIRE, Jorge

RESPONSABLE: Luis

AFLUENTE							
HORA	Caudal	T° Agua	T° Amb.	pH	TDS	C.E	O.D
	L/Seg.	C°	C°		ppm	us/cm	Mg/L
06:00 a.m.	15.38	13.34	12.14	7.82	1370	2327	0.10
07:00 a.m.	17.91	14.26	13.16	7.87	1420	2277	0.20
08:00 a.m.	11.36	14.29	13.99	7.72	1485	2476	0.20
09:00 a.m.	10.40	15.88	14.49	7.89	1413	2374	0.30
10:00 a.m.	10.50	17.49	20.64	7.71	1566	2492	0.40
11:00 a.m.	11.85	18.08	20.97	7.50	1219	2149	0.54
12:00 p.m.	14.26	18.79	22.09	8.18	1186	1980	0.45
01:00 p.m.	12.82	19.87	22.87	7.79	1145	1812	0.60
02:00 p.m.	16.06	19.25	21.46	6.72	1219	1945	0.62
03:00 p.m.	14.78	18.19	20.99	7.49	1202	1982	0.45
04:00 p.m.	14.21	16.91	17.73	7.71	1149	1986	0.23
05:00 p.m.	12.47	14.88	15.83	7.61	1138	2050	0.12

FUENTE: Elaboracion Propia

EFLUENTE							
HORA	Caudal	T° Agua	T° Amb.	pH	TDS	C.E	O.D
	L/Seg.	C°	C°		ppm	us/cm	Mg/L
06:00 a.m.	12.80	11.82	12.14	7.35	1056	2460	0.00
07:00 a.m.	15.20	11.97	13.16	7.42	967	2525	0.00
08:00 a.m.	14.23	15.15	13.99	7.53	1064	2543	0.00
09:00 a.m.	9.94	17.96	14.49	7.29	1383	2520	0.00
10:00 a.m.	9.85	18.60	20.64	7.85	1317	2365	0.10
11:00 a.m.	9.85	17.62	20.97	7.25	1308	2306	0.15
12:00 p.m.	11.21	19.59	22.09	8.00	987	2350	0.20
01:00 p.m.	13.39	20.32	22.87	7.98	982	2352	0.15
02:00 p.m.	14.43	20.26	21.46	8.24	1111	2367	0.30
03:00 p.m.	13.19	19.39	20.99	7.79	1096	2284	0.30
04:00 p.m.	12.89	18.73	17.73	7.84	1079	2482	0.20
05:00 p.m.	11.65	17.43	15.83	7.81	1067	2370	0.10

FUENTE: Elaboracion Propia

FICHA DIARIA DE MUESTREO CONTINUO

LAGUNAS DE ESTABILIZACION

DISTRITO DE AZANGARO, PROVINCIA DE AZANGARO

UBICACIÓN: - PUNO

FECHA: MARTES 27/11/2012

Br. QUISPE HUMIRE, Jorge

RESPONSABLE: Luis

AFLUENTE							
HORA	Caudal	T° Agua	T° Amb.	pH	TDS	C.E	O.D
	L/Seg.	C°	C°		ppm	us/cm	Mg/L
06:00 a.m.	14.46	12.84	12.14	7.38	1360	2318	0.20
07:00 a.m.	16.06	15.47	13.16	8.02	1410	2282	0.18
08:00 a.m.	15.38	15.31	13.99	8.53	1542	2409	0.20
09:00 a.m.	12.97	16.28	14.49	7.67	1333	2258	0.32
10:00 a.m.	10.50	17.73	20.64	7.94	1640	2477	0.40
11:00 a.m.	11.85	18.48	20.97	7.58	1538	2140	0.50
12:00 p.m.	15.16	18.39	22.09	7.63	1412	2062	0.60
01:00 p.m.	14.66	18.07	22.87	7.79	1214	1883	0.52
02:00 p.m.	16.06	19.55	21.46	6.72	1141	1983	0.45
03:00 p.m.	14.31	19.19	20.99	6.84	1317	2113	0.40
04:00 p.m.	14.20	17.61	17.73	7.09	1131	2107	0.30
05:00 p.m.	12.49	15.38	15.83	6.84	1193	2123	0.15

FUENTE: Elaboracion Propia

EFLUENTE							
HORA	Caudal	T° Agua	T° Amb.	pH	TDS	C.E	O.D
	L/Seg.	C°	C°		ppm	us/cm	Mg/L
06:00 a.m.	12.88	10.84	12.14	7.58	1145	2386	0.00
07:00 a.m.	14.90	13.72	13.16	7.95	1305	2394	0.00
08:00 a.m.	14.16	14.21	13.99	8.05	1100	2388	0.00
09:00 a.m.	9.79	16.06	14.49	7.35	1055	2348	0.00
10:00 a.m.	9.85	18.71	20.64	7.39	966	2511	0.10
11:00 a.m.	9.54	19.62	20.97	7.42	1118	2123	0.00
12:00 p.m.	11.21	19.89	22.09	7.56	1296	2055	0.00
01:00 p.m.	13.39	20.57	22.87	7.82	1194	1953	0.20
02:00 p.m.	13.63	21.96	21.46	7.23	818	2026	0.30
03:00 p.m.	13.19	21.79	20.99	7.21	965	1986	0.25
04:00 p.m.	12.89	19.23	17.73	7.83	963	2009	0.20
05:00 p.m.	11.65	17.53	15.83	7.12	944	2040	0.10

