



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



### **[Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)**

Esta licencia permite que otros distribuyan, mezclen, adapten y construyan sobre su trabajo, incluso comercialmente, siempre que le reconozcan la creación original. Esta es la licencia más complaciente que se ofrece. Recomendado para la máxima difusión y uso de materiales con licencia.

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



**INFORME DE REVISIÓN**

Se ha realizado el análisis con el software antiplagio de la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga", por parte de los docentes reponsables, al documento cuyo título es:

**DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAGUNA DE  
OXIDACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SALAS GUADALUPE Y  
PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

presentado por:

**PIERLUIGI AVILES ROMANI**

del nivel **PREGRADO** de la facultad de **INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA** obteniéndose como resultado una coincidencia de **23.96%** otorgándosele el calificativo de:

**APROBADO**

Se adjunta al presenta el reporte de evaluación del software antiplagio.

Observaciones:

APROBADO DE ACUERDO AL REGLAMENTO DE ANTIPLAGIO DE LA UNSLG

Ica, **20** de **Febrero** de **2020**

*Pierluigi A*

25-02-20

x *[Signature]*  
**LUIS ALBERTO MASSA PALACIOS**  
COORDINADOR  
SOFTWARE ANTIPLAGIO  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL  
Y SANITARIA

*[Signature]*  
**ANTONINA JUANA GARCIA ESPINOZA**  
ASESOR  
SOFTWARE ANTIPLAGIO  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL  
Y SANITARIA

**UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"  
DE ICA**

**FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA**



**DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES  
DE LA LAGUNA DE OXIDACION DE LA  
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SALAS GUADALUPE Y  
PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

**PRESENTADO POR:**

**PIERLUIGI AVILES ROMANI**

**JUNIOR BRAYAR CAHUANA QUISPE**

**ICA - PERU**

**2019**

CARATULA	Pág.
INDICE	01
INTRODUCCIÓN	02
RESUMEN	05
	07

## **CAPÍTULO I MARCO GENERAL**

1	Generalidades de la Tesis	08
1.1	Planteamiento del Problema	08
1.1.1.	Descripción de la Realidad Problemática	08
1.1.2.	Formulación del Problema Principal	09
1.2.	Fundamentos teóricos de la Investigación	10
1.2.1.	Antecedentes de la Investigación	10
1.2.2.	Marco Legal	19
1.2.3.	Marco Conceptual	24
1.2.4.	Marco teórico	28
1.2.4.1	Aguas Residuales	28
1.2.4.2	Clasificación	29
1.2.4.3	Fuentes y Origen	30
1.2.4.4	Características Físicas, Químicas y Biológicas de las Aguas Residuales	31
1.2.4.5	Parámetros Físicos	32
1.2.4.6	Composición Típica de las Aguas Residuales	35
1.2.4.7	Procedencia y Contaminantes	37
1.2.4.8	Calidades de las Aguas Residuales Urbanas	38
1.2.4.9	Parámetros empleados para Caracterizar las Aguas Residuales Urbanas.	39
1.2.4.10	Limites Máximo Permisible	41
1.2.4.12	Tratamiento de las aguas residuales	43
1.2.4.13	Alternativa de tratamiento	43
1.2.4.25	Descripción del distrito de Salas Guadalupe	75
1.3.	Objetivos de la Investigación	82
1.3.1.	Justificación e importancia	82
1.3.2.	Objetivo Principal y específicos	85
1.4.	Hipótesis y Variables	85
1.4.1	Hipótesis principal y Específicas	85
1.4.2	Variables e indicadores	86

## **CAPITULO II MATERIALES Y MÉTODOS**

2.1.	Metodología	86
2.1.1.	Población y muestra	86
2.1.2.	Diseño a utilizar en el estudio	87
2.1.3.	Métodos y Técnicas de la Investigación	89
2.1.4.	Técnica de Recolección de datos	90
2.2.	Tratamiento de datos	93
<b>CAPITULO III</b>		
<b>PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL</b>		
3.1.	Materiales, Equipos y Reactivos Químicos	96
3.2.	Métodos analíticos	97
3.3.	Etapas del desarrollo de la Investigación	97
3.4.	Descripción del Proceso experimental	75
<b>CAPITULO IV</b>		
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b>		
4.1.	Análisis de Resultados	100
4.3.	Resultados Parciales.- Validación del Humedal Piloto	100
4.4.	Resultados Finales	106
4.5.	Contrastación de resultados con otros estudio similares.	114
	CONCLUSIONES	138
	RECOMENDACIONES	139
	BIBLIOGRAFÍA	140
	ANEXOS	
1	Vistas donde de ubicación de la laguna de oxidación	144

## INTRODUCCIÓN

Esta tesis nos da el diagnóstico de las aguas residuales del cual podemos analizar varias propuesta de tratamiento y escoger la más viable técnicamente y económicamente dentro del tratamiento de aguas residuales.

Para el desarrollo de la Diagnóstico del sistema de aguas residuales de la laguna de oxidación de la municipalidad distrital de salas Guadalupe y propuesta de solución Tiene como Objetivo Determinar la caracterización de los efluentes seleccionar un método de tratamiento su reutilización de las aguas tratadas.

En el capítulo 1 se establece las generalidades del proyecto; el Planteamiento, descripción de la realidad problemática y formulación del Problema, así los fundamentos teóricos de la investigación; como los aspectos teóricos, revisamos el marco legal y otros sobre el tema de la Investigación siendo puntos de partida con el que dimos inicio a este trabajo y los el marco conceptual y el marco Teórico, se describe las diversas concepciones teóricas de los variados entes que serán objeto de estudio en esta investigación, metodología, mencionando los objetivo Dando a conocer la justificación y la importancia de esta Investigación, con la hipótesis: Se podrá conocer la situación actual y nivel de cumplimiento de los requisitos legales con el que elegiremos la propuesta de tratamiento, se analizó sus variables con sus respectivos indicadores.

En el Capítulo 2 se establece la metodología el diseño del trabajo es no experimental, Se considera además el nivel descriptivo los materiales, equipo y reactivos químicos que se requieren para la investigación y determinar caracterización de las aguas Residuales, descripción del proceso experimental y el análisis del producto obtenido. Se utiliza del mismo modo técnicas de recolección de datos y el tratamiento de los datos.

En el capítulo 3 El Análisis y discusión de los Resultados en la aplicación y evaluación de resultados de los Efluentes en la Laguna de Oxidación, se define y aplicar recopilándose la información obtenida, procesarse y analizarse los resultados de esta investigación Finalmente las conclusiones y terminamos con las recomendaciones.

## RESUMEN

La investigación es titulada: **DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAGUNA DE OXIDACION DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SALAS GUADALUPE Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN**, con objetivo: Determinar el diagnóstico del sistema de aguas residuales para propuesta de solución del distrito de Salas Guadalupe – Ica, 2019 para ello necesitamos conocer la caracterización de los efluentes de la laguna en mención, pH, Cloruros, dureza total, Nitratos Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Coliformes Fecales y coliformes termotolerantes y se comparó con las normas vigentes los resultados obtenidos sobre los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del Agua Residual Domestica no cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales D.S N° 003 – 2010 – MINAM y Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua conservación del medio ambiente (lagunas, lagos, ríos) D.S N° 015 – 2015 –MINAM.

**Palabras claves:** aguas residuales, sistemas de tratamiento, reutilización, humedales, lagunas de oxidación.

# CAPITULO I

## FUNDAMENTACION DE LA INVESTIGACION

### 1. Generalidades de la Tesis

#### 1.1. Planteamiento del Problema

El manejo inadecuado de las aguas residuales son los problemas que afectan la salud humana, también se relaciona a la contaminación; atmosférica, del suelo, las aguas superficiales y subterráneas que muchas veces son fuentes de abastecimiento de agua potable. Estos recursos hídricos se contaminan por la afluencia de lixiviados sin tratamiento previo (aguas crudas). El distrito de Salas Guadalupe, en cumplimiento con la ejecución del Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA), tiene la obligación legal de tratar la laguna de oxidación generados en su jurisdicción.

##### 1.1.1. Descripción de la realidad problemática

El tratamiento de aguas residuales, para su disposición apropiada, constituye uno de los problemas de salud inherente a la actividad humana diaria. Los procesos de tratamiento suponen inversiones de capital elevadas y costos de operación altos que la mayoría de las comunidades no están en capacidad de asumir ni de financiar. (ROMERO J.A., 2000).

Según SUNASS, del total del volumen de aguas residuales evacuadas por las conexiones de alcantarillado, el 54,7% es tratado en las PTAR. Sin embargo, el tratamiento de las aguas residuales en las PTAR operadas por la empresa es deficiente, debido a que, en la mayoría de ellas, los parámetros como coliformes, termotolerantes y demanda bioquímica de oxígeno (DBO), superan los límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas establecidos por la normatividad. Los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales, son evacuados y dispuestos hacia el mar, canal de drenaje (cuyas aguas no

tienen, uso posterior hasta llegar al mar) y acequias de agua con uso posterior en riego de cultivos. En su disposición final, el 45,3% de las aguas residuales recolectadas son dispuestas directamente a ríos y acequias, sin tratamiento.

En tal sentido el presente trabajo, tiene como objetivo principal elaborar el Diagnóstico de los Sistemas de Tratamiento de aguas residuales en los Distritos de Moche y Salaverry, con la finalidad de verificar la problemática y en base a ella fundamentar la Propuesta de solución, con un enfoque que permita minimizar la complejidad en la operación y mantenimiento de las PTAR al reunificar las plantas existentes.

### **1.1.2. Formulación del Problema Principal**

Uno de los principales problemas es el tratamiento de las aguas residuales. Los daños ambientales debido a la eliminación de aguas residuales pueden incluir la contaminación de la calidad del suelo, de las aguas subterráneas y superficiales, y del aire. Resultan impactos adversos de la ubicación incorrecta, diseño inadecuado o mala operación. Por ejemplo, las aguas residuales vertidas al suelo sin ningún tipo de tratamiento previo, contienen partículas finas y micro organismos, así como sólidos disueltos filtrados por la matriz del suelo, o pasar a través del suelo no saturado que se halla debajo del depósito, y entrar en las aguas subterráneas. El agua superficial puede ser contaminada al recibir el agua subterránea contaminada, o por el flujo superficial directo. De allí la necesidad de realizar estudios para determinar una propuesta de procedimiento adecuado para realizar el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Salas de Guadalupe.

#### **Problemas General**

¿Cuál es el diagnóstico de las aguas residuales de la laguna de oxidación para la propuesta de solución distrito de Salas

Guadalupe?

### **Problemas Específicos**

1. ¿Cuál es la Caracterización de las aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Salas Guadalupe-Ica 2019?
2. ¿Cuál es el estado actual de las aguas residuales de acuerdo al marco legal vigente?

## **1.2. Fundamentos Teóricos de la Investigación**

### **1.2.1. Antecedentes de la investigación**

MARÍA ELENA NOBOA LEÓN, (GUAYAQUIL – ECUADOR, 2010) investigo “Comparación del efecto de riego con aguas residuales provenientes de las lagunas de oxidación de Santa Elena, sobre 4 especies forestales (*Loxopterygium huasango*, *Tabebuia* sp, *Pseudosamanea guachapele*, *Caesalpinia glabrata*) en etapa de vivero” Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, teniendo como resumen lo siguiente: Esta investigación muestra la comparación del uso del agua de las lagunas de oxidación del cantón Santa Elena, para el riego de las especies forestales: *Loxopterygium huasango*, *Tabebuia* sp, *Pseudosamanea guachapele*, y *Caesalpinia glabrata*, para determinar el tratamiento con mejor respuesta.

Los datos que se tomaron para la experimentación fueron: supervivencia; altura de planta; número de hojas y diámetro del tallo de las especies, realizando esta labor cada semana en un período de tres meses. Los tratamientos evaluados consistieron en el uso del agua obtenida de la laguna facultativa, maduración y agua potable, interactuando con cuatro tipos de especies forestales de la Península de Santa Elena. El delineamiento experimental se lo realizó a través del diseño de parcelas

divididas, siendo el factor principal: especies forestales, y los subfactores: tipos de agua.

Los datos obtenidos de las unidades experimentales analizados por medio del ADEVA determinaron que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, es decir, que estas especies pueden ser regadas con aguas provenientes de las lagunas de oxidación durante la fase de vivero.

Según el Ministerio de Agricultura, el Perú tenía en 1991 las siguientes áreas de uso de aguas residuales (has):

**Tabla 1**  
Uso de aguas residuales en el Perú.

Ciudad	Áreas con tratamiento	Áreas sin tratamiento
Piura	116	0
Chiclayo	0	390
Trujillo	0	260
Lima	78	3.078
Ica	200	0
Tacna	200	0
Total	594	3.728

**Fuente:** Ministerio de Agricultura

Las cifras revelan que actualmente existen más de 4.322 ha agrícolas regadas con aguas residuales, de las cuales solo 14% recibe aguas con algún tratamiento previo.

