



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**PROPUESTA DE MANEJO DE LOS LODOS
RESIDUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES Y SU REUSO EN LA
AGRICULTURA EN LA CIUDAD DE PISCO, REGION
ICA_ 2016**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
EBERT VALERY, FALCONI GARAY**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

PISCO - PERÚ

2017

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a Dios, a mis padres y hermanos. Con sincero afecto.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis maestros, en especial a mi asesor, por toda la orientación brindada en la realización de esta Tesis.

RESUMEN

La Tesis desarrollada, es un trabajo que lleva como título: "PROPUESTA DE MANEJO DE LOS LODOS RESIDUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y SU REUSO EN LA AGRICULTURA EN LA CIUDAD DE PISCO, REGION ICA_ 2016" y tiene como propósito hacer conocer en qué medida se puede utilizar los lodos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales, que durante los últimos años ha incrementado la preocupación de los profesionales relacionados al sector ambiental, debido a que debe realizarse la disposición final de dichos lodos dándole un uso adecuado y beneficioso para la población, en este caso se ha realizado los análisis respectivos para asegurar un uso seguro y positivo para la fertilización de los cultivos de la región, tomando en cuenta, el contenido de muchos compuestos que nos van a permitir, realizar un uso de los lodos con seguridad, responsabilidad y logrando el equilibrio en la composición del suelo, dándole y recuperando la composición óptima para una mejor producción, dados en nuestro país, requiere de mejores tecnologías y de qué, forma se puede lograr el desarrollo sostenible y poder lograr el equilibrio deseado. Considerando que las instituciones gubernamentales y las no gubernamentales, están encargadas de prevenir y mitigar los embates y deterioro de los componentes del suelo, así como la alteración del medio ambiente, es necesario aunar esfuerzos para lograr una mejor calidad de vida de la población, que nos permitan minimizar los daños producidos por el tratamiento de aguas residuales. Hoy en día la necesidad de minimizar residuos, así como su disposición adecuada y segura, son aspectos de suma importancia mundialmente, lo que ha llevado a la búsqueda de alternativas tecnológicas y cambios en las políticas de manejo que permitan generar residuos no peligrosos y estables para su correcta disposición o reaprovechamiento. En Perú, el manejo de lodos residuales municipales e industriales es un aspecto descuidado y son pocas las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) que cuentan con un sistema de tratamiento de lodos, además, no existen cifras exactas referentes a la cantidad de lodos generados a nivel municipal y mucho menos por giro industrial. El problema no termina aquí, ya que los lodos residuales deben disponerse de forma ambientalmente segura.

El presente artículo da un panorama general de las diferentes líneas en el tratamiento y tendencias existentes en el manejo de lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales.

Palabras clave: agua residual cruda, agua residual diluida, agua residual tratada, aprovechamiento agrícola, nutrientes, riesgo microbiológico

ABSTRACT

The thesis developed, is a work entitled: "PROPOSAL OF MANAGEMENT OF THE RESIDUAL SLUDGE OF THE WASTEWATER TREATMENT PLANT AND ITS REUSE IN AGRICULTURE IN THE CITY PISCO, ICA REGION_ 2016" and aims to make known to what extent Can use the sludge from the wastewater treatment plant, which in recent years has increased the concern of professionals related to the environmental sector, because the final disposal of such sludge must be made and I think the best way is Giving it a suitable and beneficial use for the population, in this case the respective analyzes have been carried out to assure a safe and positive use for the fertilization of the crops of the region, taking into account, the content of many compounds that will allow us , Make a use of the sludge with safety, responsibility and achieving the balance in the composition of the soil, giving and recovering the c Optimal setting for a better production, given in our country, requires better technologies and what, so sustainable development can be achieved and achieve the desired balance. Considering that governmental and non-governmental institutions are responsible for preventing and mitigating the impacts and deterioration of soil components, as well as the alteration of the environment, efforts must be made to achieve a better quality of life for the population, which Allow us to minimize the damages caused by wastewater treatment. Nowadays, the need to minimize waste, as well as its adequate and safe disposal, are aspects of great importance worldwide, which has led to the search for technological alternatives and changes in management policies that allow the generation of non-hazardous and stable waste for Their correct disposal or reuse. In Peru, the management of municipal and industrial waste sludge is a neglected aspect and there are few wastewater treatment plants (WWTPs) that have a sludge treatment system, and there are no exact figures for the amount of sludge Generated at municipal level and much less by industrial turn. The problem does not end here, as waste sludge must be disposed of in an environmentally safe manner. The present article gives an overview of the different treatment lines and trends in the management of sludge from wastewater treatment.

Key words: raw residual water, diluted wastewater, treated wastewater, agricultural use, nutrients, microbiological risk

INTRODUCCION

El manejo de los lodos provenientes de la Planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Pisco, es una parte muy importante dentro de las fases de tratamiento, ya que viene a significar la etapa de disposición final de los lodos obtenidos en dicho tratamiento, en todas las ciudades en las que se cuenta plantas de tratamiento de aguas residuales, la gran preocupación es, como darles, un mejor uso a estos lodos, a la vez que se le da solución a este problema, que es la de, darles uso a estos lodos y mejorar la calidad de vida, a la población de Pisco.

Considerando que una de las prioridades de los profesionales es cuidar el medio ambiente y la salud de la población, esté trabajo permitirá reducir los volúmenes altos de este material.

Hoy en día, la necesidad de minimizar residuos, así como su disposición adecuada y segura, son aspectos de suma importancia mundialmente, lo que ha llevado a la búsqueda de alternativas tecnológicas y cambios en las políticas de manejo que permitan generar residuos no peligrosos y estables para su correcta disposición o reaprovechamiento.

El tratamiento de las aguas residuales, tanto municipales como industriales, tiene como objetivo remover los contaminantes presentes con el fin de hacerlas aptas para otros usos o bien para evitar daños al ambiente . Sin embargo, el tratamiento del agua trae siempre como consecuencia la formación de lodos residuales, subproductos indeseables difíciles de tratar y que implican un costo extra en su manejo y disposición.

Equipo de bombeo

1. Cribado.
2. Tanque de homogenización.
3. Sedimentador primario (floculación-coagulación).
4. Sistema de lodos activados.
5. Sedimentador secundario.
6. Tanque de desinfección.
7. Cárcamo de bombeo de lodos.
8. Sistema de deshidratación.

Los contaminantes contenidos en las aguas residuales pasan a las plantas de tratamiento donde se eliminan en gran medida por la absorción en el lodo producto de un tratamiento fisicoquímico o biológico. El lodo resultante de estos procesos debe someterse a un análisis para determinar sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad y biológico-infecciosas (análisis CRETIB), lo que permitirá precisar si el lodo es considerado como un residuo peligroso o como un residuo no peligroso (NOM052-ECOL-1993) y con base en esto, plantear las alternativas para el manejo y disposición del mismo. La composición de los lodos generados en el tratamiento de aguas residuales domésticas se muestra en la tabla 1, observándose que sus características varían en función del proceso que da origen a los lodos. En muchos casos gran parte de los lodos generados en una PTAR son descargados en sistemas de alcantarillado, en cuerpos de agua o dispuestos en tiraderos a cielo abierto sin ningún tratamiento previo que permita tomar las medidas de protección adecuadas para evitar la contaminación del suelo, agua subterránea o la atracción de vectores (insectos, ratas, carroñeros, etc.), generando problemas de contaminación de los mantos freáticos y de salud pública.

Del mismo modo, la adaptación a nivel nacional, los estudios científicos han propuesto medidas de adaptación a escala nacional, regional y local, y de manera sectorial. Pese a ello, hasta el momento su implementación ha sido escasa y se ha aplicado, sobre todo, en lugares accesibles o priorizados por ciertos criterios políticos. Aún existen poblaciones alejadas que tienen pocos recursos y son dependientes de los elementos climáticos para realizar sus actividades (como la agricultura), lo que las hace más vulnerables al Cambio Climático; y sin embargo, no reciben apoyo para reforzar sus adaptaciones espontáneas o incentivos para mejorar su calidad de vida. Es por ello que el estudio de una población alejada, su percepción, reacción y adaptaciones en la agricultura frente a las variaciones climáticas de nuestro medio ambiente

**“PROPUESTA DE MANEJO DE LOS LODOS RESIDUALES DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y SU REUSO EN LA AGRICULTURA EN
LA CIUDAD PISCO, REGION DE ICA- 2016”**