FUENTE: Elaboracion Propia

**FICHA DIARIA DE MUESTREO CONTINUO
LAGUNAS DE ESTABILIZACION**

DISTRITO DE AZANGARO, PROVINCIA DE AZANGARO

UBICACIÓN: - PUNO

FECHA: MIERCOLES 28/11/2012
Br. QUISPE HUMIRE, Jorge

RESPONSABLE: Luis

AFLUENTE							
HORA	Caudal	T° Agua	T° Amb.	pH	TDS	C.E	O.D
	L/Seg.	C°	C°		ppm	us/cm	Mg/L
06:00 a.m.	14.46	13.82	11.84	7.38	1399	2360	0.10
07:00 a.m.	16.06	13.72	12.27	7.17	1437	2314	0.10
08:00 a.m.	13.93	16.25	15.51	7.42	1301	2455	0.15
09:00 a.m.	10.40	18.18	20.83	7.82	1242	2413	0.32
10:00 a.m.	10.50	17.62	24.40	8.07	1362	2518	0.40
11:00 a.m.	11.40	16.48	24.08	7.44	1234	2138	0.50
12:00 p.m.	12.93	18.09	22.44	7.24	1136	2063	0.56
01:00 p.m.	14.66	17.82	19.57	7.53	1189	1879	0.54
02:00 p.m.	17.41	17.85	21.14	8.50	1174	2045	0.50
03:00 p.m.	14.31	16.79	22.39	8.34	1120	2031	0.60
04:00 p.m.	14.20	17.11	20.64	8.13	1018	2069	0.52
05:00 p.m.	14.72	15.28	18.23	8.38	1126	2040	0.40

FUENTE: Elaboracion Propia

EFLUENTE							
HORA	Caudal	T° Agua	T° Amb.	pH	TDS	C.E	O.D
	L/Seg.	C°	C°		ppm	us/cm	Mg/L
06:00 a.m.	12.80	11.42	11.84	7.39	1131	2427	0.00
07:00 a.m.	14.82	9.71	12.27	8.02	1310	2488	0.00
08:00 a.m.	13.85	13.19	15.51	7.54	1169	2564	0.00
09:00 a.m.	9.79	15.66	20.83	7.56	1192	2481	0.00
10:00 a.m.	9.77	17.97	24.40	7.87	1243	2339	0.00
11:00 a.m.	9.46	18.12	24.08	7.96	1003	2317	0.00
12:00 p.m.	11.37	18.39	22.44	7.48	1125	2267	0.10
01:00 p.m.	13.55	20.44	19.57	7.91	1018	2285	0.15
02:00 p.m.	14.03	21.16	21.14	8.35	936	2267	0.20
03:00 p.m.	13.19	20.43	22.39	8.23	905	2235	0.24
04:00 p.m.	12.89	19.48	20.64	8.20	1005	2399	0.15
05:00 p.m.	11.65	18.13	18.23	8.29	978	2380	0.10

FUENTE: Elaboracion Propia

**FICHA DIARIA DE MUESTREO CONTINUO
LAGUNAS DE ESTABILIZACION**

DISTRITO DE AZANGARO, PROVINCIA DE AZANGARO

UBICACIÓN: - PUNO

FECHA: JUEVES 29/11/2012
Br. QUISPE HUMIRE, Jorge

RESPONSABLE: Luis

AFLUENTE							
HORA	Caudal	T° Agua	T° Amb.	pH	TDS	C.E	O.D
	L/Seg.	C°	C°		ppm	us/cm	Mg/L
06:00 a.m.	14.46	13.42	12.22	8.30	1384	2289	0.10
07:00 a.m.	17.90	11.46	10.36	9.07	1415	2307	0.15
08:00 a.m.	16.95	14.29	13.99	7.55	1416	2418	0.22
09:00 a.m.	12.97	15.88	14.49	8.18	1276	2389	0.36
10:00 a.m.	10.50	16.99	20.14	8.07	1289	2493	0.56
11:00 a.m.	11.85	16.98	19.87	8.83	1334	2150	0.54
12:00 p.m.	15.16	16.89	20.19	8.53	1357	2071	0.42
01:00 p.m.	20.68	17.94	20.94	9.25	1321	2032	0.50
02:00 p.m.	20.43	18.75	20.96	8.36	1101	2115	0.30
03:00 p.m.	14.31	17.83	20.63	8.31	1262	2069	0.26
04:00 p.m.	14.20	17.86	18.68	8.13	1107	2043	0.30
05:00 p.m.	10.33	15.98	16.93	8.34	1104	2027	0.20

FUENTE: Elaboracion Propia

EFLUENTE							
HORA	Caudal	T° Agua	T° Amb.	pH	TDS	C.E	O.D
	L/Seg.	C°	C°		ppm	us/cm	Mg/L
06:00 a.m.	12.95	11.34	12.22	8.51	1121	2318	0.00
07:00 a.m.	14.97	12.51	10.36	8.67	1300	2282	0.00
08:00 a.m.	14.16	13.19	13.99	8.64	1226	2409	0.00
09:00 a.m.	9.79	15.66	14.49	8.56	1112	2258	0.00
10:00 a.m.	9.85	18.47	20.14	8.37	1317	2477	0.00
11:00 a.m.	9.85	19.22	19.87	8.49	1322	2140	0.00
12:00 p.m.	11.61	20.29	20.19	8.58	1351	2062	0.10
01:00 p.m.	13.79	22.37	20.94	8.24	1087	1883	0.10
02:00 p.m.	14.03	21.66	20.96	8.35	858	1983	0.12
03:00 p.m.	12.87	20.79	20.63	8.52	1020	2113	0.10
04:00 p.m.	12.57	18.53	18.68	8.35	987	2107	0.25
05:00 p.m.	11.33	17.03	16.93	8.47	1033	2123	0.10