El tratamiento y uso de las aguas residuales se inició en el Perú en la década del sesenta con la implementación de las lagunas de estabilización de San Juan en Lima. Este sistema, considerado como la opción tecnológica más viable para alcanzar el objetivo "no patógenos", se ha aplicado al 78% de las plantas existentes en el país. Sin embargo, la cobertura de tratamiento solo llega a 17,6% de las aguas residuales

generadas, ya que la crisis económica ha limitado las inversiones en este rubro. (Casos prácticos de uso de aguas residuales, Ing. Julio Moscoso).

MÁXIMO FIDEL BACA NEGLIA, (CALLAO – PERÚ, 2012) “Tratamiento de los efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes en el distrito de San Juan de Marcona”. Universidad Nacional Del Callao-Escuela De Posgrado, Sección De Posgrado De La Facultad Ciencias Económicas con el resumen siguiente permitió demostrar la capacidad emocional de los Humedales Artificiales, frente a los efluentes domésticos, que se generan en el distrito de San Juan de Marcona, (SJM), que por analogía se puede replicar en otras problemáticas similares, es decir de disposición final de los desagües y su reutilización para el riego de áreas verdes.

Esta aplicación, se justifica aún más cuando el agua es escasa y cara, como en el caso de la ciudad de SJM, que muestra una ciudad de aspecto árido, carente de áreas verdes, debido a no contar con suficientes fuentes de agua dulce, para cubrir las necesidades de agua potable, el agua es traída de pozos ubicados a 30 km. de distancia. Mientras los efluentes domésticos crudos, (caudal de 69.605 L/s), son conducidas a través de seis emisores, de los cuales cinco de ellos se disponen al mar sin ningún tratamiento contribuyendo con la Contaminación Ambiental de la Bahía de SJM, y uno de ellos se descarga a unas lagunas de oxidación las mismas que no cuentan con capacidad (10 L/s) y adolecen de mantenimiento, causando problemas de salubridad.

Para demostrar la hipótesis de investigación, hubo la necesidad de construir un Humedal piloto, el mismo que previamente fue validado para utilizarse en las pruebas experimentales, esta unidad se construyó y operó en las instalaciones de la

Universidad Nacional del Callao, utilizándose los efluentes generados en la ciudad universitaria, en razón, de que por sus características estos son similares a los domésticos.

Durante las pruebas de evaluación, para el caso de la DBO5 se obtuvo una remoción del orden de 90.71%, (salida 13 mg/L), los SST removidos alcanzaron una remoción de 90.90%, (salida 10.7mg/L), los Nitratos removidos alcanzaron el 50.06%, (salida 8.0 mg/L), mientras los Fosfatos removidos fueron del orden de 94.50%, (salida 0.50 mg/L), para el caso del Fierro se removió 90.30%, logrando un residual en el efluente de 0.6 mg/L, la remoción de los organismos patógenos, caso de los Coliformes Fecales alcanzo una remoción del orden de 99.99%, en todos los casos se cumplió con las exigencias de los Límites Máximos Permisibles de la Clase III, de agua para su reutilización en el riego de áreas verdes.

### **1.2.2. Marco Legal**

El presente estudio se fundamenta en: En el Perú, la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, SUNASS, es la encargada de regular, supervisar y fiscalizar el mercado de servicios de agua potable.

El Estado promueve la participación del sector privado mediante procesos de concesión a nivel nacional, enmarcado en la Ley General de Servicios de Saneamiento, **Ley N° 26338** y su Reglamento.

- Constitución política del Perú de 1993. Base del ordenamiento jurídico nacional.

#### **Artículo 66.- Recursos Naturales**

Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento.

**Artículo 67.- Política Ambiental,** El Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.

- **Ley general del ambiente D.L N° 28611**

**Artículo 120.-** De la protección de la calidad de las aguas El Estado, a través de las entidades señaladas en la Ley, está a cargo de la protección de la calidad del recurso hídrico del país.

El Estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de su reutilización, considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria para su reuso, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizarán.

**Artículo 121.-** Del vertimiento de aguas residuales, El Estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo a lo establecido en los ECA correspondientes y las normas legales vigentes.

**Artículo 122.-** Del tratamiento de residuos líquidos Corresponde a las entidades responsables de los servicios de saneamiento la responsabilidad por el tratamiento de los residuos líquidos domésticos y las aguas pluviales.

Las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas, productivas, de comercialización u otras que generen aguas residuales o servidas, son responsables de

su tratamiento, a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los LMP, los ECA y otros estándares establecidos en instrumentos de gestión ambiental.

- **Ley de recursos hídricos Ley N° 29338**, Regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta.

**Artículo 79°:** “La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades

Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización.”

**Artículo 82°:**

“La Autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca, autoriza el reúso del agua residual tratada, según el fin para el que se destine la misma.”

- **Ley general de salud Ley N° 26842**, El abastecimiento del agua, alcantarillado, disposición de excretas, reúso de aguas servidas y disposición de residuos sólidos quedan sujetos a las disposiciones que dicta la Autoridad de Salud competente, la que vigilara su cumplimiento.

**Artículo 103:** La protección del ambiente es responsabilidad del Estado y de las personas naturales y jurídicas, los que tienen la obligación de mantenerlo dentro de los estándares que para preservar la salud de las personas, establece la Autoridad de Salud competente.

**Artículo 104:** Toda persona natural o jurídica, está impedida de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua el aire o el suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente.

**Norma técnica peruana NTP OS.090 Planta de tratamiento de aguas residuales**

Del Reglamento Nacional de Edificaciones, Aprobada mediante

D.S. N° 011-2006-VIVIENDA y modificada por D.S. N° 022-2009-VIVIENDA.

- **Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA**  
Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales.
- **Límites máximos permisibles (LMP) para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) domesticas o municipales D.S N° 003 – 2010 – MINAM**  
Cumplimiento de los límites máximos permisibles de los efluentes de PTAR domésticas o municipales hacia los cuerpos naturales de agua.

Tabla 3. 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/100m L	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Solidos totales en suspensión	ml/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Decreto Supremo N°003-2010-MINAM

- **Resolución Jefatural N°0291-2009-ANA** Disposiciones referidas al otorgamiento de autorizaciones de vertimientos y de reúsos de aguas residuales tratadas.
- **Resolución Jefatural N°0351-2009-ANA** Modifican R.J. N° 0291-2009-ANA referente al otorgamiento de autorizaciones de vertimientos y reúsos de aguas residuales tratadas.
- **Resolución Jefatural N° 274-2010-ANA** Dicta medidas para la implementación del Programa de Adecuación de Vertimiento y Reúso de Agua Residual – PAVER.

### REFERENCIAS

- **Estándares de calidad de agua (ECA) D.S N°002- 2008-MINAM Categoría III (Riego de vegetales y bebida de animales).**

**Tabla 4.** Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua “Categoría III”

PARAMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO ALTO Y TALLO BAJO			
BAJO			
PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	UNIDAD	VALOR	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	15	
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	10	
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	
Aceites y Grasas	mg/l	1	
PARÁMETROS BIOLÓGICOS	UNIDAD	VEGETALES TALLO BAJO	VEGETALES TALLO ALTO
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1000	2000

Fuente: Decreto Supremo N°002-2008-MINAM publicado el 30 de Julio del 2008.

- Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002 Protección ambiental, especificaciones y Límites Máximos Permisibles de Lodos y Biosólidos, aprovechamiento y disposición Final.

- **Ley General de Aguas – D.S. N° 17752**

Promulgada a través del **Decreto Supremo N° 17752** del 29 de julio de 1969 y los Reglamentos de los títulos de dicha ley.- Para los efectos de la aplicación del presente Reglamento, la Calidad de los recursos de agua en general ya sea terrestre o marítima del país se clasifican respecto a sus usos de la siguiente manera:

- I. Aguas de abastecimiento doméstico con simple cloración.
- II. Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento y procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración, cloración. Aprobados por el Ministerio de Salud.
- III. Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.
- IV. Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baño y similares)
- V. Aguas en zonas de pesca (marisco, bivalvos)
- VI. Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial.

En el código de medio ambiente se establece que el sector salud se constituya como autoridad ambiental, razón por la cual DIGESA viene cumpliendo la labor de vigilancia y control de los sistemas de agua a fin de que se contribuya a una mejor salubridad de la población. Ver Tabla.

**Tabla 5. Clasificación de los cursos de agua (ley general de aguas, DL N° 17752)<sup>1</sup> , Límites Máximos Permisibles de las sustancias potencialmente tóxicas para las 6 clases”**

DENOMINACIÓN	CURSOS DE AGUAS					
	I	II	III	IV	V	VI
Aluminio	-	-	-	1.00	+1	-
Arsénico	0.10	0.10	0.20	1.00	0.01	0.05
Bario	0.10	0.10	-	0.50	+0.50	-
Cadmio	0.01	0.01	0.05	-	0.0002	0.004
Cianuro	0.20	0.20	+1	-	0.005	0.005
Cobalto	-	-	-	0.20	+0.20	-
Cobre	1.00	1.00	0.50	3.00	+0.01	-
Color	0	10	20	30	+30	-
Cromo Hexavalenté	0.05	0.05	1.00	5.00	0.05	0.005
Coliformes Totales	8.8	20,000	5,000	5,000	1,000	20,000
Coliformes Fecales	0	4,000	1,000	1,000	200	4,000
Oxígeno Disuelto	3	3	3	3	5	4
DBO <sub>5</sub>	5	5	15	10	10	10
Fenoles	0.0005	0.001	+0.001	-	0.002	0.002
Hierro	0.30	0.30	1.00	-	-	-
Fluoruros	1.50	1.50	2.00	-	-	-
Litio	-	-	-	5.00	+5.00	-
Magnesio	-	-	1.50	-	-	-
Manganeso	0.10	0.10	0.50	-	-	-

Continuación...

DENOMINACIÓN	CURSOS DE AGUAS					
	I	II	III	IV	V	VI
Material Ext en Hexano	1.50	1.50	0.50	0.00	No perc	-
Mercurio	0.002	0.002	0.01	-	0.0001	0.0002
Nitratos	0.01	0.01	0.10	-	-	-
Níquel	0.002	0.002	0.002	0.050	0.002	-
Ph	5-9	5-9	5-9	5-9	5-9	-
Plata	0.05	0.05	0.05	-	-	-
Plomo	0.05	0.10	-	-	0.01	0.03
P.C.B.	0.001	0.001	+0.001	-	0.002	0.002
Selenio	0.01	0.01	0.05	0.05	0.005	0.01
Sólidos flotantes	0.00	0.00	0.00	Pequeña	Cantidad	-
Sólidos Suspendidos	-	-	-	-	-	-
Sulfatos	-	-	400	-	-	-
Sulfuros	0.001	0.002	+0.005	-	0.002	0.002
Zinc	5	25	25	-	0.020	-

**Fuente:** Ley General de aguas

### 1.2.3. Marco conceptual.

#### Aguas Residuales

Agua residual es "una combinación de los líquidos y residuos

<sup>1</sup> ley general de aguas, DL N° 17752

arrastrados por el agua proveniente de casas, edificios comerciales, fábricas e instituciones combinada con cualquier agua subterránea, RAS (2000).

### **Calidad del agua**

Se refiere a las características de éste recurso que puedan afectar su adaptabilidad a un uso específico. La calidad del agua se define por una o más características físicas, químicas o biológicas. Por lo tanto la evaluación de la calidad de este recurso consiste en un análisis de estas características en relación a la calidad natural, efectos humanos y usos potenciales, particularmente aquellos que podrían afectar la salud humana e impactar sobre el ecosistema acuático (Food Agriculture Organization- FAO. 1987).

### **Contaminación**

Contaminación del agua es cualquier alteración perjudicial en las características físicas, químicas y/o bacteriológicas del agua. (Ley General de Aguas- Decreto Ley N° 17752.1969) modificatoria por la Ley 29338 Ley de Recursos Hídricos Contaminación del agua se refiere al deterioro específico de la calidad del agua, cuando se altera su composición o condición,. (Organización Mundial de la Salud-OMS.2006).

### **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

Es el grado de consumo de oxígeno durante la oxidación de contaminantes en el agua, llevada a cabo por microorganismos.

### **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o bicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas.

### **Efluentes líquidos**

Las plantas de extracción de aceite producen grandes volúmenes de aguas residuales de los procesos de esterilización y de clarificación. La clarificación contribuye con la mayor cantidad de descarga de efluentes.