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	vi
INTRODUCCION	vii
TABLA DE CONTENIDOS	ix
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	1
1.1 Descripción de la Realidad Problemática	1
1.2 Delimitaciones y Definición del Problema	5
1.2.1 Delimitaciones	5
A. Delimitación Espacial.	5
B. Delimitación Temporal.	5
C. Delimitación Social.	5
1.2.2 Definición del Problema	5
1.3 Formulación del Problema.	5
1.3.1 Problema principal.	5
1.4 Objetivo de la Investigación	6
1.5 Hipótesis de la investigación.	7
1.6 Variables e Indicadores	8
1.6.1 Variable Independiente	8
A. Indicadores	8
B. Índices.	8
1.6.2 Variable Dependiente	8
A. Indicadores	8
B. Índices	8
1.7 Viabilidad de la investigación.	8
1.7.1 Viabilidad técnica	8
1.7.2 Viabilidad operativa.	9

1.7.3 Viabilidad económica.	9
1.8 Justificación e Importancia de la Investigación.	9
1.8.1 Justificación	9
1.8.2 Importancia.	13
1.9 Limitaciones de la Investigación	14
1.10 Tipo y Nivel de la Investigación	14
1.10.1 Tipo de investigación.	14
1.10.2 Nivel de investigación.	14
1.11 Método y Diseño de la investigación	14
1.11.1 Método de la investigación.	14
1.11.2 Diseño de la investigación.....	15
1.12 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información	15
1.12.1 Técnicas.	15
1.12.2 Instrumentos.	15
1.13 Cobertura de Estudio	15
1.13.1 Universo.	15
1.13.2 Muestra	15
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	16
2.1 Antecedentes de la Investigación	16
2.2 Marco Histórico.	21
2.3 Marco Conceptual	23
CAPÍTULO III	43
SOLUCIÓN PROPUESTA	43
3.1 Estudio de factibilidad	43
3.1.1 Factibilidad técnica.	43
3.1.2 Factibilidad operativa.	43
3.1.3 Factibilidad económica.	43
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	
RESULTADOS	44
4.1. Análisis de resultados	44
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	61
FUENTES DE INFORMACIÓN	62
ANEXOS	63
GLOSARIO DE TÉRMINOS	66
INDICE DE TABLAS.....	67
INDICE DE FORMATOS	67
INDICE DE CUADROS.....	67
INDICE DE FIGURAS	67

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

Existen diversos organismos de cooperación internacional que han desarrollado y desarrollan investigaciones (propias o financiadas) en América Latina sobre el uso de los lodos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales, sus efectos en la biodiversidad, sus impactos en la economía de los países de América Latina y el Caribe, y en las personas y sus actividades. A su vez, desarrollan programas y proyectos de adaptación y mitigación, entre otros.

La selección de alguno de estos procesos para la estabilización de un lodo en particular depende de varios factores, tales como: la cantidad y calidad de lodos a tratar, las condiciones particulares del sitio y, la situación financiera en cada caso. En muchos países, la utilización del lodo requiere de una infraestructura costosa, pero con fines justificados, ya que soluciona problemas de contaminación e incorpora nutrientes reciclando elementos vitales en los ciclos biológicos naturales; además de convertir un residuo peligroso en un recurso aprovechable y no peligroso. Así, la denominada gestión de excelencia destina cada residuo a su tratamiento: reciclaje, composteo, incineración y vertedero.

La eliminación de agentes patógenos es el principal objetivo del tratamiento de aguas residuales para aprovechamiento. Sin embargo, como se señaló antes, las directrices sobre la calidad de las aguas residuales y las normas para aprovechamiento frecuentemente se expresan según el máximo número permisible de bacterias coliformes fecales. Puesto que no existe duda sobre el origen fecal de las aguas residuales, se supone que estos microorganismos se pueden emplear como indicadores de patogenicidad y que existe por lo menos una relación semicuantitativa entre las concentraciones de microorganismos patógenos y las de indicadores. En la práctica, los coliformes fecales pueden emplearse como indicadores razonablemente fiables de los agentes patógenos bacterianos, ya que por lo general sus características de supervivencia en el medio ambiente y su índice de eliminación instantánea o paulatina en los procesos de tratamiento son

similares. El grupo de coliformes totales es menos fiable como indicador, pues no todos los coliformes son exclusivamente de origen fecal y, a menudo, la proporción de coliformes no fecales es muy elevada en los climas cálidos. Los coliformes fecales son indicadores menos satisfactorios de los virus excretados y tienen uso muy limitado cuando se trata de protozoarios y helmintos, para los cuales no existen indicadores seguros

Por lo general, las normas o directrices sobre la calidad de las aguas residuales que se pretende emplear para riego de cultivos sin restricciones, incluso para cultivos de legumbres y verduras para ensaladas que se consumen crudas, contienen reglas explícitas (i.e., indican el máximo número de coliformes) y requisitos mínimos de tratamiento (primario, secundario o terciario) según la clase de cultivo que se debe regar (si es para consumo o no). Las normas establecidas en los últimos 50 años han sido, en general, muy estrictas, ya que se han basado en una evaluación teórica de los posibles riesgos que para la salud tiene la supervivencia de agentes patógenos en las aguas residuales, el suelo y los cultivos, antes que en pruebas epidemiológicas fehacientes del riesgo real. Hasta cierto punto, esas primeras normas se basaron en un concepto de "riesgo nulo", con el fin de lograr un medio "antiséptico" o carente de agentes patógenos. En esa época, el método preferido para la eliminación de agentes patógenos, a juzgar por el caso de los coliformes, era el tratamiento biológico secundario seguido de cloración cuidadosamente controlada de efluentes. Al menos en teoría, esto permitiría lograr mínimas concentraciones residuales de coliformes. El máximo número permisible de coliformes fue también bajo. Por ejemplo, las normas del Departamento de Salud Pública del Estado de California permiten solo 23 ó 2,2 coliformes por cada 100 ml, según el cultivo regado y el método de riego empleado.

En 1971, el Grupo de Expertos de la OMS en Aprovechamiento de Efluentes reconoció que las normas extremadamente estrictas fijadas en California no encontraban justificación en las pruebas epidemiológicas existentes y recomendó una directriz sobre la calidad microbiológica del agua empleada para riego sin restricciones de verduras que se consumen cocidas, según la cual el número de coliformes totales no puede ser mayor de 100 por cada 100 ml, lo que representó una liberación con relación a la medida anterior. Los asistentes a la reunión opinaron que se necesitaba establecer una base epidemiológica más sólida para las directrices sobre el riego con aguas residuales y recomendó que se investigara plenamente este asunto.

Por lo general, las normas o directrices sobre la calidad de las aguas residuales que se pretende emplear para riego de cultivos sin restricciones, incluso para

cultivos de legumbres y verduras para ensaladas que se consumen crudas, contienen reglas explícitas (i.e., indican el máximo número de coliformes) y requisitos mínimos de tratamiento (primario, secundario o terciario) según la clase de cultivo que se debe regar (si es para consumo o no). Las normas establecidas en los últimos 50 años han sido, en general, muy estrictas, ya que se han basado en una evaluación teórica de los posibles riesgos que para la salud tiene la supervivencia de agentes patógenos en las aguas residuales, el suelo y los cultivos, antes que en pruebas epidemiológicas fehacientes del riesgo real. Hasta cierto punto, esas primeras normas se basaron en un concepto de "riesgo nulo", con el fin de lograr un medio "antiséptico" o carente de agentes patógenos. En esa época, el método preferido para la eliminación de agentes patógenos, a juzgar por el caso de los coliformes, era el tratamiento biológico secundario seguido de cloración cuidadosamente controlada de efluentes. Al menos en teoría, esto permitiría lograr mínimas concentraciones residuales de coliformes. El máximo número permisible de coliformes fue también bajo. Por ejemplo, las normas del Departamento de Salud Pública del Estado de California permiten solo 23 ó 2,2 coliformes por cada 100 ml, según el cultivo regado y el método de riego empleado.

Desde entonces, la OMS, el Banco Mundial, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (Canadá), el Centro Internacional de Referencia sobre Disposición de Desechos (Suiza), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y muchas instituciones académicas han hecho un gran esfuerzo por establecer una base epidemiológica más racional para las directrices sobre el riego con aguas residuales.

Se han acumulado nuevas pruebas epidemiológicas y evaluado estudios e informes de años anteriores. Las comprobaciones de estos estudios fueron analizadas cuidadosamente por destacados expertos en salud pública, epidemiología y medio ambiente en las reuniones de Engelberg y Adalboden en 1985 y 1987, respectivamente, así como en numerosas reuniones y consultas nacionales e internacionales. Los expertos concuerdan en que el riesgo real de las aguas residuales tratadas es mucho menor de lo previsto y que no se justifica que hayan sido tan severas las primeras normas y pautas sobre la calidad microbiológica de los efluentes usados en riego sin restricciones de legumbres y verduras normalmente consumidas crudas, sobre todo en lo que respecta a agentes patógenos bacterianos.