FUENTE: Elaboracion Propia

**FICHA DIARIA DE MUESTREO CONTINUO
LAGUNAS DE ESTABILIZACION**

DISTRITO DE AZANGARO, PROVINCIA DE AZANGARO

UBICACIÓN: - PUNO

FECHA: VIERNES 30/11/2012

Br. QUISPE HUMIRE, Jorge

RESPONSABLE: Luis

AFLUENTE							
HORA	Caudal	T° Agua	T° Amb.	pH	TDS	C.E	O.D
	L/Seg.	C°	C°		ppm	us/cm	Mg/L
06:00 a.m.	12.22	12.60	12.82	7.52	1295	2386	0.20
07:00 a.m.	16.06	13.10	10.52	7.17	1077	2394	0.24
08:00 a.m.	15.38	13.85	16.45	7.42	1380	2388	0.36
09:00 a.m.	11.62	14.90	22.73	8.18	1604	2348	0.24
10:00 a.m.	10.50	16.03	24.29	7.57	1640	2511	0.40
11:00 a.m.	11.85	16.80	22.08	7.70	1524	2123	0.45
12:00 p.m.	10.76	16.34	22.14	7.37	1048	2055	0.56
01:00 p.m.	20.67	17.32	19.32	7.53	1109	1953	0.50
02:00 p.m.	16.06	18.54	19.44	8.36	1394	2026	0.40
03:00 p.m.	15.28	17.01	19.99	8.31	1393	1986	0.46
04:00 p.m.	14.19	16.64	20.14	8.13	1223	2009	0.32
05:00 p.m.	12.48	15.23	18.13	8.49	1227	2040	0.18

FUENTE: Elaboracion Propia

EFLUENTE							
HORA	Caudal	T° Agua	T° Amb.	pH	TDS	C.E	O.D
	L/Seg.	C°	C°		ppm	us/cm	Mg/L
06:00 a.m.	13.57	10.60	12.82	8.31	1160	2289	0.00
07:00 a.m.	15.59	11.35	10.52	7.61	1327	2307	0.00
08:00 a.m.	14.62	12.75	16.45	8.43	985	2418	0.00
09:00 a.m.	9.78	14.68	22.73	8.49	1021	2389	0.00
10:00 a.m.	10.16	17.01	24.29	8.41	1039	2493	0.00
11:00 a.m.	9.85	17.94	22.08	8.42	1018	2150	0.00
12:00 p.m.	11.61	17.84	22.14	8.69	1075	2071	0.10
01:00 p.m.	13.79	19.82	19.32	8.26	1062	2032	0.15
02:00 p.m.	14.28	20.95	19.44	8.21	891	2115	0.12
03:00 p.m.	13.04	19.61	19.99	8.37	823	2069	0.20
04:00 p.m.	12.74	18.26	20.14	8.26	874	2043	0.00
05:00 p.m.	11.50	17.38	18.13	8.37	966	2027	0.00

FUENTE: Elaboracion Propia

FICHA DE RESULTADOS PROMEDIOS DE LOS ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES EN EL SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION DE LA CIUDAD DE AZANGARO

PARAMETROS	UND.	27/11/2012		03/01/2013		07/01/2013		10/01/2013		PROMEDIO	
		ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
DBO5	mg/lt			391.60	248.00	429.00	276.00	412.00	252.00	410.87	258.67
DQO	mg/lt			880.00	560.00	904.00	620.00	894.00	586.00	892.67	588.67
S.S.T.	mg/lt			164.00	85.00	172.00	90.00	166.00	94.00	167.33	89.67
ACEITES Y GRASAS	mg/lt			12.13	5.84	13.18	6.00	11.29	4.98	12.20	5.61
N. TOTAL	mg/lt	9.75	6.58							9.75	6.58
N. ORGANICO	mg/lt	6.65	4.08							6.65	4.08
N. AMONIACAL	mg/lt	3.10	2.50							3.10	2.50
FOSFORO TOTAL	mg/lt	5.41	2.30							5.41	2.30
C. TOTALES	NMP/100ml	1.60E+04	4.63E+03	1.59E+04	5.12E+03	1.62E+04	4.95E+03			1.60E+04	4.90E+03
C. FECALES	NMP/100ml	9.12E+03	3.55E+03	9.01E+03	3.05E+03	9.24E+03	3.37E+03			9.12E+03	3.32E+03



Universidad Nacional del Altiplano - Puno

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

Ciudad Universitaria - Apartado 291 - Telefax: (051) 366190 - Fax (051) 366190



ASUNTO: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUA RESIDUAL (AFLUENTE INGRESO AL SISTEMA)

PROCEDENCIA : Distrito de Azángaro, Provincia de Azángaro-Puno
INTERESADO : Bach. Quispe Humire, Jorge Luis
MOTIVO : Análisis de Aguas Residuales
MUESTREO : 03/01/2013 por el interesado
ANÁLISIS : 04/01/2013

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

ASPECTO : Líquido
COLOR : Ligeramente amarillento

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS:

pH : 6,9
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO : 391,60 mg/l
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO : 880,00 mg/l
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN : 164,00 mg/l
ACEITES Y GRASAS : 12,13 mg/l

Puno, C.U. 09 de enero de 2013

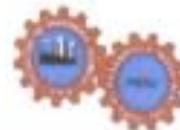
GERMÁN CUSCO CALZAYA
 Jefe Laboratorio Control de Calidad
 FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
 PUNO - PERU



Universidad Nacional del Altiplano - Puno

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

Ciudad Universitaria - Apartado 291 - Telefón: (051) 366190 - Fax (051) 366190



ASUNTO: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUA RESIDUAL (EFLUENTE SALIDA DEL SISTEMA)

PROCEDENCIA : Distrito de Azángaro, Provincia de Azángaro-Puno
INTERESADO : Bach. Quispe Humire, Jorge Luis
MOTIVO : Análisis de Aguas Residuales
MUESTREO : 03/01/2013 por el interesado
ANÁLISIS : 04/01/2013

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

ASPECTO : Líquido
COLOR : Verdoso

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS:

pH : 6,9
 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO : 248,00 mg/l
 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO : 560,00 mg/l
 SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN : 85,00 mg/l
 ACEITES Y GRASAS : 5,84 mg/l