Las aguas residuales con menor carga orgánica provienen de la clarificación realizada con hidrociclones en comparación a los efluentes de la clarificación realizada con centrífugas. El mantenimiento y lavado de los equipos también generan aguas residuales. Las aguas residuales resultantes de la esterilización y la clarificación son manejadas y tratadas antes de ser descargadas, para evitar daños por contaminación a la flora y fauna acuática y a usuarios del agua.

### **Estándar de Calidad Ambiental – ECA:**

Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

### **Lagunas de Estabilización**

Las lagunas de estabilización, también llamadas lagunas de oxidación, son depósitos de agua de profundidad de entre 1 y 3.5m., y tienen como finalidad estabilizar la materia orgánica presente en las aguas residuales. La clasificación de estas lagunas de tratamiento depende de factores tales como: tiempo de retención, carga orgánica por unidad de área, proceso de estabilización (aerobio, anaerobio o mixto).

### **Lagunas Anaerobias**

Son aquellas que tienen una gran carga orgánica por unidad de área. La carga orgánica en este tipo de lagunas es de 220 a 550

Kg DBO/día por hectárea de terreno. En este tipo de lagunas, el material orgánico suspendido sedimenta en el fondo del recipiente y se descompone anaeróbicamente formando inicialmente ácidos orgánicos y posteriormente la digestión en condiciones de anaerobiosis conduce a la descomposición de dichos ácidos volátiles orgánicos a bióxido de carbono y metano principalmente.

Este tipo de lagunas produce olores fétidos, por lo que un tratamiento de este tipo solo es conveniente en lugares alejados de núcleos de población.

### **Lagunas Facultativas**

Las lagunas facultativas son la variación más importante en la depuración de aguas residuales en este tipo de tratamiento. Una laguna facultativa típicamente maneja cargas orgánicas de entre 55 y 200 KgDBO/día por hectárea de terreno, con un tiempo de retención de entre 5 y 30 días. La profundidad de la laguna es de 1.2 a 2.5 m. En este tipo de lagunas facultativas se tienen varias capas o zonas en las cuales se tienen condiciones aerobias, facultativas y anaerobias.

### **Laguna Facultativa Aerobia**

Las condiciones aerobias que existen en la parte superior de una laguna facultativa aerobia se deben a la acción conjunta del viento y de la actividad fotosintética que se presenta en el cuerpo de agua. Los nutrientes que se hallan presentes en las aguas residuales, principalmente nitrógeno y fósforo, favorecen la eutrofización del acuífero.

### **Límite Máximo Permissible – LMP:**

Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que

caracterizan a un efluente, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

### **Los efluentes industriales.**

Es el cuerpo "que fluye o se emite al exterior de una actividad industrial". Los compuestos contaminantes vertidos por la actividad industrial a los cuerpos de agua naturales pueden provocar deterioro en la calidad del agua superficial, produciendo riesgos importantes para la salud humana y los ecosistemas acuáticos, con el tiempo los compuestos contaminantes pueden lixiviar, lo que ocasionaría deterioro de la calidad del agua subterránea, cuyo tratamiento resulta costoso, difícil y hasta imposible de tratar. (Barrera, 1987).

## **1.2.4. Marco Teórico**

### **1.2.4.1. Aguas Residuales**

Las aguas residuales son aquellas aguas cuya composición desde el punto de vista físico, químico y microbiológico ha sido alterada, durante los diferentes usos para los cuales ha sido empleada.

Desde el punto de vista de las fuentes de generación, las aguas residuales son la combinación de residuos líquidos procedentes de residencias, instituciones públicas, establecimientos industriales y comerciales, a los que pueden agregarse, aguas subterráneas, superficiales y pluviales (Metcalf & Eddy, 1995).

Por su parte, Seoáñez (1998) define las aguas residuales como líquidos procedentes de la actividad humana, que llevan en su composición gran parte de agua, y que son vertidos a cursos o masas de agua.

Otra definición interesante es la presentada por Arenas (2000), según este autor las aguas residuales son aquellas producidas como consecuencia de actividades

urbanas, agrícolas o industriales, que portan sustancias indeseables de diversa naturaleza y peligrosidad en función del proceso en que han sido producidas.

En este orden de ideas, las aguas residuales podrían definirse como aguas o líquidos, generados durante el uso del agua, que contienen impurezas o contaminantes en forma sólida, líquida o gaseosa (o combinación de éstas) en concentraciones que son peligrosas si se disponen al ambiente. Entre estos contaminantes están: detergentes, sólidos, metales pesados, compuestos orgánicos diversos, microorganismos fecales, nutrientes, entre otros.

#### **1.2.4.2. Clasificación**

Considerando la procedencia de las aguas residuales, pueden clasificarse en domésticas e industriales.

Cuando a éstas se unen aguas por infiltración, aportes incontrolados o escorrentía, se habla de aguas residuales urbanas o municipales.

En este sentido, las aguas residuales domésticas se definen como aquellas que provienen de los núcleos de la población, zonas comerciales, instituciones públicas e instituciones recreativas; mientras que las aguas residuales industriales, son aquellas generadas en las diferentes industrias durante los variados procesos productivos.

Por otra parte, Fon fría & Ribas (1989) consideran que las aguas residuales urbanas o municipales pueden incluir todo tipo de aguas residuales que lleguen a las redes de alcantarillado público. Originadas a causa de

excretas, residuos domésticos, arrastre de lluvia (escorrentía), infiltraciones y residuos industriales.

### 1.2.4.3. Fuentes y Origen

El origen de las aguas residuales puede ser muy diverso ya que depende de la fuente que emita el contaminante. Según Miller (2002), los contaminantes de las aguas residuales provienen de fuentes puntuales y no puntuales.

Las fuentes puntuales están ubicadas en lugares específicos fáciles de identificar, regular y controlar, ejemplo de éstas se pueden mencionar las fábricas, minas, pozos petroleros, residencias, entre otras; mientras que fuentes no puntuales no pueden asociarse con ningún lugar de vertido concreto, como ejemplo se citan la escorrentía desde la superficie de terrenos como cultivos, corrales y calles. En la Tabla 5 se muestra el origen de las aguas residuales en función de su clasificación y usos.

**Tabla N° 5** Origen y fuentes de las aguas residuales en función del tipo y usos.

Tipo de agua residual	Origen y fuentes	Usos que ha recibido el agua
Doméstica	<p><b>Residencias:</b> viviendas y apartamentos.</p> <p><b>Comercios:</b> aeropuertos, estaciones de servicio, hoteles, albergue, oficinas, lavandería, restaurantes, entre otros.</p> <p><b>Instituciones:</b> hospitales, colegios, prisiones, entre otros.</p> <p><b>Espacios recreacionales:</b> campamentos, club de campo, playas, zonas turísticas, piscinas, entre otros.</p>	Beber, limpieza, higiene, lavado de autos, fines culinarios, evacuación de residuos, regado de jardines, entre otros.
Industrial	<p><b>Industrias:</b> químicas y petroquímicas, ganaderas, siderúrgicas, alimentación y bebidas, pasta y papel, textiles, entre otras.</p>	Diferentes procesos de producción: como materia prima, limpieza, enfriamiento o transferencia de calor.
Urbana o municipal	Residencias, instituciones, comercios, industrias, espacios recreacionales, escorrentía, infiltraciones y aportes incontrolables.	Los usos mencionados para aguas residuales domésticas e industriales, la escorrentía desde la superficie expuesta a la lluvia (parques, zonas verdes, terrenos de cultivos, patios y calles), juntas, tuberías, entre otros.

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con Davis & Cornwell (1998), las aguas residuales domésticas e industriales pueden ser consideradas como fuentes puntuales debido a que son generalmente recolectadas o convergen en un punto simple de descarga. Sin embargo, las aguas residuales urbanas y de escurrimiento agrícola son caracterizadas por múltiples descargas puntuales por lo que son llamadas fuentes no puntuales.

#### **1.2.4.4. Características Físicas, Químicas y Biológicas de las Aguas Residuales.**

La contaminación de las aguas puede ser causada por compuestos en estado sólido, líquido o gaseoso, los cuales pueden disolverse, ser insolubles, quedar en suspensión, ser inmiscibles, reaccionar, entre otros. Además de la naturaleza de los contaminantes, las características de las aguas residuales dependen de varios factores, entre éstos: la calidad del agua usada por las comunidades, las prácticas de conservación y cultura de la población, el tipo de industrias (actividad y nivel de producción), tratamiento dado por las industrias, entre otros.

Por consiguiente, las aguas residuales se caracterizan por su composición, física, química y biológica (Tabla 2). Se describen a continuación los principales parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en las aguas residuales, destacando su origen y efectos asociados.

#### **1.2.4.5. Parámetros Físicos**

Los principales parámetros físicos de caracterización de las aguas residuales son: temperatura, sólidos, olor, turbiedad y color.

**Temperatura.** Las aguas residuales pueden presentar variación en la temperatura debido a la incorporación de aguas calientes desde residencias e industrias (agua de sistemas de refrigeración, plantas termoeléctricas y nucleares). La importancia de la variación de la temperatura está relacionada con la influencia que ésta tiene en la velocidad de reacciones químicas, el desarrollo y equilibrio de la vida acuática, la actividad de microorganismos y la solubilidad de gases y sales.

**Sólidos.** Las aguas residuales están cargadas de sólidos: materia en suspensión, sedimentable, coloidal y disuelta; de origen orgánico e inorgánico. Estos sólidos provienen del material arrastrado por el agua durante su uso, y pueden ser: residuos de cocina y del baño, sales minerales, arenas y arcillas (erosión del suelo), lodos (plantas de tratamiento) y otros sólidos de diferentes tamaños.

Tabla N°6

Características físicas, químicas y biológicas de las AR

Características Físicas	Característica química	Características biológicas
Temperatura	<b>Contenido orgánico:</b> Carbohidratos, proteínas,	Animales
Color	DBO, DQO, grasas animales, fenoles, A y G,	Plantas
Olor	Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y agentes tensoactivos.	Protistas: Eubacterias y Arqueobacterias.
Turbidez		Virus
Sólidos (Totales, suspendidos, disueltos, volátiles)	<b>Contenido inorgánico:</b> Alcalinidad, pH, cloruros, fósforo, nitrógeno y metales pesados.	
	<b>Gases:</b> Sulfuro de hidrógeno, metano y oxígeno.	

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno, DQO: Demanda Química de Oxígeno, COV: Compuestos Orgánicos Volátiles. A y G: Aceites y Grasas.  
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los problemas asociados a los sólidos se encuentran: los sólidos inorgánicos confieren turbidez al agua y causan problemas en los equipos cuando se

reutiliza el agua; mientras que los sólidos totales producen cambios importantes en la densidad del agua. Por otra parte, las sustancias en forma coloidal y disuelta, se asocian a consumo de oxígeno, toxicidad para las especies y transmisión de enfermedades.

Al respecto, Hernández (1992) señala que los sólidos suspendidos presentes en las aguas residuales originan reducción de la capacidad de aireación de las aguas receptoras junto con la degradación estética; mientras que los sólidos sedimentables se acumulan en el fondo de éstas y dan lugar a demanda de oxígeno, generando condiciones anaerobias en el fondo y degradación general del hábitat.

**Olor.** Los olores en las aguas residuales se originan de los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. Los principales compuestos olorosos de las aguas residuales son: amoníaco, cloro, sulfuros, mercaptanos y aminas.

La problemática de los olores está considerada como la principal causa de rechazo a la implantación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, la importancia del olor radica principalmente en el grado que se produce, así como los efectos tóxicos que pueden producir las sustancias responsables de éste. Generalmente la percepción de un olor de aguas residuales ocasiona pérdida del apetito, disminución en el consumo de agua, respiración agitada, náuseas o vómito; también podría deteriorar las relaciones interpersonales y socioeconómicas (Ramos, Sepúlveda & Villalobos, 2003).

**Turbidez (Turbiedad).** La turbidez de las aguas residuales está relacionada con la materia coloidal y en suspensión presente en estas, tales como: arcilla, limo, material orgánico finamente dividido e inorgánico, plancton y microorganismos. Su importancia está asociada con la anti esteticidad, movilidad y filtrabilidad de los contaminantes y eficiencia de la desinfección, esencialmente en el abastecimiento de aguas (Sawyer, McCarty & Parkin, 2001). Es importante señalar, que en aguas residuales con altos valores de turbidez, motivados por el contenido de diferentes sustancias en suspensiones, no se habla de turbidez sino de sólidos para indicar el contenido de sustancias orgánicas y/o minerales presentes en el medio (Marín, 2003).

**Color.** La coloración anormal de las aguas residuales se debe a la presencia de sustancias disueltas o coloidales (color real) o en suspensión (color aparente), tanto orgánicas como inorgánicas.