Partiendo de estas nuevas pruebas, en el informe de Engelberg se recomendaron directrices que contienen normas menos estrictas que las establecidas anteriormente para los coliformes fecales. Sin embargo, son más estrictas que las precedentes en lo que se refiere al número de huevos de helmintos que, según se reconoció, constituyen el mayor riesgo real para la salud pública especialmente en las zonas donde las helmintiasis son endémicas. Las recomendaciones de Engelberg se revisaron y confirmaron en la reunión de Adelboden. Después de considerar este trabajo preparatorio y las pruebas epidemiológicas obtenidas, el Grupo Científico recomendó las directrices que aparecen en el cuadro 1. Éstas se basan en el hecho de que en muchos países en desarrollo los principales riesgos reales para la salud, como se indicó antes, guardan relación con las helmintiasis, y por lo tanto, el uso inocuo de aguas residuales en agricultura o acuicultura exigiría la eliminación casi completa de los helmintos. En consecuencia, estas directrices introducen un método más estricto para reducir el número de huevos de helmintos (de las especies *Áscaris* y *Trichuris* y de anquilostomas) en los efluentes a una concentración de uno o menos por litro. Esto significa que se debe eliminar un 99,9% de los huevos de helmintos mediante tratamientos apropiados en las zonas donde las helmintiasis son endémicas y presentan riesgos tangibles para la salud. Los estudios prácticos indican que las concentraciones de helmintos raras veces son superiores a 1.000 por litro, aún en las zonas endémicas. Los estanques de estabilización con un período de retención de 8 a 10 días son particularmente eficaces para lograrlo, pero también hay otras tecnologías. Si bien es imposible referirse en las directrices a todos los helmintos y protozoarios de importancia para la salud pública (por ejemplo, no se mencionan las especies de ameba ni *Giardia*), los nematodos intestinales estudiados deben servir de microorganismos indicadores de todos los agentes patógenos sedimentables de mayor tamaño (incluso quistes amebianos). Al parecer, otros agentes patógenos de interés pierden su viabilidad en estanques de retención prolongada. Por ende, en las directrices se supone que todos los huevos de helmintos y quistes de protozoarios se eliminarán en la misma proporción.

Basándose en las pruebas epidemiológicas existentes, se recomienda una directriz sobre la calidad bacteriológica de una media geométrica de 1.000 coliformes fecales por cada 100 ml para riego sin restricciones de todos los cultivos. Esto se considera tecnológicamente factible. El Grupo llegó a la conclusión de que no se necesita recomendar directrices sobre la calidad bacteriológica cuando los agricultores son el único grupo expuesto, ya que son pocas o nulas las pruebas de que esos trabajadores estén expuestos al riesgo de infección por bacterias. Sin

embargo, conviene reducir hasta cierto punto la concentración bacteriana en las aguas residuales empleadas para cualquier fin.

1.2 Delimitaciones y Definición del Problema

1.2.1 Delimitaciones

- A. Delimitación Espacial.** - Pisco - Región Ica.

- B. Delimitación Temporal.** - Año 2016

- C. Delimitación Social.** – Población de Pisco de la Región de Ica.

1.2.2 Definición del Problema

La población afectada por la inadecuada gestión integral de los efectos dados como consecuencia de la planta de tratamiento de aguas residuales, que se originan debido a la falta de prevención a dichos eventos, propios de la acción a desarrollarse. Debemos precisar que el presente proyecto está circunscrito únicamente sobre la población de Pisco - Región ICA.

Los principales problemas de administración son:

La administración de los recursos humanos y económicos en el sector son inadecuados, los que debían ser destinados a la prevención de los efectos ocasionados por la contaminación ocurrida como consecuencia, de los trabajos realizados, sin embargo no es tomado con suma importancia.

Los principales problemas técnicos son:

Los procesos de tratamiento de aguas residuales y la prevención de los efectos negativos, dados en las diferentes etapas de tratamiento, que debe estar ligada a recuperar de forma casi inmediata los medios naturales afectados por los eventos y realizar la disposición final de los residuos sólidos obtenidos.

1.3 Formulación del Problema

1.3.1 Problema principal

¿En qué medida la propuesta de manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales influye en su reuso en la agricultura en la ciudad Pisco - región de Ica - 2016?

1.3.2 Problemas Secundarios

PS.1. ¿Influye la propuesta del manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales y el reúso en la agricultura de en el aspecto social de la ciudad Pisco - región de Ica - 2016?

PS.2. ¿Influye la propuesta del manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales y el reúso en la agricultura residuales en el rendimiento económico de la ciudad Pisco - región de Ica - 2016?

PS.3. ¿Influye la propuesta del manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales y el reúso en la agricultura en el impacto medio ambiental de la ciudad Pisco - región de Ica – 2016?

1.4 Objetivo de la Investigación

1.4.1. Objetivo general

Conocer en qué medida el manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales influye en su reúso en la agricultura en la ciudad Pisco - región de Ica - 2016

1.4.2. Objetivos específicos

OE.1. Demostrar cómo el manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales influye en el aspecto social en la ciudad Pisco - región de Ica - 2016

OE.2. Demostrar cómo el manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales influye en el rendimiento económico en la ciudad Pisco - región de Ica - 2016

OE.3. Demostrar cómo el manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales influye en el impacto medio ambiental en la ciudad Pisco - región de Ica – 2016

OBJETIVOS ESPECIFICOS DE ACUERDO A SU NATURALEZA

A. En la prevención específica:

Objetivo Específico 1.- Reducir los probables daños que se pudieran ocasionar en las poblaciones ubicadas en el ámbito del escenario sensible de afectación.

Objetivo Específico 2.- Proteger la producción y riesgo social frente al probable impacto del evento.

Objetivo Específico 3.- Evitar la paralización o interrupción de los servicios públicos esenciales en las ciudades y pueblos ubicados en el escenario de afectación considerado.

B. En la preparación:

Objetivo Específico 1.- Preparar programas de Información y Educación Pública sobre el evento y acciones para minimizar el impacto ambiental producido.

Objetivo Específico 2.- Conformar, capacitar y activar grupos especializados en la administración de desastres para que participen en la atención de las emergencias, saneamiento ambiental y vigilancia.

Objetivo Específico 3.- Fortalecer las organizaciones comunitarias involucrándolas en actividades de planificación, gestión y control de situaciones críticas.

1.5 Hipótesis de la Investigación

De acuerdo con la naturaleza y el objetivo del presente estudio, por ser de investigación, si requiere del planteamiento de hipótesis.

Al respecto, los estudios analíticos por el hecho de que están enfocados en la caracterización y análisis de un hecho, con el fin de establecer su estructura o comportamiento si requieren de hipótesis.

Sin embargo, para tal caso es importante los resultados de los análisis de los laboratorios especializados en dicha labor por su importancia científica ya que sirven como base cognoscitiva para estudios analíticos y experimentales en donde, sí es necesario el planteamiento de hipótesis.

1.5.1. Hipótesis General

La propuesta del manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales y el reúso en la agricultura influye de la ciudad Pisco - región de Ica – 2016.

1.5.2. Hipótesis Secundarias

HS.1. La propuesta del manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales y el reúso en la agricultura influye en el aspecto social de la ciudad Pisco - región de Ica - 2016.

HS.2. La propuesta del manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales y el reúso en la agricultura influye en el rendimiento económico de la ciudad Pisco - región de Ica - 2016

HS.3. La propuesta del manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales y el reúso en la agricultura influye en el impacto medio ambiental de la ciudad Pisco - región de Ica - 2016.

1.6. Variables e Indicadores

1.6.1. Variable Independiente

Cantidad de Lodos residuales en la planta de tratamiento de aguas residuales.

A Indicadores

Cantidad de Lodo acumulados por día

B Índices

Metros cubicos (Mt. ³)

1.6.2. Variable Dependiente

Reutilización en la agricultura

A Indicadores

Calidad de Lodo reutilizado

B Índices

Valores fisicoquimicos, microbiológicos, térmicos de calidad de lodo

1.7 Viabilidad de la Investigación

1.7.1 Viabilidad técnica

El trabajo de investigación es técnicamente viable ya que dispone de los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto, estos son proporcionados por instituciones que buscan prevenir el impacto y

contaminación ocurridos por efecto de tratamiento, en nuestra Región constantemente.

1.7.2 Viabilidad operativa

Se cuenta con los conocimientos necesarios para el manejo de las diversas herramientas de desarrollo del trabajo de investigación.

Se cuenta con el apoyo de las autoridades del sector industrial, así como de la Empresa Municipal de Agua de Pisco EMAPISCO, Autoridad Local del Agua de Pisco ANA, demás se dispone de información valiosa necesarias para llevar cabo el proyecto.

1.7.3 Viabilidad económica

Los costos son cubiertos en gran medida por el investigador, también se reconoce el aporte valioso en apoyo logístico de la Empresa Municipal de Agua de Pisco EMAPISCO.

1.8 Justificación e Importancia de la Investigación

1.8.1 Justificación

La investigación se justifica porque es un tema actual, vigente y de trascendencia para la población pisqueña, afectada por este problema.