Puno, C.U. 09 de enero de 2013

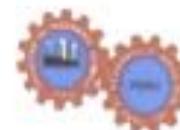
GERMAN GUILLE CAJAZA
 Laboratorio Central de Calidad
 FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
 UNA - PUNO



Universidad Nacional del Altiplano - Puno

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

Ciudad Universitaria - Apartado 291 - Telefax: (051) 368190 - Fax (051) 368190



ASUNTO: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUA RESIDUAL (AFLUENTE INGRESO AL SISTEMA) 2da MUESTRA

PROCEDENCIA : Distrito de Azángaro, Provincia de Azángaro-Puno
INTERESADO : Bach. Quispe Humire, Jorge Luis
MOTIVO : Análisis de Aguas Residuales
MUESTREO : 07/01//2013 por el interesado
ANÁLISIS : 08/01/2013

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

ASPECTO : Líquido
COLOR : Ligero amarillento

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS:

pH	: 7.4
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO	: 429.00 mg/l
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO	: 904.00 mg/l
SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	: 172.00 mg/l
ACEITES Y GRASAS	: 13.18 mg/l

Puno, C.U. 11 de enero de 2013

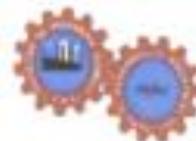
GERMÁN QUISPE CALIZAYA
 Jefe Laboratorio de Control de Calidad
 FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
 UNA - PUNO



Universidad Nacional del Altiplano - Puno

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

Ciudad Universitaria - Apartado 231 - Telefax: (051) 368190 - Fax (051) 368190



ASUNTO: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUA RESIDUAL (EFLUENTE SALIDA DEL SISTEMA) 2da MUESTRA

PROCEDENCIA : Distrito de Azángaro, Provincia de Azángaro-Puno
INTERESADO : Bach. Quispe Humire, Jorge Luis
MOTIVO : Análisis de Aguas Residuales
MUESTREO : 07/01/2013 por el interesado
ANÁLISIS : 08/01/2013

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

ASPECTO : Líquido
COLOR : Verdoso

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS:

pH	: 7,2
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	: 276,00 mg/l
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	: 620,00 mg/l
SOLIDOS EN SUSPENSION	: 90,00 mg/l
ACEITES Y GRASAS	: 6,00 mg/l

Puno, C.U. 11 de enero de 2013

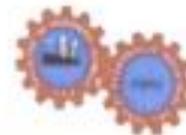
GERMÁN CASTLE CALZADA
 Jefe Laboratorio Control de Calidad
 FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
 UNA - PUNO



Universidad Nacional del Altiplano - Puno

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

Ciudad Universitaria - Apartado 291 - Telefax: (051) 366190 - Fax (051) 366190



ASUNTO: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUA RESIDUAL (AFLUENTE INGRESO AL SISTEMA) 3ra MUESTRA

PROCEDENCIA : Distrito de Azángaro, Provincia de Azángaro-Puno
INTERESADO : Bach. Quispe Humire, Jorge Luis
MOTIVO : Análisis de Aguas Residuales
MUESTREO : 10/01/2013 por el interesado
ANÁLISIS : 10/01/2013

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

ASPECTO : Líquido
COLOR : Ligero amarillento

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS:

pH : 7.2
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO : 412.00 mg/l
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO : 894.00 mg/l
SOLIDOS EN SUSPENSIÓN : 166.00 mg/l
ACEITES Y GRASAS : 11.29 mg/l

Puno, C.U. 14 de enero de 2013

GERMAN OULIE CALIZATA
 Laboratorio Control de Calidad
 FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
 UNA - PUNO



Universidad Nacional del Altiplano - Puno

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

Ciudad Universitaria - Apartado 291 - Telefax: (051) 366190 - Fax (051) 366190



ASUNTO: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUA RESIDUAL (EFLUENTE SALIDA DEL SISTEMA) 3ra MUESTRA

PROCEDENCIA : Distrito de Azángaro, Provincia de Azángaro-Puno
INTERESADO : Bach. Quispe Humire, Jorge Luis
MOTIVO : Análisis de Aguas Residuales
MUESTREO : 10/01/2013 por el interesado
ANÁLISIS : 10/01/2013

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

ASPECTO : Líquido
COLOR : Verdoso

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS:

pH : 7.42
 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO : 252.00 mg/l
 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO : 586.00 mg/l
 SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN : 94.00 mg/l
 ACEITES Y GRASAS : 4.98 mg/l

Puno, C.U. 14 de enero de 2013

GERMAN GUILLE CALZADA
 Laboratorio Control de Calidad
 FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
 UNA - PUNO

Web: <http://www.unap.edu.pe> - E-mail: fiq_unapuno@hotmail.com



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO
 FACULTAD DE MEDICINA HUMANA
 LABORATORIO DE PARASITOLOGIA Y MICROBIOLOGIA



RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

MUESTRA	: AGUAS RESIDUALES (Afluente)
PROCEDENCIA	: DISTRITO DE AZANGARO, PROVINCIA DE AZANGARO-PUNO.
INTERESADO	: Bach. QUISPE HUMIRE, Jorge Luis
ANÁLISIS SOLICITADO	: Análisis Microbiológico
FECHA DE RECEP. MUESTRA	: 27/11/2012 (Interesado)
FECHA DE CERTIFICACIÓN	: 29/11/2012

RESULTADOS

- Numeración de Coliformes Totales (NMP)..... : 1.60×10^4 COL. tot. /100ml.
- E. Coli (NMP) : 9.12×10^2 E. Coli. /100ml.