En este sentido, Hernández (1990) refiere que las aguas residuales domésticas presentan tonalidades variables que van desde gris, cuando se ha originado, hasta convertirse en oscuro, e incluso negro, a medida que transcurre el tiempo.

#### **1.2.4.6. Composición Típica de las Aguas Residuales<sup>2</sup>**

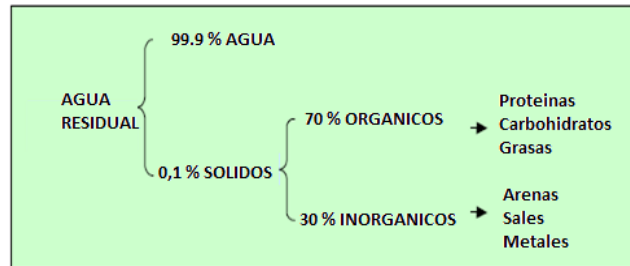
Respecto a la composición típica de las aguas residuales, es importante tener presente en general, que para las aguas residuales sólo un 0,1% (en peso) corresponde a fracción sólida, y aproximadamente el 70% de ella corresponde a sólidos orgánicos. En la

---

<sup>2</sup> Guillermo León Suematsu. "Tratamiento de aguas residuales; objetivos y selección de tecnologías en función al tipo de reuso" CEPIS/OPS (1995).

Figura 6 se muestra la composición típica de las aguas residuales.

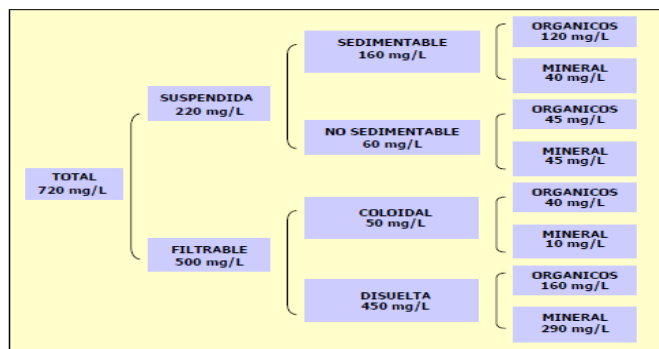
**Figura 7 Composición típica de las aguas residuales**



Fuente: “Tratamiento de aguas residuales; objetivos y selección de tecnologías en función al tipo de reuso”, Guillermo León Suematsu. CEPIS/OPS (1995).

Tal como se puede apreciar en la Figura 7, los sólidos totales se pueden dividir en sólidos en suspensión (no filtrables) y sólidos filtrables. Cada una de éstas categorías puede ser clasificada en función de su volatilidad a 550° + 50°C. A esta temperatura la fracción orgánica se oxida formando gas, quedando la fracción inorgánica en forma de cenizas. Debido a lo anterior se habla de sólidos “volátiles” y “fijos”. Los sólidos volátiles corresponden a la fracción orgánica de la muestra y los sólidos fijos corresponden a inorgánicos o minerales, para este tipo de residuos.

**Figura 7 Distribución de los sólidos contenidos en el agua residual urbana típica**



Fuente: “Tratamiento de aguas residuales; objetivos y selección de tecnologías en función al tipo de reuso”, Guillermo León Suematsu. CEPIS/OPS (1995)

Por otra parte, los agentes causantes de la contaminación existente en un curso receptor pueden ser de naturaleza orgánica biodegradable, orgánica no biodegradable (bioresistentes o recalcitrantes) e inorgánica.

La biodegradación o descomposición orgánica no es más que el resultado de los procesos de digestión, asimilación y metabolización del compuesto orgánico por microorganismos saprófitos, tales como bacterias, hongos, protozoos y otros.

La biodegradabilidad de un agua residual puede ser medida a través de dos métodos, según se quiera medir la biodegradabilidad anaerobia (fracción de materia orgánica o demanda química de oxígeno, DQO, capaz de ser degradada por mecanismos anaerobios) o biodegradabilidad aerobia, que es el método que comúnmente se realiza mediante la determinación de la demanda biológica de oxígeno (DBO).

#### **1.2.4.7. Procedencia y Contaminantes**

La procedencia de los tres posibles componentes de las aguas residuales urbanas y los principales contaminantes que estas aportan, son los siguientes:

Aguas residuales domésticas, que están constituidas a su vez por: Aguas de cocina, sólidos, materia orgánica, grasas, sales.

Aguas de lavadoras: detergentes, nutrientes.

Aguas de baño: jabones, geles, champús.

Aguas negras, procedentes del metabolismo humano: sólidos, materia orgánica, nutrientes, sales, organismos patógenos.

Aguas residuales industriales: resultantes de actividades

industriales que descargan sus vertidos a la red de alcantarillado municipal. Estas aguas presentan una composición muy variable dependiendo de cada tipo de industria.

#### **1.2.4.8. Calidades de las Aguas Residuales Urbanas<sup>3</sup>**

Los principales contaminantes que aparecen en las aguas residuales urbanas son:

**Objetos gruesos:** trozos de madera, trapos, plásticos, etc., que son arrojados a la red de alcantarillado.

**Arenas:** bajo esta denominación se engloban las arenas propiamente dichas, gravas y partículas más o menos grandes de origen mineral u orgánico.

**Grasas y aceites:** sustancias que al no mezclarse con el agua permanecen en su superficie dando lugar a natas. Su procedencia puede ser tanto doméstica como industrial.

**Sólidos en suspensión:** partículas de pequeño tamaño y de naturaleza y procedencia muy variadas. Aproximadamente el 60% de los sólidos en suspensión son sedimentables y un 75% son de naturaleza orgánica.

**Sustancias con requerimientos de oxígeno:** compuestos orgánicos e inorgánicos que se oxidan fácilmente, lo que provoca un consumo del oxígeno presente en el medio al que se vierten.

**Nutrientes (nitrógeno y fósforo):** su presencia en las aguas es debida principalmente a detergentes y fertilizantes. Igualmente, las excretas humanas aportan nitrógeno orgánico.

**Agentes patógenos:** organismos (bacterias, protozoos,

---

<sup>3</sup> APHA, AWWA and WEF (2005). Standard methods for the examination of waters and wastewaters. 21th ed. Estados Unidos

helmintos y virus), presentes en mayor o menor cantidad en las aguas residuales y que pueden producir o transmitir enfermedades.

**Contaminantes emergentes o prioritarios:** los hábitos de consumo de la sociedad actual generan una serie de contaminantes que no existían anteriormente. Estas sustancias aparecen principalmente añadidas a productos de cuidado personal, productos de limpieza doméstica, productos farmacéuticos, etc. A esta serie de compuestos se les conoce bajo la denominación genérica de contaminantes emergentes o prioritarios, no eliminándose la mayoría de ellos en las plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas.

#### **1.2.4.9. Parámetros Empleados para Caracterizar las Aguas Residuales Urbanas**

Para caracterizar las aguas residuales se emplea un conjunto de parámetros que sirven para cuantificar los contaminantes definidos en el apartado anterior. Los parámetros de uso más habitual son los siguientes:

##### **Aceites y grasas:**

El contenido en aceites y grasas presentes en un agua residual se determina mediante su extracción previa, con un disolvente apropiado y la posterior evaporación del disolvente.

##### **Sólidos en suspensión:**

Se denomina de este modo a la fracción de los sólidos totales que quedan retenidos por una membrana filtrante de un tamaño determinado (0,45  $\mu\text{m}$ ). Dentro de los sólidos en suspensión se encuentran los sólidos sedimentables y los no sedimentables.

### **Sustancias con requerimiento de oxígeno:**

Para la cuantificación de estas sustancias los dos parámetros más utilizados son:

### **Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO):**

es la cantidad equivalente de oxígeno (mg/l) necesaria para oxidar biológicamente los componentes de las aguas residuales. En el transcurso de los cinco días de duración del ensayo (cinco días) se consume aproximadamente el 70% de las sustancias biodegradables.

### **Demanda Química de Oxígeno (DQO):**

Es la cantidad equivalente de oxígeno (mg/l) necesaria para oxidar los componentes orgánicos del agua utilizando agentes químicos oxidantes.

### **La relación DBO5/DQO**

Indica la biodegradabilidad de las aguas residuales urbanas:

$\geq 0,4$  Aguas muy biodegradables

0,2 - 0,4 Aguas biodegradables

$\leq 0,2$  Aguas poco biodegradables

### **Nitrógeno:**

Se presenta en las aguas residuales en forma de nitrógeno orgánico, amoníaco y, en menor cantidad, de nitratos y nitritos. Para su cuantificación se recurre generalmente a métodos espectrofotométricos.

### **Fósforo:**

En las aguas residuales aparece principalmente como fosfatos orgánicos y polifosfatos. Al igual que las distintas formas nitrogenadas, su determinación se realiza mediante métodos espectrofotométricos.

### **Organismos patógenos:**

Los organismos patógenos se encuentran en las aguas residuales en muy pequeñas cantidades siendo muy difícil su aislamiento, por ello, se emplean habitualmente los coliformes como organismo indicador.

#### **1.2.4.10. Límites Máximo Permisible<sup>4</sup>**

**Tabla 8**  
**Límite Máximo permisible para los efluentes de**  
**PTAR**

<b>PARAMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>EFLUENTE VERTIDO A CUERPO DE AGUA</b>
Aceite y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
DBO	mg/L	100
DQO	mg/L	200
pH	Unidad	6.5 – 8.5
Sólidos totales en suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	< 35

Fuente: Decreto Supremo 003-2010-MINAM

#### **1.2.4.11. Tratamiento de las aguas residuales**

El principio básico en el tratamiento de las aguas residuales es la separación del líquido de los constituyentes no deseables. Para tal fin se El sistema de tratamiento así como la complejidad de este depende del grado de contaminación de las aguas residuales y de su procedencia (domésticas, industriales) para lo que se realiza un estudio técnico y económico con el propósito.

#### **1.2.4.12. Alternativas de tratamiento.**

---

<sup>4</sup> Decreto Supremo 003-2010-MINAM

Las tecnologías para tratar y gestionar las aguas residuales varían en función de las características del agua residual y de las normas de calidad exigidas para los efluentes que están en constante evolución junto a los imperativos medioambientales, construcción, explotación o disponibilidad de terreno que condicionan el sistema de depuración o aprovechamiento de las aguas residuales, es necesario buscar procesos de tratamiento económicos y fiables que permitan obtener, un agua residual apta para un uso específico.

Las alternativas de tratamiento de bajo costo para aguas residuales, incluyen sistemas de aplicación en terrenos en los cuales las aguas residuales se retienen en pantanos estanques o lagunas.

#### **Lagunas de estabilización.**

Las lagunas de estabilización es una opción tecnológica para el tratamiento de aguas residuales urbanas donde se da una gran remoción de patógenos. Las limitaciones de las lagunas de estabilización, son principalmente referidas al costo y disponibilidad de terreno. Estos sistemas pueden asimilarse a procesos biológicos intermedios entre la depuración en cauces receptores y el proceso de fangos activados, al que se llegaría con lagunajes aireados artificialmente.

**Lagunas Naturales.-** Construidas normalmente sobre el terreno, son sencillas con rendimientos escasos y con problemas de producción de olores. Pueden considerarse como solución para comunidades rurales con sistemas de saneamiento unitario y con población equivalente a los 2,000 hab. Los rendimientos son muy

variables en la reducción de DBO, pudiéndose señalar del 60 – 80% en verano, y del 45 – 70 % en invierno.

**Lagunas Aireadas.-** Para evitar los problemas de olores, se debe ajustar la incorporación de oxígeno ante variaciones de carga y condiciones estacionales, y para mejorar la agitación dentro de los depósitos, surgen las lagunas aireadas, que por supuesto necesitan conexión eléctrica para los sistemas de aireación. Cualquiera de los sistemas de aireación citados en los sistemas convencionales es válido para las lagunas.

#### **1.2.4.13. Descripción del distrito de Salas Guadalupe.**

El **Distrito de Salas** es uno de los catorce distritos peruanos que forman la Provincia de Ica en el Departamento de Ica, bajo la administración del Gobierno regional de Ica. Limita por el norte con los distritos Pisqueños de San Andrés y Humay; por el sur con el Distrito de Subtanjalla; por el este con los distritos de San José de los Molinos y San Juan Bautista; y por el oeste, con el distrito de Paracas.

Fig.4 Mapa de distrito de Salas Guadalupe



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)

El distrito fue creado mediante Ley 5030 del 11 de febrero de 1925, en el gobierno del Presidente Augusto Leguía. Lleva el nombre de Salas, en reconocimiento al General Juan José Salas, quien fue el primer alcalde de la provincia de Ica.