Se estima que la producción de lodos en las 140 ciudades del país mayores a 50,000 habitantes sería aproximadamente de 640,000 toneladas en base seca por año (CNA, 2000). Este lodo debe ser forzosamente estabilizado (controlar las características que dañan la salud y al medio ambiente) y no forzosamente digerido (destruir o mineralizar la materia orgánica) para cumplir con la propuesta de norma referente al tratamiento y disposición de lodos (en proceso de aprobación). La estabilización es indispensable si se pretende como destino final de los lodos su aplicación al suelo con fines benéficos, o bien, su empleo como cubierta o base de rellenos sanitarios. Estabilizar los lodos no tiene sentido si su destino final es ser colocados en un relleno sanitario como basura. Dada la situación particular del país en la cual el 63% del territorio (es decir 1.2 millones de km²) tiene suelos con erosión de moderada a severa, se considera que la aplicación de los lodos de origen municipal a terrenos es una opción no únicamente posible sino recomendable. El principal riesgo que se correría por esta práctica en el país proviene del elevado contenido de microorganismos en comparación con el que pudiese causar los metales u otros compuestos en lodos. En efecto, diversos estudios realizados en México tanto en lodos crudos como en

biosólidos, muestran una elevada concentración de bacterias y huevos de helmintos, en comparación con las presentes en Estados Unidos. De hecho, en muchas ocasiones ha sido el elevado contenido microbiológico el factor determinante para clasificar a los lodos provenientes de las plantas de tratamiento de agua residual como residuos peligrosos. Algunos de los microorganismos señalados en la literatura son destruidos o inactivados durante los procesos convencionales de tratamiento como la digestión aerobia y anaerobia, el composteo, y la estabilización con cal. Sin embargo, no siempre lo hacen en los niveles requeridos a menos de que estos procesos se lleven a cabo a temperaturas superiores a 50 °C o que el pH del lodo sea modificado considerablemente. En particular, los huevos de helmintos son microorganismos muy resistentes a los procesos convencionales de estabilización cuando son operados en las condiciones que establece la literatura especializada, ya que ésta ha sido desarrollada para las condiciones de países desarrollados con un elevado nivel de salud en su población.

Particularmente en Perú, el 80% de los huevos encontrados pertenecen al género *ascaris* el cual se encuentra reportado en la literatura como uno de los más resistentes. Adicional a ello, el riesgo de infección por este tipo de patógenos es mucho mayor que el de bacterias (como *salmonella*), debido a que los huevos de helmintos sobreviven en el medio ambiente un largo período (del orden de varios años). Más aún, casi todos los procesos conocidos para el tratamiento de lodos (estabilización y digestión) han sido desarrollados para lodos de países ricos donde el contenido microbiológico no solo es menor, sino que es mucho menos variado en cuanto al tipo de géneros presentes y su virulencia. De hecho, esta es una razón por la cual los límites en los países ricos pueden ser mucho más estrictos que los de los países con problemas de salud, donde los elevados niveles de patógenos en ocasiones no permiten su cumplimiento desde el punto de vista económico. Por ejemplo, el apartado 503 de la EPA para Estados Unidos que regula el contenido de metales y de microorganismos (*coliformes fecales*, *salmonella*, huevos de helmintos y virus) en los biosólidos, restringe el contenido de huevos de helmintos para biosólidos que van a ser aplicados en sitios con contacto público a menos de 0.25 huevos por gramo en base seca y en contraste la propuesta de norma para Perú, NOM-004ECOL-2000 permite para estas mismas condiciones 10 huevos/g. Una de las principales razones para establecer un nivel superior es la ausencia de información de la inactivación o eliminación de huevos de

helmintos en los procesos y que la poca existente confirme la imposibilidad de alcanzar niveles como los de Estados Unidos con costos razonables. La idea es ir controlando el problema de los lodos a la par que tratar el agua negra y aplicar campañas de salud por el gobierno para disminuir así el número de enfermos y poco a poco tener menores concentraciones de patógenos en los lodos. Como caso especial, se ha demostrado que la estabilización con cal es capaz de alcanzar valores muy bajos, incluso por debajo de la norma mexicana a un costo relativamente bajo, con un proceso fácil de operar por lo que se considera un proceso apto para nuestras condiciones. Además, es común en los poblados, por sabiduría popular, aplicar cal a las letrinas por su demostrada eficiencia para el control de patógenos.

Otro problema en la reglamentación de los lodos y los biosólidos es la marcada ausencia de laboratorios para realizar análisis especializados en forma rutinaria para poder demostrar si se cumple con los parámetros de la norma, en particular de los huevos de helmintos. Como dato, el costo de determinar los helmintos para una planta de tratamiento en los lodos es de cerca de 250 USD, y además el análisis requiere de 4 semanas para determinar la viabilidad.

Se ha efectuado un intenso trabajo para llevar a cabo cursos de entrenamiento en este sentido, desafortunadamente, el interés ha sido escaso básicamente por falta de financiamiento en el rubro de la capacitación en diversos organismos operadores. Por tanto, se prevé que la falta de capacitación sea, a largo plazo, un factor crítico para la implantación de la norma. Algunas ciudades en Perú, han iniciado ya con proyectos demostrativos de aplicación de biosólidos a parcelas, y han evaluado el efecto de esta práctica en diversos cultivos. Tal es el caso de Ciudad Lima, Piura y Arequipa.

En la ciudad de Lima existen dos plantas de tratamiento de agua residual con una capacidad conjunta de tratamiento de 3.5 m³/s y que atienden a 1.2 millones de personas. Estas plantas producen entre 50 y 70 toneladas secas de lodos fisicoquímicos por día los cuales son estabilizados mediante tratamiento alcalino (cal). En esta ciudad se han hecho investigaciones que demuestran la mejora de la calidad de suelos salinos sódicos mediante la aplicación de los biosólidos. En el caso de Arequipa, operan 26 plantas de tratamiento que atienden a más de 3 millones de personas. En esta ciudad se han desarrollado varios trabajos para evaluar la aplicación de biosólidos y evaluar en particular la acumulación de metales pesados en diversos tipos

de cultivos. Adicionalmente, Arequipa, cuenta con el primer biosólido registrado en el país. Finalmente, en Piura se han realizado estudios de aplicación de biosólidos generados en dos plantas de tratamiento, en diversos cultivos para evaluar la acumulación de metales en suelos y plantas.

Cuando se determine la existencia de un sitio contaminado derivado de las actividades extractivas, productivas o de servicios, el titular debe presentar el Plan de Descontaminación de Suelos (PDS), el cual es aprobado por la autoridad competente. El PDS determina las acciones de remediación correspondientes, tomando como base los estudios de caracterización de sitios contaminados, en relación a las concentraciones de los parámetros regulados. En caso el nivel de fondo de un sitio excediera el ECA correspondiente para un parámetro determinado, se utilizará dicho nivel como concentración objetivo de remediación. Para sitios afectados mayores a 10000 m², se podrá tomar como base los niveles de remediación que se determinen del estudio de evaluación de riesgos a la salud y al ambiente, a cargo del titular de la actividad. Para el caso de la evaluación de riesgos a la salud humana, la autoridad competente requerirá la opinión técnica favorable de la Autoridad de Salud, previa a la aprobación del PDS. Las entidades de fiscalización ambiental o autoridades competentes podrán identificar sitios contaminados y exigir, a través de estas últimas, la elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos, que deberán ser presentados en un plazo no mayor de doce (12) meses, contados desde la fecha de notificación al titular de la actividad extractiva, productiva o de servicios, responsable de la implementación de las medidas de remediación correspondientes. El plazo para la ejecución del PDS no será mayor a tres (03) años, contados desde la fecha de aprobación del mismo. Solo por excepción y en caso técnicamente justificado, se podrá ampliar este plazo por un (01) año como máximo.

A- Justificación legal

La realización de este trabajo de investigación se sustenta en los siguientes marcos legales:

- ☞ Constitución Política del Perú
- ☞ Ley N° 19338 Ley del Sistema Nacional de Defensa Civil y sus modificatorias aprobadas por, Decretos Legislativos Nos. 442 y 905.
- ☞ Decreto Supremo N° 005-88-SGMD – Reglamento del SINADECI

- ☞ Decreto Supremo N7 059-2001-PCM ; Reglamento de Organización y Funciones del INDECI.
- ☞ Ley N° 27867 Ley Orgánica de Gobiernos Regionales.
- ☞ Ley N° 27972 Ley Orgánica de Gobiernos Locales.

Las medidas legales, en gran medida buscan velar el cumplimiento orden establecido en cuanto procesos del tratamiento uso y rehúso de los lodos municipales vertidos.