OBSERVACIONES.- La muestra se recepciono en el Laboratorio de Microbiología.-

 Calificación Microbiológico.- De acuerdo a los resultados obtenidos la muestra analizada no se encuentra dentro de los limites permisibles de aceptación para agua no tratada químicamente, y de acuerdo las Normas Sanitarias Vigentes **NO ES APTO** para el consumo humano-----

Puno, C.U.29 de Noviembre del 2012

Jorge Quispe Humire
 Jorge Quispe Humire
 BIÓLOGO
 CIP 2128



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO
 FACULTAD DE MEDICINA HUMANA
 LABORATORIO DE PARASITOLOGIA Y MICROBIOLOGIA



RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

MUESTRA	: AGUAS RESIDUALES (Efluente)
PROCEDENCIA	: DISTRITO DE AZANGARO, PROVINCIA DE AZANGARO-PUNO.
INTERESADO	: Bach. QUISEP HUMIRE, Jorge Luis
ANÁLISIS SOLICITADO	: Análisis Microbiológico
FECHA DE RECEP. MUESTRA	: 27/11/2012 (Interesado)
FECHA DE CERTIFICACIÓN	: 29/11/2012

RESULTADOS

- Numeración de Coliformes Totales (NMP)..... : 4.63×10^3 COL. tot. /100ml.
- E. Coli (NMP) : 3.55×10^3 E. Coli. /100ml.

OBSERVACIONES.- La muestra se recepciono en el Laboratorio de Microbiología.-

Calificación Microbiológico.- De acuerdo a los resultados obtenidos la muestra analizada no se encuentra dentro de los límites permisibles de aceptación para agua no tratada químicamente, y de acuerdo las Normas Sanitarias Vigentes **NO ES APTO** para el consumo humano.-

Puno, C.U.29 de Noviembre del 2012

Jorge Luis Quisep Humire
 Jorge Quisep Humire
 BIÓLOGO
 OSP 2128



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO
FACULTAD DE MEDICINA HUMANA
LABORATORIO DE PARASITOLOGIA Y MICROBIOLOGIA



RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

MUESTRA	: AGUAS RESIDUALES (Afluente)
PROCEDENCIA	: DISTRITO DE AZANGARO, PROVINCIA DE AZANGARO - PUNO
INTERESADO	: Bach. QUISPE HUMIRE, Jorge Luis
ANÁLISIS SOLICITADO	: Análisis Microbiológico
FECHA DE RECEP. MUESTRA	: 04/01/2013 (Interesado)
FECHA DE CERTIFICACIÓN	: 06/01/2013 (Interesado)

RESULTADOS

- Numeración de Coliformes Totales (NMP)..... : 1.59×10^4 COL. tot. /100ml.
- E. Coli (NMP)..... : 9.01×10^3 /E. Coli./100ml.

OBSERVACIONES.- La muestra se recepciono en el Laboratorio de Microbiologia -

 Calificación Microbiológico.- De acuerdo a los resultados obtenidos la muestra
 analizada no se encuentra dentro de los limites permisibles de aceptación para agua
 no tratada químicamente, y de acuerdo las Normas Sanitarias Vigentes NO ES APTO
 para el consumo humano.-----

Puno, C.U.06 de Enero del 2013



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO
 FACULTAD DE MEDICINA HUMANA
 LABORATORIO DE PARASITOLOGIA Y MICROBIOLOGIA



RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

MUESTRA	: AGUAS RESIDUALES (Efluente)
PROCEDENCIA	: DISTRITO DE AZANGARO, PROVINCIA DE AZANGARO - PUNO
INTERESADO	: Bach. QUISPE HUMIRE, Jorge Luis
ANÁLISIS SOLICITADO	: Análisis Microbiológico
FECHA DE RECEP. MUESTRA	: 04/01/2013 (Interesado)
FECHA DE CERTIFICACIÓN	: 06/01/2013 (Interesado)

RESULTADOS

- Numeración de Coliformes Totales (NMP)..... : 5.12X10³ COL. tot. /100ml.
- E. Coli (NMP)..... : 3.05X10³/ E. Coli./100ml.

OBSERVACIONES.- La muestra se recepciono en el Laboratorio de Microbiología-

 Calificación Microbiológico.- De acuerdo a los resultados obtenidos la muestra analizada no se encuentra dentro de los límites permisibles de aceptación para agua no tratada químicamente, y de acuerdo las Normas Sanitarias Vigentes **NO ES APTO para el consumo humano**.

Puno, C.U.06 de Enero del 2013

Jorge Luis Quispe Humire
 Jorge Luis Quispe Humire
 D.O. 000
 CRP 172



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO
 FACULTAD DE MEDICINA HUMANA
 LABORATORIO DE PARASITOLOGIA Y MICROBIOLOGIA



RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

MUESTRA	: AGUAS RESIDUALES (Afluente)
PROCEDENCIA	: DISTRITO DE AZANGARO, PROVINCIA DE AZANGARO - PUNO
INTERESADO	: Bach. QUISPE HUMIRE, Jorge Luis
ANÁLISIS SOLICITADO	: Análisis Microbiológico
FECHA DE RECEP. MUESTRA	: 08/01/2013 (Interesado)
FECHA DE CERTIFICACIÓN	: 10/01/2013 (Interesado)

RESULTADOS

- Numeración de Coliformes Totales (NMP)..... : 1.62×10^8 COL. tot. /100ml.
- E. Coli (NMP)..... : 9.24×10^7 /E. Coli./100ml.