Entre uno de sus personajes ilustres, se encuentra el conocido escritor Juan Donayre Vizarreta.

#### ▪ GEOGRAFÍA

Salas es uno de los distritos de mayor extensión de la provincia de Ica, es una zona desértica donde predomina el granito, sólo apenas la parte extrema sur es regada por algunas acequias provenientes del río Ica. Está ubicado aproximadamente a 37 km del mar, y una altura promedio a los 405 m.s.n.m.

En la actualidad, el Distrito tiene aproximadamente 16,000 habitantes, que pueblan sus 6 caseríos:

1. Villacurí,
2. Nuestra Señora de Guadalupe,

3. Cerro Prieto,
4. Collazos,
5. Camino de Reyes, y
6. Guadalupe (Capital de Distrito);
7. Ríos: Ica.

#### ▪ **AGRICULTURA.**

Es la Base de la economía guadalupana y también iqueña. Sus fundos son regados en su gran mayoría por aguas provenientes del subsuelo; que a través de distintos mecanismos como el riego por goteo, van convirtiendo poco a poco las áridas zonas desérticas en extensas áreas de cultivos. Entre sus principales cultivos destacan el espárrago, la páprika, y la vid; destinados principalmente para la agro exportación. Desde el río Ica, también son derivadas aguas estacionales a través del cauce Macacona, las cuales riegan las parcelas guadalupanas del Valle de Ica, que

En su mayoría son destinadas al algodón, en su mayoría son destinadas al algodón, los pallares, mango, ciruelo, y en abundancia, y en abundancia las uvas tradicionales del valle, para la producción vitivinícola.

#### ▪ **POTENCIALES Y ATRACTIVOS TURÍSTICOS**

Los calificamos como "potenciales", dado el hecho que hasta el momento, ninguna autoridad municipal se ha preocupado realmente por trabajar en ellos y lograr otorgarles el calificativo de "atractivos turísticos"; pero debemos de reconocer que tienen mucho potencial.

El Bosque de Huarangos "Gold and Meyer" Una extensa área de Huarangos, dedicada a su siembra.

Lastimosamente olvidada por la falta de promoción, y por no haberse concluido los trabajos en este interesante proyecto turístico.

- La Huaca "Guadalupe
- La Plaza de toros
- El Coliseo de Gallos "Abraham Valdelomar"
- El Templo de "Pozo Santo"
- La Hacienda "Los Pobres"
- El Morro Solar "Cerro Prieto"
- Diversos centros campestres recreacionales
- Diversos centros vitivinícolas o "bodegas": muchas de estas bodegas conservan procedimientos e instrumentales de la época colonial para el destilado del mosto.

▪ **DEMOGRAFIA.**

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en el año 2007, En el Tabla 16 se indica la población total de cada distrito, el número de habitantes, como el porcentaje que representa del total de la población provincial y distritales.

En el Tabla 17 se presenta los resultados de la Proyección de la población de distrito de Salas Guadalupe en los Censos Nacionales de Población y Vivienda de 1993 y 2007 del INEI.

**Tabla 16.**  
**Población total de la provincia de Ica y por distritos**

PROVINCIA y DISTRITOS	TOTAL	GRUPO DE EDAD		
		0 - 14	15 - 64	65 Y MAS
Provincia Ica	321 332	88668	108673	23991
Ica	125 189	31270	82997	10922
La Tinguiña	30 902	9164	19775	1963
Los Aquijes	16 298	4733	10346	1219
Ocucaje	3 639	1017	2226	396
Pachacutec	6 000	1759	3831	410
Parcona	50 349	14809	32358	3182
Pueblo Nuevo	4 588	1166	2926	496
Salas	17 973	5162	11761	1050
San José de Los Molinos	6 070	1641	3942	487
San Juan Bautista	12 430	3598	7992	840
Santiago	23 657	7026	15128	1503
Subtanjalla	19 019	5866	12177	976
Tate	4 101	1173	2602	326
Yauca	1 117	284	612	221

Fuente: Censo de Nacional de Población y Vivienda. INEI. 2007.

Tabla 17. Proyección de la población en los distritos de la provincia de Ica

DISTRITO	TCA	AÑOS								
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Provincia Ica	1,9	321 332	327437	333542	339647	345752	351857	357962	364067	
Ica	1,1	125 189	126566	127943	129320	130697	132074	133451	134828	
La Tinguiña	2,3	30 902	31613	32324	33035	33746	34457	35168	35879	
Los Aquijes	2,7	16 298	16738	17178	17618	18058	18498	18938	19378	
Ocucaje	0,7	3 639	3665	3691	3717	3743	3769	3795	3821	
Pachacutec	2,0	6 000	6120	6240	6360	6480	6600	6720	6840	
Parcona	1,6	50 349	51155	51961	52767	53573	54379	55185	55991	
Pueblo Nuevo	0,2	4 588	4597	4606	4615	4624	4633	4642	4651	
Salas	4,1	17 973	18710	19447	20184	20921	21658	22395	23132	
S. J. Los Molinos	0,8	6 070	6119	6168	6217	6266	6315	6364	6413	
S. J. Bautista	2,7	12 430	12766	13102	13438	13774	14110	14446	14782	
Santiago	3,2	23 657	24414	25171	25928	26685	27442	28199	28956	
Subtanjalla	5,6	19 019	20084	21149	22214	23279	24344	25409	26474	
Tate	1,9	4 101	4179	4257	4335	4413	4491	4569	4647	
Yauca	-1,2	1 117	1104	1091	1078	1065	1052	1039	1026	

Fuente: Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007. INEI.

## ▪ ACTIVIDAD ECONÓMICA

El distrito de Salas así como los 13 distritos de Ica basan su economía principalmente en el comercio, la agricultura y la agroindustria.

La actividad comercial y de servicios, o actividad terciaria, que realiza gran parte de la población, prestan sus servicios en el sector público y privado, mayormente en la ciudad de Ica y en menor porcentaje en el distrito. Por tanto la actividad comercial y de servicios en el distrito, están dados por el comercio local en establecimientos conocidos como: restaurantes campestres, tiendas, bodegas artesanales y mercados donde se expenden artículos

de primera necesidad, entre otros.

La actividad agrícola está conformada por los parceleros, jornaleros y el campesinado de Salas entre hombres, mujeres y niños en edad de trabajo de 15 años a más. Esta actividad está orientada al cultivo de productos tradicionales como: el algodón, maíz, papa, etc.; entre los frutales destacan el mango, pecana, la vid, etc. y los cultivos agroindustriales así como productos perecibles con fines de exportación como: el espárrago, la uva de mesa, la cebolla blanca y otros.

La actividad agroindustrial, conformado por los fundos agroindustriales de orden privado de importancia nacional, además hay otros fundos agroindustriales. Estos fundos dan trabajo a un número considerable de personas en forma permanentemente y temporal como en épocas de poda y cosecha.

La actividad pecuaria o ganadera es mínima en el distrito orientada mayormente a la crianza de ganado vacuno para engorde y producción lechera; y en menor proporción al ganado: caprino, porcino, etc.

La actividad turística, es mínima porque no se le brinda la debida atención y por la falta de inversión en este rubro; a pesar de contar con lugares propios para fomentarlo.

#### ▪ POBLACION ECONOMICA ACTIVA

De acuerdo a la información del censo nacional del 2007, el 55% de la PEA se emplea en agricultura y el 9% en comercio, entre las dos actividades más importantes. Además el 65% de la PEA del distrito es obrero. Demás detalles se muestra en la siguiente

Tabla.

Tabla 18: Población económicamente activa del distrito de Salas.

RAMA DE ACTIVIDAD ECONOMICA	TOTAL	CATEGORIA DE OCUPACION					
		EMPLEADO	OBRERO	TRABAJADOR INDEPENDIENTE	EMPLEADOR O PATRONO	TRABAJADOR FAMILIAR NO REMUNERADO	TRABAJADOR DEL HOGAR
<b>Distrito SALAS</b>	<b>745</b>	<b>1217</b>	<b>488</b>	<b>1077</b>	<b>88</b>	<b>136</b>	<b>59</b>
Agric., ganadería, caza y silvicultura	4474	124	4084	165	39	62	
Pesca	2		1		1		
Explotación de minas y canteras	26	1	22		3		
Industrias manufactureras	323	30	239	48	5	1	
Suministro de electricidad, gas y agua	16	6	8	2			
Construcción	262	18	180	57	5	2	
Comerc., rep. veh.	597	147	34	356	19	41	
Venta, mant.y rep.	93	26	19	43	4	1	
Comercio al por mayor	93	46	6	39	1	1	
Comercio al por menor	411	75	9	274	14	39	
Hoteles y restaurantes	103	28	28	45	1	1	
Trans., almac. y comunicaciones	514	136	83	287	6	2	
Intermediación financiera	13	12	1				
Activid.inmobil., empres. y de alquiler	281	178	64	33	5	1	
Admin.pub. y defensa; p. segur.soc.afil	176	151	25				
Enseñanza	273	255		13	1	4	
Servicios sociales y de salud	76	67		9			
Otras activ. serv.comun.soc y	99	35	21	35	2	6	
Hogares privados con servicio	59						59
Actividad económica no especificada	165	29	92	27	1	16	

**Fuente:** INEI - Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.

### 1.3. Objetivos de la investigación

#### 1.3.1. Justificación e importancia

##### Justificación

Las aguas residuales, son consideradas como un problema de contaminación ambiental y de salud pública, sin embargo estas

pueden transformarse en un valioso recurso económico mediante su uso en actividades agropecuarias.

Con mucha frecuencia, los proyectos de tratamiento y uso de aguas residuales originan conflictos en la población. La mayoría de poblaciones aprueban la necesidad de tratar las aguas residuales, pero no desean que este proceso se realice en zonas cercanas a su comunidad. Esta situación ha ocasionado la postergación o paralización de los proyectos. La oposición de los vecinos se define en una presión política sobre las autoridades, determinando que estas últimas adopten una posición populista y finalmente tomen la decisión de revocar la autorización para la ejecución de las obras o la operación del sistema.

Frente al uso indiscriminado de las aguas residuales en agricultura, las Autoridades gubernamentales han adoptado medidas fáciles como su prohibición en el riego o la restricción de ciertos cultivos. Una estrategia más real es establecer un programa de control y vigilancia efectivo sobre los procesos de tratamiento y uso, a fin de garantizar la calidad sanitaria del agua y los productos. Paralelamente se debe definir un marco legal exigente, pero que al mismo tiempo promueva el tratamiento y uso de estas aguas como parte del Plan Nacional de Manejo de los Recursos Hídricos.

Tales objetivos solo pueden alcanzarse mediante un trabajo concertado del sector salud, ambiente, vivienda, agricultura y pesquería. Además, el Estado debe lograr la participación efectiva de las municipalidades, las empresas de agua, los agricultores y la comunidad en general. Es necesario definir las líneas de responsabilidad, los costos que deben asumir los involucrados y el programa de control y vigilancia que se debe implementar. La legislación sobre el tema debe ser promotora, protectora y realista.

### **Importancia**

La importancia de esta investigación en su aspecto general, se halla dentro de la Contaminación Ambiental, (CA), originada por el ser humano.

La acción del hombre sobre la naturaleza con el afán de satisfacer sus necesidades es decir buscar su bien - estar, ha logrado Impactar al Medio Ambiente es decir generar CA, la misma que se ha venido incrementado con una mayor dinámica a partir de la mitad del siglo pasado, esta dinámica de interacción de la naturaleza con la esfera económica y cultural de nuestra sociedad, es un proceso dinámico que cuenta con muchas variables que lamentablemente no han logrado su control, a pesar de que la Organización de las Naciones Unidas (ONU), busca lograr el "**desarrollo sostenible**". Este concepto quiere decir el hecho de lograr el mayor desarrollo de los pueblos sin poner en peligro el medio ambiente.

En el 1972, el Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio ambiente, (PNUMA), que se encarga de promover actividades medio ambientales y crear conciencia entre la población sobre la importancia de cuidar el medio ambiente.

Es importante Determinar la caracterización de los efluentes de la laguna de oxidación del Distrito de salas Guadalupe, para poder definir el método de tratamiento de los efluentes y reutilización de estas aguas tratadas.

### **1.3.2. Objetivo Principal y específicos**

#### **Objetivos Generales**

Determinar el diagnóstico de las aguas residuales de la laguna de oxidación para la propuesta de solución del distrito de Salas Guadalupe – Ica, 2019.

#### **Objetivos Específicos**

1. Caracterizar las aguas residuales de la laguna de oxidación actual del distrito de Salas Guadalupe – Ica 2019.

2. Determinar el estado actual de las aguas residuales de acuerdo al marco legal vigente.

#### **1.4. Hipótesis y variables**

##### **1.4.1. Hipótesis principal y específicos**

###### **Hipótesis Principal**

La acción de medir un fenómeno para describirlo no requiere de hipótesis, por lo tanto, los estudios descriptivos carecen de la misma.