Así como disponer de técnico calificado en todos los niveles de la estructura organizativa de las instituciones ligadas al campo

B- Justificación pedagógica

Sabemos que la educación peruana sobre estos aspectos de cuidado y prevención sobre desastres, específicamente sobre lodos contaminantes está muy venida a menos. El poco nivel de desarrollo de la capacidad comprensiva de los alumnos, sigue siendo un problema vital, cuya solución es indispensable, en el momento actual en la que la misma existencia de las instituciones educativas está en relación a la calidad de los servicios que prestan. Valga esta investigación para mitigar el desconocimiento sobre este problema que nos aqueja.

C- Justificación metodológica

La metodología activa, contextualizada al escenario y compatible con los procesos del sostenidos en la tecnología y la ciencia hacen viable y factible la presente investigación ahí se refrenda su accionar descriptivo y analítico. El uso de las estrategias modernas de la investigación esclarecen los efectos que ejerce el tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales y su afectación a la población. De este modo se hace preciso y claro los efectos negativos y los cuidados que debe tener la población para así, poder reducir el impacto ambiental que se produce en esta acción.

1.8.2 Importancia

La investigación es de gran importancia, en que, de su ejecución: trabajo de campo, obtendremos la información pertinente, la cual será adecuadamente procesada, y debidamente registrada en cuadros y gráficas, que nos permitirá arribar a conclusiones y formular recomendaciones, los mismos que pondremos en conocimiento a las autoridades del sector y de la Universidad Alas Peruanas, a fin de lograr

mejorar los programas de prevención y mejoramiento de la calidad de vida de la población afectada por dichos eventos de desarrollo.

Esta investigación, permite la utilización, de una serie de estrategias como las capacitaciones para mejorar los conocimientos de la población y por ende, prevenir los efectos dañinos a la población.

El tratamiento de aguas residuales es una operación clave en la industria de procesos. Ya sea para cumplir con normas ambientales o para evitar impactos negativos en los cuerpos de agua cercanos, es conveniente que todo ingeniero conozca los fundamentos del tratamiento de aguas residuales, y las tecnologías existentes para alcanzar las metas de tratamiento requeridas.

1.9 Limitaciones de la Investigación

Los obstáculos ya sean de carácter teórico, metodológico o prácticos siempre existen en la realización de una investigación

En la presente investigación las limitaciones en su mayoría han sido escasas esto se debe a la abundancia de información bibliográfica existente y al apoyo institucional de EMAPISCO y otras empresas de la localidad.

1.10 Tipo y Nivel de la Investigación

1.10.1 Tipo de investigación

Según el propósito de la investigación es de tipo Aplicada-Etiológica debido a que se utilizan los conocimientos en la práctica para identificar las causas del problema en estudio, para utilizarlas en beneficio de la comunidad.

1.10.2 Nivel de investigación

La presente investigación es de nivel Analítica, dado que no sólo persigue describir o acercarse a un problema, sino que intenta encontrar las causas del mismo.

1.11 Método y Diseño de la Investigación

1.11.1 Método de la investigación

El método que se utilizará será el inductivo ya que nos permitirá obtener conclusiones generales a partir de premisas particulares.

Para realizar la prueba de hipótesis se tendrá en cuenta los resultados según tabulación, con un nivel de confianza de 95% y un margen de error del 5%.

1.11.2 Diseño de la investigación

Teniendo en cuenta el tipo de investigación, el diseño empleado es un diseño descriptivo, evaluativo que se representa de la siguiente manera:

N Ox ----- I

Según este diseño, se someterá a un análisis evaluativo a todas las acciones referidas, ya que la planta de aguas servidas viene funcionando en el ámbito de estudio.

1.12 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

1.12.1 Técnicas

Las principales técnicas que utilizaremos en la investigación son:

- Evaluación y análisis en laboratorios
- Encuestas y entrevistas
- Observación de datos estadísticos.

1.12.2 Instrumentos

- Formatos estructurados para el análisis.
- Laboratorios
- Guías de procedimientos en laboratorio.

1.13 Cobertura de Estudio

1.13.1 Universo.

Cantidad de lodos residuales vertidos como deshecho domiciliario e industrial en la provincia de Pisco.

1.13.2 Muestra

Resultados obtenidos del análisis de lodos residuales tratados por la Planta de aguas residuales de la municipalidad provincial de Pisco.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Actualmente se cuenta con numerosas iniciativas para tratar las alteraciones negativas provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales y como utilizar los lodos en forma de fertilizantes y compuestos de recuperación de suelos, en un país que como el Perú que tiene antecedentes históricos, de ser agroexportador, consideramos que:

- a) La mayor catástrofe de ecosistema marino en nuestro país ocurrió en Pisco en el año 1985, con la mortalidad de las conchas de abanico, como consecuencia de la contaminación de residuos sólidos echados al mar inadecuadamente;
- b) Los mayores impactos sociales en el mundo son las obras referidas al tratamiento y conservación del agua.
- c) La intensa actividad de desarrollo socio económico y el crecimiento poblacional de nuestros pueblos hacen que los riesgos de contaminación sean mayores.

Este trabajo pretende abarcar el conjunto del Sistemas de Prevención y Mitigación de los daños que puedan ocurrir como consecuencia de la actividad de tratamiento de aguas residuales y su reúso hacia la agricultura y a partir de una lectura sintética de las investigaciones realizadas por diversas instituciones y de las experiencias de intervención de las ONGs.

ARGENTINA – En estudio Proyecto de Resolución Ley 20466 – Decreto Reglamentario 4830/73 y Decreto Reglamentario 1585/66 (SENASA). Esta Resolución, que se encuentra actualmente en estudio, recomienda el compostaje como tecnología de tratamiento de los biosólidos, restringe a la utilización de lodos cloacales y residuos sólidos urbanos para la agricultura y

establece un cronograma de monitoreo y control de una serie de parámetros, a fin de acotar la aplicación de metales pesados en suelo. Otras características de la norma pueden consultarse en la referencia 2. Actualmente, este Proyecto de Resolución se encuentra trabado por discrepancias entre el SENASA y la Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental de la Nación.

BRASIL – En uso Norma P 4230 – CETESB (1999) - Aplicado de lodos de sistemas de tratamiento biológico en áreas agrícolas, esta norma se aplica en el estado de São Paulo y excluye a los lodos generados en tanques sépticos, residuos recogidos en rejillas y en desarenadores y aquellos lodos que contienen PCBs, dioxinas y furanos. Recomienda para la aplicación en áreas agrícolas de los lodos una serie de procesos de reducción de patógenos y de atracción de vectores, entre los que se puede hacer referencia a: digestión aerobia y anaerobia, secado, compostaje, estabilización química y metodologías específicas de aplicación subsuperficial e incorporación en el suelo, cuyas condiciones pueden consultarse en la referencia (Matthews, Peter and Lindner, 1996).

CHILE – En estudio Anteproyecto de Reglamento - Manejo de lodos no peligrosos generados en plantas de tratamiento de aguas. Este reglamento se encuentra en estudio y se refiere a los lodos no peligrosos generados por plantas de tratamiento de agua potable, de aguas servidas, incluyendo fosas sépticas, así como por plantas de tratamiento de residuos industriales líquidos. La norma distingue entre lodos Clase A que son aptos para uso agrícola sin restricciones por razones sanitarias y Clase B que son aquellos aptos para uso agrícola, con restricciones de aplicación según tipo y localización de los suelos o cultivos. También recomienda una serie de procesos de reducción de patógenos y de atracción de vectores, variando el tipo de tratamiento a aplicar en función del tipo de lodo del cual se trate. Dichas condiciones de tratamiento pueden consultarse en la referencia (Gervin, S, 2005).

COMUNIDAD ECONÓMICA EUROPEA – En uso Directiva 86/278/CEE/86 - Protección del medio ambiente y, en particular, de los suelos en la utilización de los lodos de depuradora en agricultura. La Directiva del Consejo 86/278/CEE, relativa a la protección del medio ambiente y, en particular, de los suelos, en la utilización de lodos de depuradora en agricultura, estableció

los principios de lodos en la agricultura buscando un equilibrio entre el interés agrario y el ambiental. Establece que los Estados Miembros prohibirán la utilización de lodos o la entrega de lodos a los fines de su utilización en pastos o en cultivos para pienso, en esas tierras antes de la expiración de un determinado plazo; en cultivos hortícolas y frutícolas durante el período de vegetación, con la excepción de los cultivos frutales; o en suelos destinados a cultivos hortícolas o frutícolas que estén normalmente en contacto directo con el suelo y que se consuman normalmente en estado crudo, durante un período de diez meses antes de la cosecha y durante la cosecha misma. La norma también establece un cronograma de monitoreo y control de una serie de parámetros de los lodos y en el suelo, a fin de evaluar la calidad de los mismos (ALLIENDE, E, 2006).

Si bien ambos objetivos no son necesariamente excluyentes, e incluso puede ser necesario el construir tal identidad para poder desarrollar mejor las estrategias de gestión de riesgo el problema requiere de una respuesta a la luz de nuestra experiencia en relación con un camino ya recorrido durante varias décadas de gestión institucionalizada de la prevención y respuesta a desastres.