OBSERVACIONES.- La muestra se recepciono en el Laboratorio de Microbiologia.-

 Calificación Microbiológico.- De acuerdo a los resultados obtenidos la muestra analizada no se encuentra dentro de los limites permisibles de aceptación para agua no tratada químicamente, y de acuerdo las Normas Sanitarias Vigentes NO ES APTO para el consumo humano.-

Puno, C.U. 10 de Enero del 2013

Julio Abacia Franco
 BIÓLOGO
 CIP 1128



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO
 FACULTAD DE MEDICINA HUMANA
 LABORATORIO DE PARASITOLOGIA Y MICROBIOLOGIA



RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

MUESTRA	: AGUAS RESIDUALES (Efluente)
PROCEDENCIA	: DISTRITO DE AZANGARO, PROVINCIA DE AZANGARO - PUNO
INTERESADO	: Bach. QUISPE HUMIRE, Jorge Luis
ANÁLISIS SOLICITADO	: Análisis Microbiológico
FECHA DE RECEP. MUESTRA	: 08/01/2013 (Interesado)
FECHA DE CERTIFICACIÓN	: 10/01/2013 (Interesado)

RESULTADOS

- Numeración de Coliformes Totales (NMP)..... : 4.95×10^2 COL. tot. /100ml.
- E. Coli (NMP)..... : 3.37×10^2 E. Coli./100ml.

OBSERVACIONES.- La muestra se recepciono en el Laboratorio de Microbiología.-

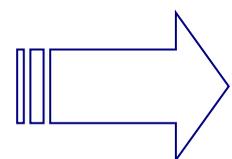
 Calificación Microbiológico.- De acuerdo a los resultados obtenidos la muestra analizada no se encuentra dentro de los límites permisibles de aceptación para agua no tratada químicamente, y de acuerdo las Normas Sanitarias Vigentes NO ES APTO para el consumo humano.-

Puno, C.U.05 de Enero del 2013

ANEXO 03

CALCULOS

- COMPORTAMIENTO OPERACIONAL
- EFICIENCIA DE REMOCION DE DBO5 Y REMOCION DE COLIFORMES FECALES



MODELOS UTILIZADOS PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO OPERACIONAL Y EFECIENCIA DE REMOSCION DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACION DE AZANGARO

Carga Total Aplicada (Cta) carga organica

$$Cta = 86.4(Qa * DBO_5) \rightarrow (Kg.DBO_5 / dia)$$

Donde:

Cta = Carga Total Aplicada

Qa = Caudal Promedio del Afluente (Lts/seg).

DBO₅ = Demanda Bioquímica de Oxigeno del Afluente (gr/Lts).

Qa = 7.02 Lts/seg

DBO₅ = 0.41 gr/Lts

$$Cta = 248.68 \text{ Kg. DBO}_5/\text{dia}$$

Carga Superficial Aplicada a la Laguna (Csa)

$$Csa = \frac{Cta}{\text{Área}} \rightarrow (Kg.DBO_5 / Has * día)$$

Donde:

Cta = Carga Total Aplicada (Kg. DBO₅/dia).

Área = Extensión Superficial de la Laguna (Has).

Cta = 248.68 Kg. DBO₅/dia

Area = 1.02 Has.

$$Csa = 243.80 \text{ Kg. DBO}_5/\text{Has} * \text{dia}$$

Carga Superficial Limite Admisible Para Lagunas Facultativas (Csm)

a) norma de saneamiento S090 - Reglamento Nacional de Construcciones

$$Csm = 250 * (1.05)^{(t-20)} \rightarrow (Kg.DBO_5 / Has * día)$$

Donde:

t = 16.45 Temperatura Promedio del agua en (°C)

$$Csm = 210.24 \text{ Kg. DBO}_5/\text{Has} * \text{dia}$$

b) CEPIS - Yañez

$$Csm = 357.4 * (1.085)^{(t-20)} \rightarrow (Kg.DBO_5 / Has * día)$$

$$Csm = 267.53 \text{ Kg. DBO}_5/\text{Has} * \text{dia}$$

c) Mc Garry y Pescod

(cuando no se cuenta con datos de temperatura del AR)

$$Csm = 400.6 * (1.0993)^{(tai-20)} \rightarrow (Kg.DBO_5 / Has * día)$$

Donde:

tai = 17.71 Temperatura Promedio del aire en el mes mas frio (°C)

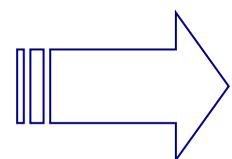
$$Csm = 322.52 \text{ Kg. DBO}_5/\text{Has} * \text{dia}$$

Tiempo de Retencion Hidraulico		
$PR_{Real} = PR_{Teorico} * Fch \rightarrow (días)$		
$PR_{teorico} = \frac{V}{Qa} \rightarrow (días)$		
Donde:		
V =	6888.75	Volumen de la laguna en m3.
Qa =	606.17	Caudal afluente a la laguna en m3/día.
Fch =	0.6	factor de corrección hidráulica (0.3 a 0.8).
PRteorico = 11.36 días		
PRreal = 6.82 días		
Constante de Biodegradabilidad de la DBO a 20 °C (K₂₀ °C)		
$K = \frac{PR}{(A + B * PR)}$		
$K_{20} °C = \frac{PR}{(-14.77 + 4.46 * PR)} \rightarrow (d^{-1})$		
K₂₀ °C = 0.44		
Constante de Biodegradabilidad de la DBO a la Temperatura (K_t) del agua		
$K_t = K_{20} °C * \theta^{(t-20)}$		
Donde:		
K ₂₀ °C =	0.44	velocidad de reacción a 20°C
θ =	1.085	Coefficiente actividad-temperatura (1.085) para degradaciones de DBO
t =	17.71	Temperatura a que funcionan las lagunas primarias y secundarias.
Kt = 0.36		
Factor de Dispersion en Lagunas de Estabilizacion		
$d = \frac{L / B}{(-0.26118 + 0.25392 * (L / B) + 1.01368 * (L / B)^2)}$		
Donde:		
L =	137.5	Largo de la laguna (m)
B =	87.5	Ancho de la laguna (m)
d = 0.60		
EFICIENCIA DE REMOCION DE DBO		
Materia Organica Removida Según Metodología del CEPIS		
$Csr = 7.67 + 0.8063 * Csa \rightarrow (Kg.DBO_5 / Has.día)$		
Donde:		
Csr =		DBO removido (Kg DBO/Has*día)
Csa =	243.80	Carga Superficial Aplicada (Kg. DBO5/Has*día).
Csr = 204.25 Kg DBO/Has*día		
Eficiencia 80.63 %		