##### **1.4.2. Variables e indicadores**

###### **Variable de Investigación**

Caracterización AR de la laguna de oxidación

###### **Indicadores**

- pH
- Temperatura
- DBO<sub>5</sub>
- DQO
- Sólidos totales

## **CAPITULO II**

### **MATERIALES Y METODOS**

#### **2.1. Metodología**

**Tipo de investigación:** de enfoque cuantitativo y de tipo no experimental, de acuerdo a Berlingar (1979, p. 116). “La investigación no experimental o ex-post-facto es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular variables o asignar aleatoriamente a los sujetos o a las condiciones”

**Nivel de la investigación;** descriptivo y por el número de veces que recolectan datos será transversal. (Hernández, 2015)

##### **2.1.1. Población y Muestra**

La Población o Universo (N) del presente trabajo Tesis, son los

efluentes domésticos generados en el distrito de Salas Guadalupe, los mismos cuya disposición final son los causantes de la Contaminación Ambiental.

### **2.1.2. Diseño a utilizar en el estudio**

Las etapas del desarrollo de la investigación se divide en **2** etapas que son:

- 1. Etapa de caracterización de los efluentes generados** en el distrito de Salas Guadalupe para caracterizar los efluentes domésticos generados en la laguna de Oxidación del distrito de Salas Guadalupe, se basó en el Protocolo de Monitoreo de Efluentes Líquidos Emisiones Atmosféricas, aprobado mediante Resolución Ministerial N° 026-2000-ITINCI/DM del 28 de Febrero del 2000.

Para la caracterización del AR se emplean tantos métodos de análisis cuantitativos para la determinación precisa de la composición química del agua, como análisis cualitativos para el conocimiento de las características físicas y Biológicas.

Los parámetros a medir dentro del programa de monitoreo dependerá de los objetivos del Programa de Monitoreo, para lo cual se seleccionaron los indicadores más importantes, como: pH, Cloruros, dureza total, Nitratos Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Coliformes Fecales y coliformes termotolerantes.

- 2. Evaluación de la calidad del agua de los efluentes de la laguna de oxidación**

En esta etapa comprendió la recolección de muestras de los efluentes de la laguna de oxidación del distrito de Salas Guadalupe, con la finalidad de evaluar los parámetros que definieron la calidad del agua. Los parámetros determinados fueron los siguientes: pH, Cloruros, dureza total, Nitratos Demanda

Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Coliformes Fecales y coliformes termotolerantes. Una vez obtenidos los resultados de los análisis de las muestras recolectadas y determinada la calidad del efluente, se procedió a comparar con la normativa vigente etapa referente a la situación actual de los Sistemas

### **2.1.3. Métodos y Técnicas de la Investigación**

Se tomara en cuenta los requerimientos para el uso de la tecnología de una PTAR dependiendo de la calidad del efluente que se requiera alcanzar para ser vertido a un cuerpo natural o reusado sin afectar la salud de las personas y cumplir con la normatividad ambiental vigente, para ello debemos saber su caracterización físico – químico, biológico.

### **2.1.4. Técnicas de recolección de datos**

- 1. Técnicas de recopilación de información.-** Para el desarrollo del presente trabajo se utilizó información muy diversa, tanto de trabajos realizados por entidades privadas como de alguna consultora (para la evaluación de Alternativas los cuales se mencionaran en la parte Bibliografía, siendo este tipo de información de carácter documental.
- 2. Técnicas Estadísticas.-** se aplicó el Protocolo de Monitoreo implementado para determinar la Caracterización de los mismos desde el punto de vista de Cualitativos y Cuantitativos de aquellos indicadores que permitan conocer la constitución de los desagües previos a su disposición final en cada uno de los emisores que utilizan la laguna de oxidación de Salas Guadalupe como punto disposición final y así como el que descarga a la laguna.

Para el procesamiento estadístico se empleó el paquete de programas estadísticos Statgraphics, como herramienta de trabajo se utilizará además el programa Microsoft Excel.

Los datos se presentan en cuadros y gráficos que permiten la exposición clara y didáctica de los resultados de la presente investigación.

### **Técnicas de Laboratorio.**

Se caracterizó las aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Salas Guadalupe - Ica, en los laboratorios de la facultad de ingeniería Química. En el experimento se evaluó si existía un efecto significativo sobre los parámetros fisicoquímicos.

### **Material de Laboratorio**

- Fiolas
- Matraces
- Pipetas
- Probetas
- Embudo
- Vasos de precipitación
- Pinzas
- Papel filtro, etc.

### **Equipos e Instrumentos**

- Termómetro
- Termómetro de bulbo
- Espectrofotómetro
- Balanza
- Estufa
- Horno de 600 °C
- Desecador.

### **Reactivos**

- Kit de insumos para espectrofotometría.
- Colorimétrico.
- Ácido nítrico Q.P.

- Ácido sulfúrico Q.P.
- Ácido Nítrico Q.P.
- Nitrato de plata.
- Hidróxido de sodio.
- Agua destilada.

### **MUESTREO Y ANALISIS**

Las muestras se tomarán a la entrada de la laguna de oxidación.

**Parámetros a medir.-** Los parámetros a medir dentro del programa de monitoreo dependerá de los objetivos del Programa de Monitoreo, para lo cual se seleccionaron los indicadores más importantes, como: PH, Cloruros, Dureza total, Nitratos Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales, Coliformes totales y Coliformes Fecales.

#### **2.2. Tratamiento de datos.**

Para el procesamiento y análisis de datos y resultados se analizaron los datos obtenidos del FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS (ver Anexo I).

Para conocer los valores de los indicadores de la variables se utilizaron los métodos normalizados para análisis de aguas residuales, dados por APHA, AWWA WPCF (Standard Métodos for the Examination of Water and Wastewater 21 edición. 2005).

Durante el muestreo de campo hecho en el Distrito de Salas Guadalupe se realizó el procedimiento de toma de muestra, almacenamiento (dependiendo del parámetro sujeto al análisis), conservación, etiquetado, embalaje y transporte. Para garantizar la representatividad de las muestras se llevaron a cabo además las siguientes sub actividades:

Los datos se presentan en cuadros y gráficos que permiten la exposición clara y didáctica de los resultados de la presente investigación.

### CAPITULO III

#### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 3.1. Análisis de Resultados

En este capítulo se presentan los resultados, de la investigación, la información se ordenó según los objetivos planteados. Análisis de Resultados

**Tabla 24**  
**“Criterios para Recolección, Preservación y Almacenamiento”**

Parámetros	Standar Methods APHA	Métodos	Equipos	Unidades
Temperatura	2550-B	Termométrico	Termómetro	°C
DBO <sub>5</sub>	5210-B	DBO <sub>5</sub> (5 días, 20°C)	Incubadora	mg DBO <sub>5</sub> /L
Sólidos Suspendidos Totales	2540-D	Gravimétrico	Balanza analítica, capsulas y mufla	mg/L
Nitratos	4500- NO <sub>3</sub>	Absorción UV	Espectrofotómetro	mg/L
Fosfatos	4500-P	Colorimétrico	Espectrofotómetro	mg/L
Coliformes Fecales	9221-E	Tubos múltiples	Laboratorio	NMP/100ml

**Fuente:** Protocolo de Monitoreo de Efluentes Líquidos – MITINCI

Para el transporte de los envases se utilizaron cajas térmicas aislantes (Cooler), que ayudaron a la preservación de las muestras hasta llegar al laboratorio.

**Parámetros a medir.-** Los parámetros a medir dentro del programa de monitoreo dependerá de los objetivos del Programa de Monitoreo, para lo cual se seleccionaron los indicadores más importantes, como: Caudal,

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitratos (NO<sub>3</sub>-), Fosfatos ( PO<sub>4</sub>), Fierro (Fe), Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Coliformes totales y Coliformes Fecales.

### 3.2. Resultados Finales

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES (LMP)	ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA (ECA)
		Muestra del afluente	D.S N° 003 - 2010 MINAM	D.S N° 015 - 2015 MINAM
pH	Und. pH	8.04	6.5 - 8.5	6.5 - 9.0
Cloruros	mg/L	224.87	250	250
Dureza total	mg/L	220.65	150	≤ 25
Nitratos	mg/L	35.78	-	≥ 5
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	120.2	100	< 5
Demanda química de oxígeno	mg/L	356	200	200
Numero de coliformes Totales	NMP/100m L	5.00E+6		
Numero de coliformes termotolerantes	NMP/100m L	5.00E+6	10,000	1000

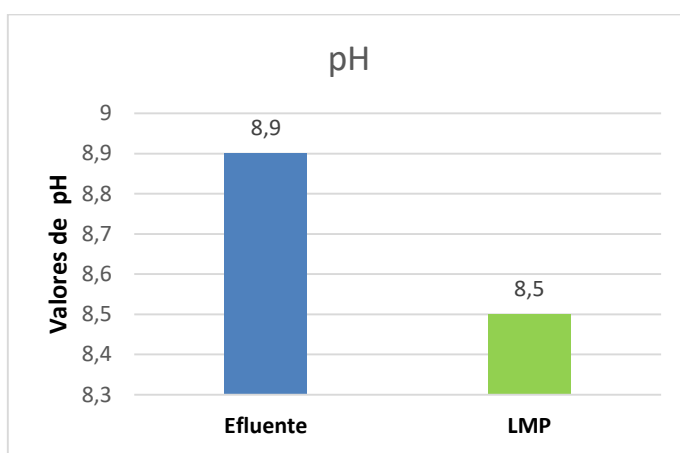
### 3.3. CONCENTRACION DE LOS PARAMETROS FISICO QUIMICO COMPARADOS CON LOS LMP DS N° 003 – 2010 – MINAM

- a) **pH.-** El pH es un parámetro que mide la concentración de iones hidronio presentes en el agua. En las lecturas de pH, ha registrado valores de 8.04 lo que indica que el pH está fuera de los Límites Máximos Permisibles según **DS N° 003 – 2010 – MINAM** lo que se aprecia en el siguiente gráfico.

**Tabla N° 28:** Resultados de análisis de pH de afluente en la zona de estudio de la laguna de oxidación.

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES (LMP)
		Afluente	D.S N° 003 - 2010 MINAM
pH	pH	8.04	6.5 - 8.5

FUENTE: Elaboración Propia – 2019



**GRAFICO N° 11:** Comparación de pH y los Límites Máximos Permisibles DS N° 003 – 2010 – MINAM.

**b) DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO):**

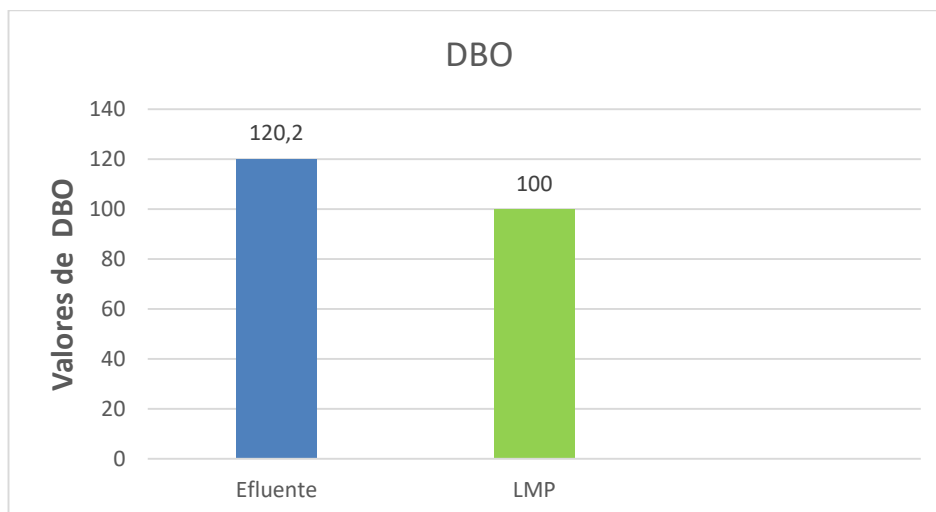
Se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica biodegradable presente en la muestra de agua y como resultado de la acción oxidación bioquímica aerobia

**Tabla N° 29:** Resultados de análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno en la zona de estudio de la laguna de oxidación.

PARAMETRO	RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES (LMP)
	Afluente	D.S N° 003 - 2010 MINAM
Demanda Bioquímica de Oxígeno	120.2mg/L	100

FUENTE: Elaboración Propia – 2019.