En Maracaibo (Venezuela), el efluente de un sistema de lagunas de estabilización, con un tiempo de retención hidráulico (TRH) de 20 días y que trata 1.296.000 Lwd-1, fue reutilizado para el riego de una parcela experimental de 5 ha, ocupada con 3 ha de frutales perennes (lima persa, guayaba, mango y níspero) y una superficie dedicada a cultivos de ciclo corto. El comportamiento de las especies irrigadas con este efluente y con agua fresca fue similar y no se presentaron problemas de salinidad y/o de Na en el suelo (Trujillo et al., 2000).

Santos et al. (2003) evaluaron durante dos años las características hidráulicas de microaspersores al regar el efluente de un sistema UASB y laguna de maduración. Aunque no se observaron variaciones significativas por el uso de este efluente, hubo una falta de uniformidad en la aplicación del agua por acumulación de algas y sólidos suspendidos en los orificios de los microaspersores. Quipuzco (2004) menciona el uso de reservorios profundos de estabilización, de 8-15 m de profundidad, para almacenamiento estacional y purificación de efluentes parcialmente tratados, provenientes de sistemas como lagunas anaerobias y aerobias, que garantizan eficiencias de remoción de DBO de 90%, detergentes y 3-4

órdenes de magnitud de coliformes fecales y otros contaminantes. Estos efluentes son usados para irrigación restringida de cultivos no comestibles.

Nunes et al. (2005) evaluaron el desempeño de un cultivo de pimentón irrigado con tres calidades de agua: efluentes de reactor UASB, de laguna de maduración y agua de pozo.

A los tratamientos irrigados con agua de pozo se les aplicó tres formas de fertilización: sin fertilizantes, con la adición de un fertilizante mineral y un fertilizante orgánico. En los resultados de productividad no se observó diferencia significativa para los tratamientos con fertilización mineral u orgánica y los tratamientos regados con los efluentes del UASB. Los resultados obtenidos con el tratamiento irrigado con el efluente de la laguna de maduración no fueron buenos, ya que presentaba un pH >9,0 lo que dificultó el desarrollo del cultivo.

Gorete et al. (2005) evaluaron los efectos del riego con aguas residuales provenientes de dos sistemas compuestos por laguna facultativa y humedal con TRH de 7 d y otro por laguna facultativa y filtros con TRH de 8 h, sobre el rendimiento y otras características agronómicas del cultivo de un maíz híbrido. El uso de los dos efluentes no mostró diferencias significativas en los valores de productividad del cultivo. Medeiros et al. (2005) evaluaron las alteraciones químicas en un suelo irrigado con agua residual filtrada en filtros de arena, comparado con otro manejo con la agricultura convencional en un cultivo de café; la aplicación del agua residual filtrada fue más efectiva al mejorar las características del suelo: aumento de pH, materia orgánica, K, Ca y Mg. Sin embargo, se presentaron problemas de salinidad del suelo por el incremento de iones como Na, la conductividad eléctrica y el RAS.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Las aguas residuales son una importante fuente adicional para satisfacer la demanda del recurso, a causa de la disponibilidad limitada de agua potable para cubrir los requerimientos de las poblaciones, los bajos costos, los beneficios para los suelos agrícolas y la disminución del impacto sobre el ambiente. Sin embargo, el predominio del uso de aguas residuales crudas o diluidas con aguas superficiales y el bajo porcentaje de aguas residuales tratadas en Perú en general, generan riesgos en la salud pública, en especial cuando se utilizan para riego de cultivos para consumo directo.

Para el reúso de aguas residuales se aconseja realizar siempre un tratamiento preliminar y primario; el tratamiento secundario, además de remover de manera eficiente materia orgánica y sólidos suspendidos, influye directamente sobre la estructura de algunos compuestos, como los de nitrógeno, siendo importante tener en cuenta los requerimientos del cultivo a irrigar y el tipo de suelo.

En Pisco existe 01 planta de tratamiento de aguas residuales natural, que nos brinda un buen trabajo, alcanzando logros óptimos, que permiten satisfacción en los objetivos, así observamos que, con este estudio, logramos darle una disposición final a los lodos y lograr un apoyo para la Agricultura.

FIGURA 1. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PROVINCIA DE PISCO



Esta Planta está a cargo de la Municipalidad provincial de Pisco a través de la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado EMAPISCO.

La Junta de Usuarios de Agua de Pisco, a través de su oficina técnica de relaciones públicas da a conocer que existen 27 puntos críticos en la cuenca del río Pisco, faltando realizar los estudios sobre las zonas de contaminación, asimismo las afecciones de la población y de qué manera protegerlos.

2.2 Marco Histórico

Contra lo que muchos piensan la investigación sobre los tratamientos de aguas servidas, si bien discontinua en el tiempo y en los ámbitos, tiene muchos años.

En el Perú las investigaciones sobre la problemática de las aguas servidas se han orientado:

- a) Hacia la identificación de algunos componentes presentes en las aguas residuales que afecten a la población, expuesta constantemente a dichos daños.
- b) A evaluar los efectos sectoriales y regionales de algunos eventos destructivos. Por ello que es importante que la población conozca y esté preparada para enfrentar lo nocivo de dichos tratamientos y más bien darle un buen uso a estos residuos, como son los lodos provenientes del tratamiento de las aguas residuales.
- c) A evaluaciones multisectoriales de impacto ambiental, que originan dichos lodos si la población está expuesta a ellos.
- d) Al desarrollo de nuevas tecnologías, para la reducción de algunos componentes existentes en los lodos.
- e) A analizar el funcionamiento del Sistema de tratamiento de los lodos.
- f) A analizar los riesgos de las comunidades y ciudades y proponer medidas de mitigación.
- g) Al análisis de las experiencias de intervención de las instituciones en los hechos de contaminación recientes en particular de los procesos de tratamiento de aguas residuales.

Lo anterior, nos sugieren las siguientes características y alcances de las investigaciones:

- 1) Una tendencia, de las instituciones a sectorializar los estudios y a soslayar las implicancias sociales de los mismos.
- 2) Una mayor preocupación sobre los impactos en los sectores de mayor productividad que no siempre se corresponde con las prioridades sociales. Coincidentemente con ello la ausencia de investigaciones sobre la vulnerabilidad e impacto de las contaminaciones, en comunidades andinas o en la selva.
- 3) Insuficientes canales de apropiación local y aún gubernamental de los estudios e investigaciones que se realizaban, al extremo de que el reto principal está en el asegurar su difusión y aplicación. Esto debe evaluarse

a la luz del derecho de los derechos de información, decisiones y expresión aludidos.

- 4) Incorporación insuficientemente los cambios conceptuales, tecnológicos o científicos que se vienen produciendo.

Por lo cual no se han producido tecnologías y metodologías apropiadas o susceptibles de ser aplicadas.

- 5) Limitada vinculación de las investigaciones con las percepciones de riesgo y experiencias de las poblaciones. Ello se revela principalmente en la ausencia de estudios sobre el impacto de los desastres en los medios de vida.
- 6) Insuficiente vinculación de las investigaciones con las experiencias prácticas de las instituciones, en particular las experiencias educativas y tecnológicas

2.3 Marco Conceptual

PLANTAS DE TRATAMIENTO.

En la actualidad, en prácticamente todas las ciudades de los países civilizados con un nivel aceptable de calidad de vida, existen sistemas para depurar las aguas de desecho. Los objetivos principales de implementar tales sistemas son: La prevención de la contaminación física, química y bacteriológica del medio ambiente así como de los recursos hidrológicos. El empleo de las aguas residuales, una vez tratadas y depuradas, en sustitución de las aguas potables disponibles para fines tales como: riego de jardines, creación de áreas verdes, etc.

DEFINICIÓN DE AGUA PURA Y POTABLE.

El agua pura consiste de la unión de dos átomos de hidrogeno y un átomo de oxigeno. El agua pura como tal no es fácilmente accesible, ya que ésta tiende a reaccionar físicamente y químicamente con todas las sustancias que están en su contacto. Cuando en las nubes se forman las gotas de agua por condensación y estas se precipitan como lluvia, podemos considerar que el agua inicialmente tiene un alto grado de pureza. Durante su caída se mezcla y absorbe los gases atmosféricos, principalmente nitrógeno, oxígeno y bióxido de carbono CO₂. Cuando alcanza la superficie de la tierra, inmediatamente empieza a disolver las sustancias con las que está en contacto y de esta manera pasan a solución sales de sodio, potasio, calcio, magnesio, fierro, etc. En un agua "natural" se encuentran disueltas diferentes especies químicas, las cuales pueden tener carga positiva o negativa. A las partículas cargadas positivamente

se les llama cationes y a las que tienen carga negativa se les llama aniones. Entre estas partículas cargadas eléctricamente tenemos: CATIONES: Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Sr²⁺, Fe³⁺, Cu²⁺, Zn²⁺

ANIONES: Cl⁻, I⁻, Br⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻ En el agua, las cargas positivas de los cationes deben estar equilibradas con las cargas negativas de los aniones, aunque desde luego, la composición de los cationes y aniones puede ser variable.