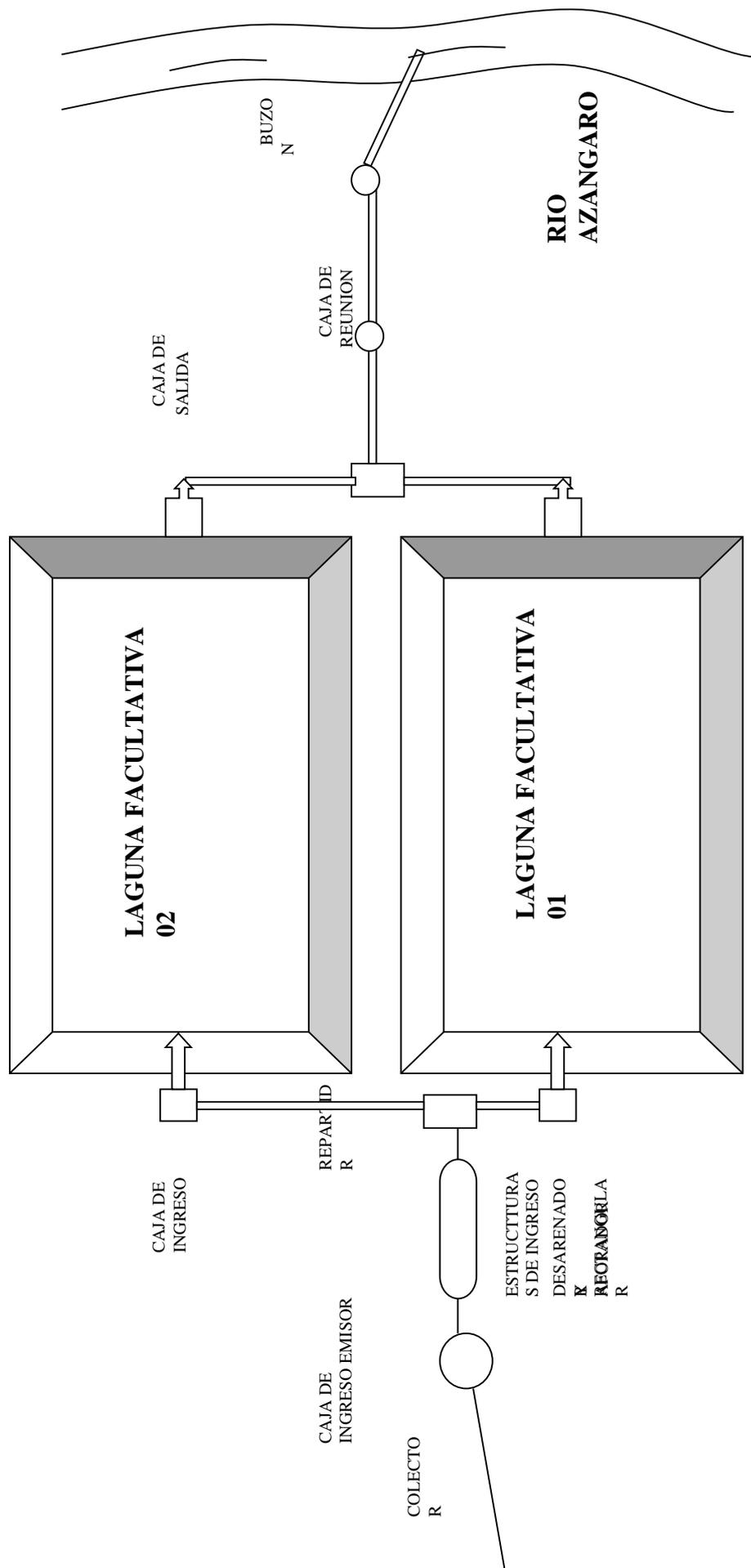
Remocion de la Materia Organica Según Modelo en Equilibrio Continuo y Mezcla Completa	
Marais y Shaw	
$S = \frac{Sa}{(1 + Kt * PR)} \rightarrow (mg / lts)$	
Donde:	
S =	DBO5 Soluble del Efluente (mg/l)
Sa =	410.87 DBO5 total afluente (mg/l)
Kt =	0.36 Constante de Biodegradabilidad
PR =	6.82 Periodo de Retencion (días)
$S = 118.54 \text{ DBO5 total efluente (mg/l)}$	
$\text{Eficiencia} = 71.15 \%$	
EFICIENCIA DE REMOCION COLIFECAL	
Tasa de Mortalidad Neta de coliformes Fecales (Kb)	cepis - saenz y yanez
$K_b = 0.84 * 1.07^{(t-20)} \rightarrow (d^{-1})$	
Donde:	
t =	16.36 Temperatura del agua de desecho (°C)
$K_b = 0.66$	
Modelo de Marais – Shaw (Mezcla Completa) Para Reducción de Coliformes	
$N = \frac{No}{(1 + K_b * PR)} \rightarrow (NMP / 100ml)$	
$\text{Eficiencia} = \frac{No - N}{No} * 100 \rightarrow (NMP / 100ml)$	
Donde:	
N =	Conteos de Coliformes fecales en el efluente (NMP/100ml)
No =	9060 Conteos de Coliformes fecales en el afluente (NMP/100ml)
Kb =	0.66 Tasa de mortalidad de coliformes (d ⁻¹)
PR =	6.82 Periodos de retención por módulos (Días)
$N = 1654.09 \text{ NMP/100ml}$	
$\text{Eficiencia} = 81.74 \%$	
Modelo de Werhner y Wilhelm (Flujo disperso para reducción de bacterias)	
$N = \frac{No * (4ae^{(1/2d)})}{((1 + a)^2 * e^{a/2d} - (1 - a)^2 * e^{-a/2d})} \rightarrow NMP / 100ml$	
$a = (1 + 4 * K_b * d * PR)^{1/2} \rightarrow (A \text{ dimensional})$	
Donde:	
N =	Conteos de Coliformes fecales en el efluente (NMP/100ml)
No =	9060 Conteos de Coliformes fecales en el afluente (NMP/100ml)
a =	4.53 Constante del Modelo
e =	2.72 Exponencial
d =	0.60 Factor de Dispersión
$N = 276.07 \text{ NMP/100ml}$	
$\text{Eficiencia} = 96.95 \%$	