En las lecturas de Demanda Bioquímica de Oxígeno, se han registrado valores 120.2 mg/L, lo que indica que la Demanda Bioquímica de Oxígeno esta fuera de los Límites Máximos Permisibles según **DS N° 003 – 2010 – MINAM**, lo que se aprecia en el siguiente gráfico.



**GRAFICO N° 12:** Comparación de Demanda Bioquímica de Oxígeno con los Límites Máximos Permisibles **DS N° 003 – 2010 – MINAM**.

**c) DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO):**

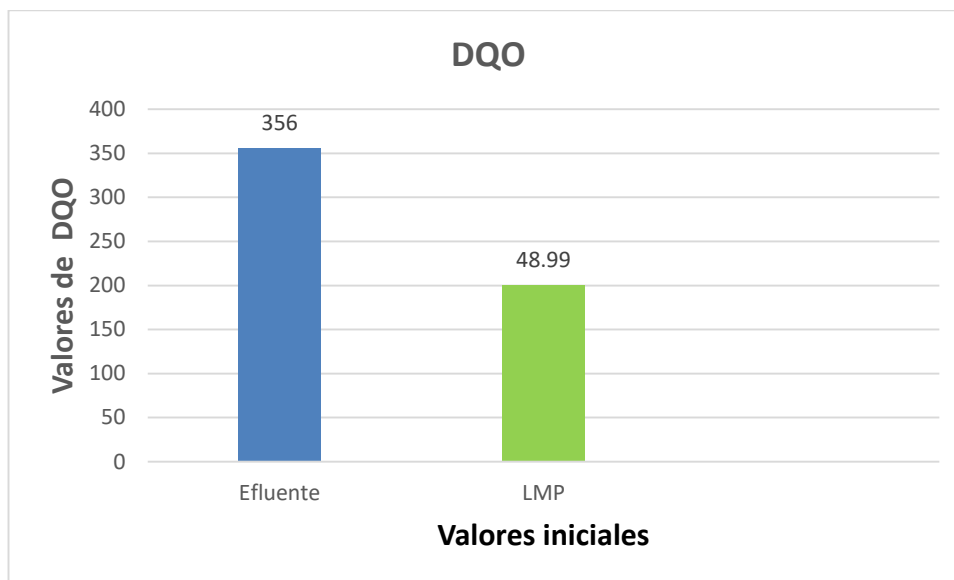
**Tabla N° 30:** Resultados de análisis de Demanda Química de Oxígeno en la zona de estudio.

PARAMETRO	RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES (LMP)
	Afluente	D.S N° 003 - 2010 MINAM
Demanda Química de Oxígeno	356. mg/L	200 mg/L

**FUENTE:** Elaboración Propia – 2019

Corresponde al volumen de oxígeno requerido para oxidar la fracción orgánica de una muestra susceptible de oxidación al Dicromato o permanganato en medio ácido.

En las lecturas de Demanda Química de Oxígeno, se han registrado valores de 161.90 mg/L, lo que indica que la Demanda Química de Oxígeno están fuera de los Límites Máximos Permisibles, según **DS N° 003 – 2010 – MINAM**, lo que se aprecia en el siguiente gráfico.



**GRAFICO N° 13:** Comparación de Demanda Química de Oxígeno con los Límites Máximos Permisibles **DS N° 003 – 2010 – MINAM**.

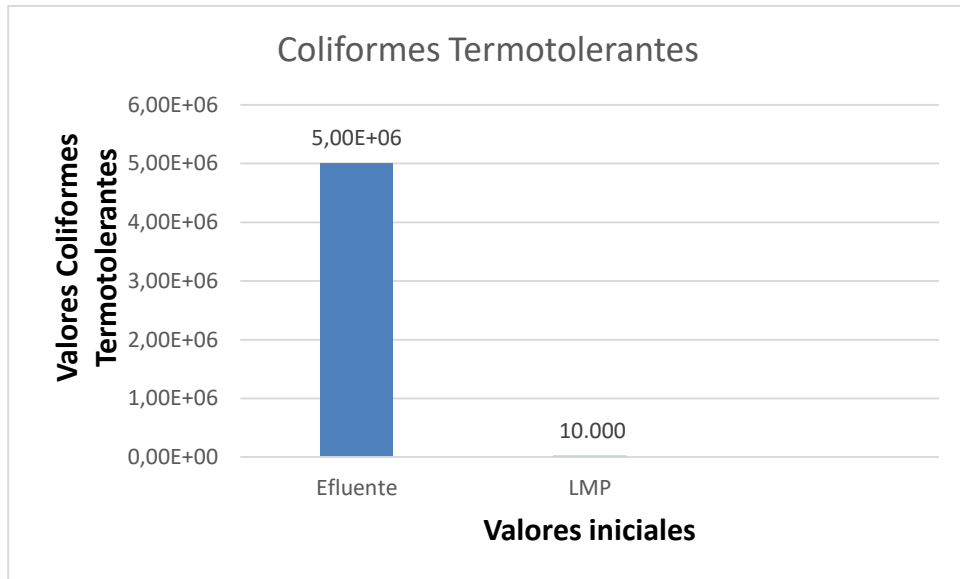
**d) NUMERO DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES:**

**Tabla N°31:** Resultados del análisis de Número de Coliformes Termotolerantes en la zona de estudio.

PARAMETRO	RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES (LMP)
	Afluente	D.S N° 003 - 2010 MINAM
Numero de Coliformes termotolerantes	5000000/100mL	10,000 NMP/100 mL

**FUENTE:** Elaboración Propia – 2019

En las lecturas de numero de Coliformes Termotolerantes, se han registrado valores de 5000000/100 ml, lo que indica que el número de Coliformes Termotolerantes están fuera de los Límites Máximos Permisibles, según **DS N° 003 – 2010 – MINAM**, lo que se aprecia en el siguiente gráfico.



**GRAFICO N° 14:** Comparación de Numero de Coliformes Termotolerantes con los Límites Máximos Permisibles **DS N° 003 –2010 – MINAM.**

## **CONCLUSIONES**

1. La laguna de oxidación no cuenta con la tecnología adecuada para descontaminar el afluente, evacuan el efluente, con pH 8.04, DQO de 356mg/L y de Coliformes Termotolerantes de  $5.00+06$ mg/L, que incumplen los LMP de DBO de 120 mg/L y de Coliformes totales de  $5.00+06$  mg/L, Dureza total 220.65 mg/L, Cloruros 224.87 mg/L, además el efluente mencionado es evacuado por un canal abierto, hacia las zonas agrícolas contaminando las zonas aledañas.
2. De acuerdo a los resultados obtenidos y análisis realizado se propone, que las aguas residuales descargadas por la Población de Salas Guadalupe a la laguna de oxidación cuenten con una planta de tratamiento logrando mejoras en la calidad de vida de las personas, animales, de todo ser vivo que habita a sus alrededores, adecuando el medio ambiente que permitan mitigar la contaminación por olores desagradables y moscas o plagas.

## **RECOMENDACIONES**

- La municipalidad distrital de salas Guadalupe, deberá implementar programas de educación ambiental, con el fin de crear conciencia ambiental y no emanar restos industriales a la laguna de oxidación.
- Se recomienda implementar una planta de tratamiento AR para su remoción de los contaminantes físico – químico y microbiológico y así cumplir con los Límites Máximos Permisibles estipulados en el D.S N° 003 – 2010 – MINAM referido a Efluentes de PTAR.

## **BIBLIOGRAFIA.**

### **Bibliografía Básica.**

1. [CAB 09] CABALLERO ROMERO, Alejandro Guías Metodologías para planes de Tesis de Maestría y Doctorado. Editorial Instituto de Metodología Halen Caro, Enero 2009
2. [MON 93] MONZÓN GARCÍA, Samuel Alfredo. "Introducción al Proceso de Investigación, Editorial TUCUR, 1993.
3. [ACH 98] ACHAERANDIO, L. "Iniciación a la Práctica de la Investigación, Guatemala Publicaciones, 1998.
4. [SAL 98] SALKID, N, "Métodos de Investigación", (3ª. Edición) Editorial Prentice Hall, 1998.

### **Bibliografía Especializada:**

1. [GUI 95] Guillermo León Suematsu. "Tratamiento de aguas residuales; objetivos y selección de tecnologías en función al tipo de reuso" CEPIS/OPS (1995).
2. [GUI 95] Guillermo León Suematsu. "Protección sanitaria en el uso de aguas residuales y lodos de plantas de tratamiento"
3. [APH 05] APHA, AWWA and WEF (2005). Standard methods for the examination of waters and wastewaters. 21th ed. Estados Unidos.
4. Decreto Supremo 003-2010-MINAM
5. [HER 95] HERNANDEZ MUÑOZ, HERNANDEZ LEHMANN, Manual de Depuración Uralita, Madrid: Ed. Paraninfo S.A, Primera edición, 1995.
6. [WAT 89] WATSON, J. T., S. C. REED, R. H. KADLEC, R. L. KNIGHT, AND A.E. WHITEHOUSE, Performance Expectations and Loading Rates for Constructed Wetlands, in D.A., USA, ed. Hammer, Constructed Wetlands for Wastewater Treatment, pp. 319-351, Lewis Publishers, Chelsea, MI 1989.
7. [BRI 93] BRIX, H. "Wasterwater Treatment in Constructed Wetlands: System Design, Removal Processes, and Treatment Perfomance, in G.A. Moshiri, (ed.) Constructed Weatlands for Water Quality Improvement", Lewis Publishers. Boca Raton, pág. 9 – 22, 1993.

8. [WAT 89] WATSON, J. T., S. C. REED, R. H. KADLEC, R. L. KNIGHT, AND A.E. WHITEHOUSE, Performance Expectations and Loading Rates for Constructed Wetlands, in D.A., USA, ed. Hammer, Constructed Wetlands for Wastewater treatment, pp. 319-351, Lewis Publishers, Chelsea, MI 1989.
9. [REE 99] REED S.C, CRITES R.W, MIDDLEBROOKS, E.J, Natural systems for waste management and treatment, USA: 2ª Ed, McGraw-Hill, 1995. Kiely, G. (1999). Ingeniería ambiental: fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. McGraw-Hill/ Interamericana de España, vols. I, II y III. 1331 p.
10. [HAM 92] HAMMER, D.A. Creating Freshwater Wetlands, Boca Raton, FL. Lewis Publishers, 1992.
11. [BRI 93] BRIX, H. "Wasterwater Treatment in Constructed Wetlands: System Design, Removal Processes, and Treatment Perfomance, in G.A. Moshiri, (ed.) Constructed Weatlands for Water Quality Improvement", Lewis Publishers. Boca Raton, pág. 9 – 22, 1993.
12. [MET 85] METCALF AND EDDY, Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización, 3ª Ed, Mc Graw-Hill, 1995.
13. [REE 95] REED S.C, CRITES R.W, MIDDLEBROOKS, E.J, Natural systems for waste management and treatment, USA: 2ª Ed, McGraw-Hill, 1995.
14. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Lineamientos de Política para el manejo integral del agua, Acuerdo del Consejo Nacional Ambiental, Bogotá, 1996.
15. [OMS 89] Organización Mundial de la Salud. 1989. Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. (Serie de informes técnicos 778).
16. [SAE 87] Sáenz Forero, R. 1987. Predicción de la calidad del efluente de lagunas de estabilización. Lima: CEPIS. (Hojas de divulgación técnica 38).
17. [SAE 94] Sáenz Forero, R. 1994. Riego y salud; modernización y avances en el uso de aguas negras para la irrigación, intercambio de aguas, uso urbano y riego. Washington, DC: OPS.
18. [MOS 92] Moscoso, J.; León Suemastu, G. 1992. Reuso en acuicultura de las aguas residuales tratadas en las lagunas de estabilización de San

- Juan. Sección II: Tratamiento de aguas residuales y aspectos sanitarios. Lima: CEPIS.
19. [MOR 03] Moreno, J. y Ospina, G. (2003). Normatividad y caracterización de lodos y biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales: caso planta de tratamiento de aguas residuales Cañaveralejo. Tesis de grado Ingeniero Sanitario y Ambiental. Universidad del Valle. Cali.
  20. [LAZ 81] Lazcano C., C. 1981. Riego con desagües tratados; manual de metodologías para análisis biológico de aguas residuales y suelos. Tacna, Perú.
  21. [YAN 86]Yáñez, F. 1986. Reducción de organismos patógenos y diseño de lagunas de estabilización en países en desarrollo. Trabajo presentado en el Seminario Regional de Investigación sobre Lagunas de Estabilización desarrollado en CEPIS/OPS en 1986. Lima: CEPIS.
  22. Perú, Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. 1993. Complejo biotecnológico de San Juan de Miraflores. Lima: Dirección General de Medio Ambiente.
  23. Bartolo, Lima; informe parcial. Lima: Programa de Protección Ambiental y Ecología Urbana; Programa Nacional de Drenaje y Recuperación de Tierras; y Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima.
  24. [MOS 93] Moscoso, J. 1993. Módulo piloto de tratamiento y reuso de aguas residuales en agricultura, acuicultura y forestales en Las Viñas de La Molina; perfil de proyecto. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
  25. [MOS 93] Moscoso, J. 1993. Estudio de caso del reuso de aguas residuales en el Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Taller Regional para las Américas sobre Aspectos de Salud, Agricultura y Ambiente vinculados al Uso de las Aguas Residuales. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos, México. Noviembre, 1993.
  26. [HEA 92] Hernández, A. Depuración de las aguas residuales – 1992 2da. Ed. España: Colegio de Ingenieros de Caminos y Puertos.
  27. [RAM 03] RAMOS, R., SEPÚLVEDA, R., & VILLALOBOS, F. El agua en el medio ambiente: Muestreo y análisis. España: Playa y Valdés. (2003).