PRESENCIA DE SALES Y OTRAS SUSTANCIAS EN EL AGUA

La presencia de estas sales es la que le confiere características muy especiales al agua. Si la cantidad de sales de calcio y magnesio es muy alta, se dice que el agua es "dura". La presencia de cantidades relativamente altas de fierro y manganeso provoca que sobre la ropa se depositen precipitados de fierro y manganeso que la manchan irreversiblemente. Un agua con gran cantidad de sulfatos tiene efectos laxantes en usuarios no acostumbrados a esa agua. El equilibrio adecuado de los diferentes componentes del agua hace que ésta sea o no agradable al paladar del consumidor cuando ésta se consume como agua potable. Cuando el agua se evapora, queda un residuo de sales; esta masa residual son los sólidos disueltos. Para usos normales no es deseable un contenido excesivo de estas sales sobre todo las de calcio y magnesio, ya que éstas tienden a depositarse en líneas y accesorios que tienen contacto con el agua. Desde el punto de vista sanitario, la presencia de sales en el agua no es objetable y se considera a éstas como concomitantes del agua, definiendo concomitante como "sustancia que se encuentra presente en forma natural, en cantidades tolerables, y que no tiene efectos tóxicos o dañinos en los organismos, ni a corto ni a largo plazo". Un contaminante por el contrario lo definiremos como: "sustancia que se encuentra presente en el agua, que puede o no ser detectada y rechazada por el consumidor, y que se presume o se tienen evidencias directas de su daño en el hombre, flora y fauna".

AGUAS RESIDUALES.

Considérese las aguas de desecho o residuales como un todo. Su origen y los posibles contaminantes solubles de cada una de las fuentes son: Aguas Residuales Domésticas: grasas, aceites, jabones, detergentes, partículas sólidas, materia orgánica, residuos de alimentos, etc. Aguas Municipales y Pluviales: aceites automotrices, residuos de alimentos, solventes químicos, etc. Aguas Industriales: grasas, aceites, jabones, aceites, solventes químicos, diferentes materiales orgánicos, metales pesados y metales tóxicos, etc. Las

aguas residuales por lo tanto, se puede considerar que se encuentran con un alto contenido de sustancias que se pueden considerar contaminantes. Este tipo de contaminación es de tipo químico, físico y bacteriológico.

Por definición las aguas residuales es la que el hombre ha usado y lo utiliza además como vehículo de desecho y por esta acción y el efecto de introducir materias o formas de energía o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica.

Se pueden clasificar en:

Drenaje: Que afloran a la superficie y pueden arrastrar una serie de sustancias químicas en solución también comprende aguas que fluyen en la superficie y son provocados por las precipitaciones atmosféricas. Esta agua en su trayectoria arrastran elementos de la contaminación atmosférica, restos de actividad humana, residuos de vehículos, arenas, residuos vegetales, biocidas formando las llamadas “aguas blancas.”

Domesticas: también llamadas aguas negras o urbanas; proceden de aglomeraciones urbanas mediante los vertidos de la actividad humana doméstica, también lo constituye la mezcla de estas con las precedentes de actividades comerciales, industriales y agrarias dentro del casco urbano.

Industriales: aguas procedentes de actividades industriales, con independencia del posible contenido de sustancias similares a las de origen doméstico, pueden aparecer elementos propios de cada actividad industrial como tóxicos, iones metálicos, productos químicos, hidrocarburos, detergentes, etc.

Agrarias: específicamente proceden de la actividad agropecuaria. Sistemas de Tratamiento: Cualquiera que sea el sistema de tratamiento o depuración tenemos que considerar como objetivo principal la reducción o eliminación de los agentes contaminantes. Esto dependerá del uso que se le desea dar al agua depurada. Según el sistema de tratamiento dispondremos de agua residual tratada y lodos residuales.

Se puede demostrar la relación entre enfermedad y bacterias en el agua, y los peligros potenciales de las aguas residuales en contacto con el hombre y con sus recursos acuíferos.

El manejo inadecuado de las aguas residuales en su disposición sin tratamiento, han impedido que en algunos países se hayan desterrado completamente las enfermedades transmitidas por el agua y persisten los casos de cólera, amibiasis, disentería, etc.

Otros peligros potenciales de las aguas residuales no tratadas, es la contaminación del medio ambiente y recursos hidrológicos por sustancias tóxicas que se encuentran en el agua como: metales tóxicos (arsénico, plomo, cadmio, mercurio, cromo, etc.), cianuro, herbicidas y pesticidas. Estas sustancias son removidas en mayor o menor grado durante el proceso de depuración de las aguas residuales, por lo que también desde este punto de vista es deseable el tratamiento de las aguas de desecho.

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Los contaminantes de las aguas residuales son de naturaleza orgánica e inorgánica. Aunque en el sistema de drenaje junto a las aguas residuales se encuentra gran cantidad de materiales de gran tamaño como: pedregal de vidrio, latas vacías, garras, llantas, ramas, bolsas y envases de plástico, etc., estos no son considerados como parte integral de las aguas residuales.

En promedio en las aguas residuales (sin considerar la basura que las acompaña), más de un 99.9% en peso es agua natural y el resto son contaminantes que hacen no apta ésta para su reuso y disposición sin efectos nocivos al cuerpo receptor. Los sistemas de tratamiento de aguas residuales, precisamente realizan la función de remover en los mayores grados posibles estos contaminantes. La remoción no significa la desaparición o extinción de la sustancia indeseable, puesto que la ley de la conservación de la materia es inviolable, sino que "remoción" en este aspecto, significa la conversión del contaminante a sustancias inocuas o menos objetables. También, remoción tiene el sentido de separación física de la masa de fluido, del o los componentes no deseados que se encuentran en las aguas residuales. Por mucho, la mayor cantidad de sustancias que se encuentran en el agua son residuos de tipo orgánico.

Estos residuos se presentan como sólidos y son clasificados, de acuerdo a sus características como: sólidos disueltos, partículas coloidales y sólidos sedimentables. Si tomamos una muestra de aguas residuales y la evaporamos a sequedad, quedará un residuo final y estos son los sólidos totales. Si otra parte de la misma muestra se filtra a través de una membrana, el filtrado obtenido contiene los sólidos disueltos. Las partículas que quedan en el filtro son una parte sólidos sedimentables y otra parte son partículas coloidales o partículas que no sedimentan. El tener un previo conocimiento de la distribución de los sólidos, es importante en el diseño y operación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

ESTRUCTURACIÓN DE UN SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES.

Los modernos sistemas de tratamiento y disposición de aguas de desecho en las ciudades tienen tres componentes: colección, tratamiento y disposición. La colección de las aguas se efectúa a través de un complejo sistema de tuberías, que conducen estas aguas a una planta de tratamiento.

Este sistema de colección se llama drenaje, y a través de él fluyen las aguas que escurren por las calles de la ciudad, las que se producen por la actividad casera diaria normal de los habitantes de la ciudad, así como por las industrias y por las empresas prestadoras de servicios como pueden ser: hoteles, hospitales, restaurantes, oficinas, talleres, etc. También, cuando llueve, el agua llega al sistema de drenaje a través de alcantarillas dispuestas para este fin, y se suman a las aguas anteriormente descritas. Las aguas que por su origen se clasifican como:

i).-Aguas Domésticas ii).-Industriales iii).-Pluviales iv).-Municipales Todos estos tipos de aguas residuales tienen características muy propias.

Las aguas domésticas, pluviales y municipales son de composición más o menos conocida y constante, sin embargo las aguas de origen industrial son muy heterogéneas y la composición así como la naturaleza de las sustancias que acompañan el agua dependen completamente del o los procesos de transformación de la industria que desecha esas aguas.

Cuando esto ocurre, la municipalidad o la empresa que da tratamiento a las aguas de desecho, exigen a la fábrica o industria que den un tratamiento previo a sus aguas residuales, cuando las sustancias que éstas contienen dañen o interfieran con el proceso de depuración en la planta de tratamiento.

EFFECTOS DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL MEDIO AMBIENTE Y FORMACIÓN DE AGUAS NEGRAS.

Los efectos inmediatos que causan las aguas residuales no tratadas, son la contaminación del medio ambiente y el patrimonio acuífero de la sociedad. Cuando estas aguas salen finalmente de la línea de drenaje, forman depósitos de fango el cual sedimenta en el fondo del cuerpo receptor. También se forman natas y/o espumas sobre la superficie de las aguas residuales. Muchos de los organismos acuáticos requieren del oxígeno para vivir. Entre estos se encuentran los peces y otras plantas acuáticas. La máxima cantidad de oxígeno que el agua puede contener es de aproximadamente 10 ppm (menos de 0.001%) y normalmente la cantidad de oxígeno que contienen las aguas naturales es alrededor de 1 a 2 ppm. Este oxígeno es el que plantas y peces respiran.