ANEXO 04

PLANOS Y ESQUEMAS

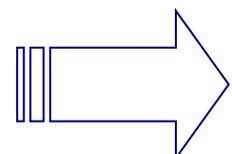


ESQUEMA HIDRAULICO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL MEDIANTE LAGUNAS DE ESTABILIZACION “AZANGARO”



ANEXO 05

NORMAS LEGALES ECA Y LMP VIGENTES



El Peruano
Lima, miércoles 17 de marzo de 2010

NORMAS LEGALES

415675

de impuestos o de derechos aduaneros de ninguna clase o denominación.

Artículo 5°.- La presente Resolución Suprema será referendada por el Presidente del Consejo de Ministros.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN
Presidente del Consejo de Ministros

469466-6

AMBIENTE

Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

DECRETO SUPREMO
N° 003-2010-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28511, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarios para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el numeral 32.1 del artículo 32° de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permisible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33° de la Ley N° 28511 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 121-2009-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permisible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de fuentes domésticas;

Que el artículo 14° del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 26° el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios,

implica necesariamente y según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 5) del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1°.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)

Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.

Artículo 2°.- Definiciones

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:

- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR):** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.

- **Límite Máximo Permisible (LMP):** Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

- **Protocolo de Monitoreo:** Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.

Artículo 3°.- Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR

3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

3.2 Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.

3.3 Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación, a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

3.4 Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

Artículo 4°.- Programa de Monitoreo

4.1 Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.

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

4.3 Sólo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPI.

Artículo 5°.- Resultados de monitoreo

5.1 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo de la presente norma, de conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por dicho Sector.

5.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los Titulares de las PTAR, durante el año anterior, lo cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades.

Artículo 6°.- Fiscalización y Sanción

La fiscalización del cumplimiento de los LMP y otras disposiciones aprobadas en el presente Decreto Supremo estará a cargo de la autoridad competente de fiscalización, según corresponda.

Artículo 7°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL

Única.- El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en coordinación con el MINAM, aprobará el Protocolo de Monitoreo de Efluentes de PTAR en un plazo no mayor a doce (12) meses contados a partir de la vigencia del presente dispositivo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dieciséis días del mes de marzo del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

JUAN SARMIENTO SOTO
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

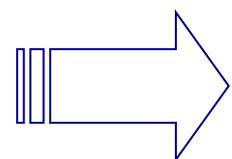
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR

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

469446-2

ANEXO 06

FICHAS Y FORMATOS DE CONTROL



**FICHA DIARIA DE MUESTREO CONTINUO PARA PARAMETROS OPERACIONALES DE
LAGUNAS DE ESTABILIZACION**

UBICACION: _____

FECHA: _____

LAGUNA N° : _____

RESPONSABLE: _____

AFLUENTE						
HORA	Caudal	T° Agua	pH	TDS	C.E	O.D
	L/Seg.	C°		ppm	us/cm	Mg/L
06:00 a.m.						
07:00 a.m.						
08:00 a.m.						
09:00 a.m.						
10:00 a.m.						
11:00 a.m.						
12:00 p.m.						
01:00 p.m.						
02:00 p.m.						
03:00 p.m.						
04:00 p.m.						
05:00 p.m.						
EFLUENTE						
HORA	Caudal	T° Agua	pH	TDS	C.E	O.D
	L/Seg.	C°		ppm	us/cm	Mg/L
06:00 a.m.						
07:00 a.m.						
08:00 a.m.						
09:00 a.m.						
10:00 a.m.						
11:00 a.m.						
12:00 p.m.						
01:00 p.m.						
02:00 p.m.						
03:00 p.m.						
04:00 p.m.						
05:00 p.m.						

FICHA DIARIA DE MUESTREO CONTINUO PARA CARACTERISTICAS GENERALES EN LAGUNAS DE ESTABILIZACION FACULTATIVAS

UBICACION: _____ LAGUNA N° : _____
 FECHA: _____ RESPONSABLE: _____

Semana del: ____ - ____ al ____ - ____ F-1 : Laguna Facultativa N°1

OBSERVACION	LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO			
	F-1	F-2	F-3	F-4	F-1	F-2	F-3	F-4	F-1	F-2	F-3	F-4	F-1	F-2	F-3	F-4
COLOR																
Verde brillante																
Verde lechosa																
Beige/canela																
Beige/canela																
Marrón																
Rosada																
Negruzca																
OLOR																
Inodoro																
Ligero																
Huevos podridos																
LODOS FLOTANTES																
Ausentes																
Ligeros																
Apreciables																
Natas vegetales																
Ausentes																
Pocas																
Considerables																
PLANTAS ACUÁTICAS																
Lemna																
Jacinto																
Tobora																
VEGETACIÓN DIQUES																
Ausente																
Ligera																
Abundante																
PROBLEMAS EN DIQUES																
Grietas																
Hoyos																
Erosión																