28. [MAR 03] Marín, R. (2003). Físicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas. España: Díaz de Santos
29. [CRI 00] CRITES, R., & TCHOBANOGLOUS, G. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Colombia: McGraw-Hill. (2000).
30. [MET 95] METCALF, & EDDY Ingeniería de las aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización. 3ra. Ed. España: McGraw-Hill. . (1995).
31. [CAR 05] CÁRDENAS, C., JAEGER, C., VILLASMIL, H., PERRUELO, T., YABROUDI, S., LÓPEZ, F., HERRERA, L. & CASTEJÓN, O. Evaluación de las unidades que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales Maracaibo Sur. Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia, 28, (2), 97-109, (2005).
32. [AZZA 93] Azzariti, M. (Dirección General para la cooperación al desarrollo - Italia), Depuración de las aguas servidas disposición y eliminación de excretas en zonas rurales y urbano marginales”, Perú, 1993.
33. Legislación Sanitaria sobre aspectos de Salud Ambiental "Reglamento de Normas Sanitarias para el diseño de tanques sépticos, campos de percolación y pozos de absorción" Dirección Técnica de Salud Ambiental, Ministerio de Salud, Lima Perú 1990.
34. [CEN] Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente-Organización Panamericana de la Salud-Agencia Española de Cooperación Internacional.
35. [KUN] Kunitoshi, Sakurai. “Disposición final”. Lima, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
36. [CAN 92] Cánepa de Vargas, L.; “Programa Regional Hpe/Ops/Cepis De Mejoramiento De La Calidad Del Agua Para Consumo Humano”, Tratamiento - Filtración Lenta, Manual: I, II, III; CEPIS; Lima; 1992
37. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES NORMA OS. 090, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales,
38. MENDOZA, S.R., (2000), Sistema de Lagunas de Estabilización, Santa Fe de Bogotá, Colombia, Editorial Mc Graw Hill.

39. SUNASS, (2016), Diagnostico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el Ámbito de Operación de las entidades prestadoras de Servicios de Saneamiento, Lima, Perú.
40. Metcalf & Eddy (1995), Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización, Volumen I-II, 3ra. Edición en español, Mac Graw-Hill. Madrid, España.
41. Romero, J.A., Tratamiento de Aguas Residuales, Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000

## ANEXO 1

### Criterios para Recolección, Preservación y Almacenamiento

Parámetros	Volumen mínimo	Recipiente	Preservación con Refrigeración	Tiempo de Almacenamiento
Temperatura	100 ml	Polietileno o Vidrio	-	Inmediato
DBO <sub>5</sub>	1000 ml	Polietileno o Vidrio	a 4°C	Inmediato
DQO	100 ml	Frasco de vidrio boca ancha	a 4°C, a pH<2, con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	48 horas
Sólidos Suspendidos Totales	100 ml	Polietileno o Vidrio	a 4°C	24 horas
Cloruros	250 ml	Vidrio	a 4°C	mg/L
Coliformes Totales	500 ml	Frasco de vidrio boca ancha	a 4°C	24 horas
Coliformes Fecales	500 ml	Frasco de vidrio boca ancha	a 4°C	24 horas
Fósforo	500 ml	Polietileno o Vidrio	a 4°C, a pH<2, con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	24 horas
Nitratos	500 ml	Vidrio		24 horas
Hierro	200 ml	Polietileno o Vidrio	a 4°C, a pH<2, con HNO <sub>3</sub>	24 horas

Fuente: Protocolo de Monitoreo de Efluentes Líquidos – MITINCI

## ANEXO 2

### Ubicación de la laguna de oxidación



Fuente: Google Map.

## ANEXO 3 Propuesta de solución

### Registro de evaluación para el diseño de la PTAR, dado por la SUNASS

El determinante importante es la selección del sistema de tratamiento: Constituyen la naturaleza del agua residual cruda y Los requerimientos de uso o disposición del efluente.

Aspectos a evaluar sobre el diseño y construcción de la PTAR en operación por las EPS:

- Disposición final
- Influye en el requerimiento de calidad del efluente. Se trata también la situación legal de las PTAR.
- Tecnologías aplicadas.
- Se describen las tecnologías aplicadas.
- Infraestructura de las PTAR.
- Incluye información sobre el acceso a la energía eléctrica, infraestructura de operación y laboratorios en las PTAR.
- Manejo de residuos sólidos.

#### **Consideraciones para el diseño:**

#### **NORMA OS.090: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

- Estudio del cuerpo receptor, considerando condiciones más desfavorables.
- Definir grado de tratamiento según disposición final de los efluentes de la PTAR.
- Caracterización de aguas residuales domésticas y no domésticas.
- Caudales actuales y futuros.
- Aportes per cápita actual y futura.
- Horizonte de diseño
- Requerimiento de tratamiento de lodos.
- Disponibilidad de terreno para construcción de PTAR.

## Proyecto “Diseño del Sistema de Tratamiento” esquema basado – SUNASS



Fuente: SUNASS

### **Infraestructura Actual**

La laguna de oxidación sin tecnología, evidenciando la falta de tratamiento preliminar, y desarenadores, falta de medidores de caudal del afluente y efluente por falta de capacidad financiera de la EPS para cubrir los elevados costos de operación y mantenimiento en una PTAR con tecnologías avanzadas. Falta del Saneamiento legal y Seguridad publica la laguna de oxidación.

### **Situación Actual Marco legal**

La laguna de oxidación, no cumple con un adecuado funcionamiento, operación y mantenimiento, se propone una PTAR como exigencias del marco legal para la calidad requerida de los efluentes, especialmente de los ECA-Agua.

No cumple con la Ley de Residuos Sólidos por falta de lugares autorizados para la disposición final de los lodos y residuos sólidos de las PTAR, es por eso la gran contaminación ambiental.

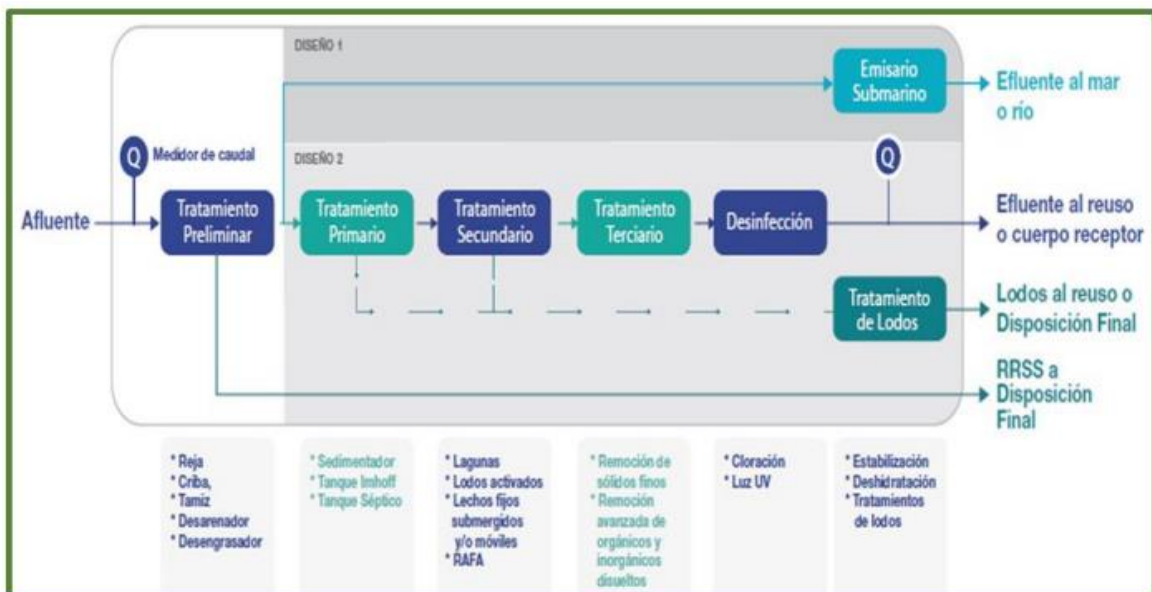
## Descripción del Sistema de Planta de aguas residuales proyectado:

La PTAR escogida el Sistema de Tratamiento de aguas residuales del distrito Salas Guadalupe consiste en una planta típica de lodos activados, incluyendo el pretratamiento, el tratamiento primario y el tratamiento de lodos.

Las unidades de tratamiento, consideradas en la PTAR son las siguientes:

1. Unidades de pre tratamiento.
  - 1.1. Cámara de rejas.
  - 1.2. Desarenador.
2. Reactor biológico aerobio.
3. Sedimentador secundario.
4. Unidad de desinfección
5. Unidades de Tratamiento de lodos
  - 5.1. Espesado de lodos.
6. Digestor Anaerobio de lodos.

### Esquema “Sistema de Planta de Tratamiento de aguas residuales” dado por SUNASS



Fuente: SUNASS

Esquema del Sistema de Tratamiento de Aguas residuales adoptado para nuestro proyecto

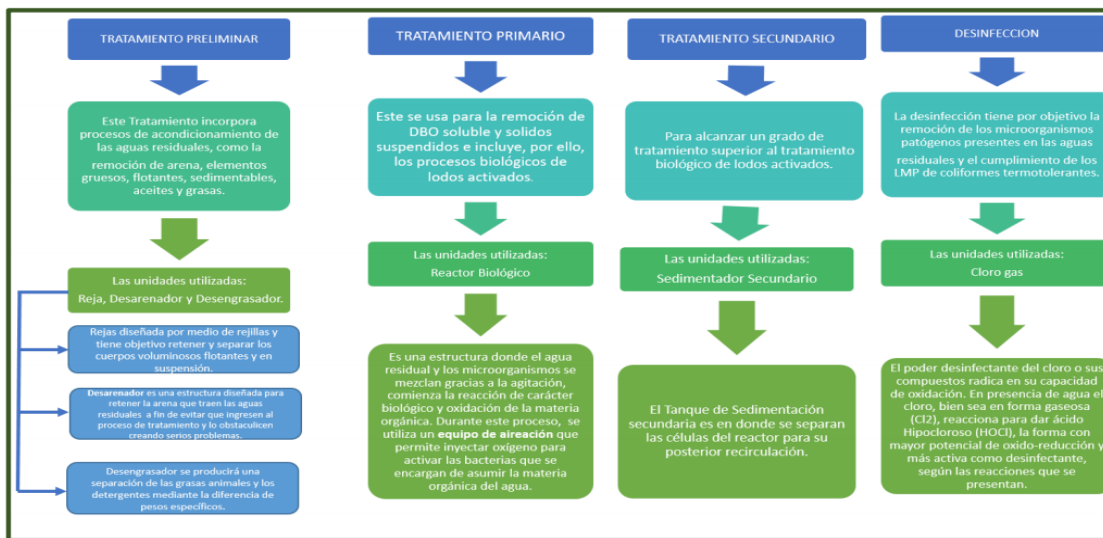


Fuente: SUNASS

**Diseño de la Planta de Tratamiento**

Para empezar con nuestro diseño tomamos información del último censo de INEI, para proyectar la población en base a una TC, tomada a nuestro criterio.

Esquema de los Procesos en el Diseño de la Planta con Lodos Activados



Fuente: SUNASS

El diseño propuesto es el Sistema de Lodos Activados, tiene como unidades un pretratamiento, tratamiento primario y el proceso de desinfección, los Sistemas mecanizados como estos, son de costos de operación y mantenimiento altos, pero es la mejor alternativa para el distrito. Estas unidades de tratamiento serán diseñadas en función a la población, para un periodo de 20 años

La PTAR propuesta consta de los siguientes componentes: Tratamiento Preliminar: Cámara de Rejas, Desarenador y Desengrasado. Tratamiento Primario: Reactor Biológico Tratamiento Secundario: Sedimentador Secundario Desinfección.