El oxígeno consumido es repuesto parcialmente por el oxígeno atmosférico que se disuelve en el agua. Este equilibrio en los ecosistemas acuáticos, existe y ha

existido en aguas naturales en las cuales no hay apreciable grado de contaminación.

Si en éste ecosistema se vierten aguas residuales no tratadas, la carga orgánica es muy alta y se favorece la proliferación de bacterias que consumen esta materia orgánica. Inicialmente las bacterias que consumen la materia orgánica como alimento son las bacterias aeróbicas. Estas bacterias requieren de oxígeno para sobrevivir, por lo que lo toman del oxígeno disponible disuelto en el agua, y entran en competencia por este elemento con la flora y fauna natural del depósito acuático que también lo requiere.

Si se siguen vertiendo aguas de desecho sin tratamiento, se sigue incrementando la carga orgánica del depósito acuático y proliferan aún más las bacterias aeróbicas, las cuales consumen el oxígeno disuelto con mayor eficiencia que los peces y las plantas acuáticas, y éstos empiezan a disminuir en número y finalmente mueren por carencia de oxígeno. Si la rapidez de consumo del oxígeno disuelto es mucho mayor a la rapidez de reposición del oxígeno, lo cual ocurre en aguas estancadas, se favorece el desarrollo y multiplicación de otro tipo de bacterias, las bacterias anaerobias.

EFFECTOS DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL MEDIO AMBIENTE Y FORMACIÓN DE AGUAS NEGRAS:

Los efectos inmediatos que causan las aguas residuales no tratadas, son la contaminación del medio ambiente y el patrimonio acuífero de la sociedad. Cuando estas aguas salen finalmente de la línea de drenaje, forman depósitos de fango el cual sedimenta en el fondo del cuerpo receptor.

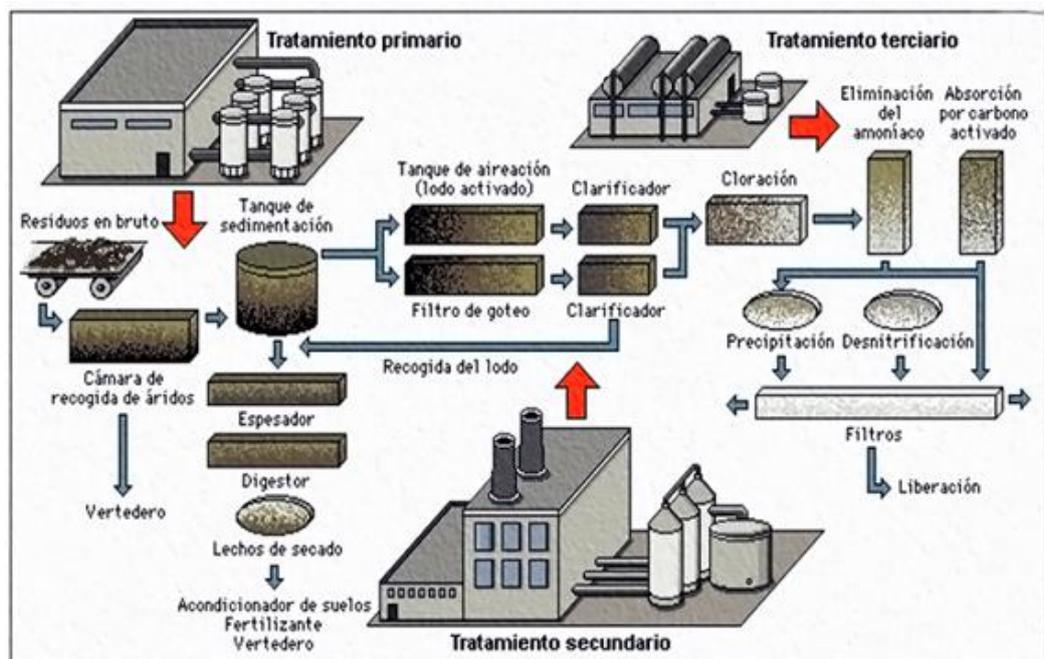
También se forman natas y/o espumas sobre la superficie de las aguas residuales. Muchos de los organismos acuáticos requieren del oxígeno para vivir. Entre estos se encuentran los peces y otras plantas acuáticas.

La máxima cantidad de oxígeno que el agua puede contener es de aproximadamente 10 ppm (menos de 0.001%) y normalmente la cantidad de oxígeno que contienen las aguas naturales es alrededor de 1 a 2 ppm. Este oxígeno es el que plantas y peces respiran. El oxígeno consumido es repuesto parcialmente por el oxígeno atmosférico que se disuelve en el agua.

Este equilibrio en los ecosistemas acuáticos, existe y ha existido en aguas naturales en las cuales no hay apreciable grado de contaminación. Si en este ecosistema se vierten aguas residuales no tratadas, la carga orgánica es muy alta y se favorece la proliferación de bacterias que consumen esta materia orgánica. Inicialmente las bacterias que consumen la materia orgánica como alimento son las bacterias aeróbicas. Estas bacterias requieren de oxígeno para

sobrevivir, por lo que lo toman del oxígeno disponible disuelto en el agua, y entran en competencia por este elemento con la flora y fauna natural del depósito acuático que también lo requiere. Si se siguen vertiendo aguas de desecho sin tratamiento, se sigue incrementando la carga orgánica del depósito acuático y proliferan aún más las bacterias aeróbicas, las cuales consumen el oxígeno disuelto con mayor eficiencia que los peces y las plantas acuáticas, y éstos empiezan a disminuir en número y finalmente mueren por carencia de oxígeno. Si la rapidez de consumo del oxígeno disuelto es mucho mayor a la rapidez de reposición del oxígeno, lo cual ocurre en aguas estancadas, se favorece el desarrollo y multiplicación de otro tipo de bacterias, las bacterias anaerobias. A estas bacterias anaerobias se les llama así porque su medio de desarrollo y crecimiento es en ambientes donde no hay presencia de oxígeno. Las bacterias anaerobias también consumen la materia orgánica presente en las aguas residuales, pero las sustancias producidas son sumamente desagradables.

FIGURA 2. PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.



SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

De una forma simple y muy general, se pueden describir los siguientes procesos en una planta de tratamiento de aguas residuales:

- 1: Un sistema para retención y remoción de los sólidos y partículas de gran tamaño (basura) que salen del drenaje junto con las aguas residuales.
- 2: Un arenero y preaerador como tratamiento previo a la sedimentación primaria.

3: Un sedimentador que separe del fluido principal, las partículas sólidas que se asientan fácilmente (sólidos sedimentables)

4: Un sistema biológico y otra serie de procesos auxiliares, necesarios para lograr tener un agua de la calidad deseada.

5: Antes de que el efluente sea integrado al medio ambiente se requiere de un paso de desinfección.

SISTEMAS DE COLECCIÓN.

Las aguas residuales a ser tratadas en la planta que tiene este propósito, llegan a través de un sistema de tuberías que colectan dichas aguas. Este sistema es el sistema de drenaje y lo opera el municipio o alguien concesionario de éste.

MEDIDORES DE FLUJO:

La medida del gasto de agua que entra a la planta de operación, no es necesariamente parte del tratamiento del agua, pero su importancia es determinante ya que los registros que se llevan de: consumo de reactivos químicos, energía consumida, calidad del efluente, etc., están directamente relacionados con el gasto o flujo de masa del agua procesada. Comúnmente, los medidores de flujo son del tipo Marshall, tipo Venturi y tipo Vertedero.

PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El pre tratamiento de las aguas residuales involucra varios procesos que tienen como finalidad, el eliminar del agua todos los materiales de tamaño grande y mediano, que el agua contiene y que arrastra en su camino hacia la línea de drenaje. El primer paso es la captación del agua que llega a la planta de proceso y el bombeo a la primera etapa de tratamiento. Esta primera etapa es el cribado, y tiene como finalidad remover objetos y partículas de tamaño grueso y que interfieren en las etapas posteriores del tratamiento. Entre estos materiales se encuentran: trozos de tela, ramas, pedazos de lámina, vidrios, latas, bolsas de plástico, pedazos de madera, trozos de plástico, etc. Estos materiales son retenidos cuando el agua pasa a través de equipos o maquinarias que tienen barras espaciadas entre sí, con un cierto patrón o configuración similar y con el mismo propósito que el de las alcantarillas de los sistemas de drenaje del municipio. Los materiales de gran tamaño son retenidos en estas barras y se deben remover mecánica o manualmente en forma periódica o continua.

El tratamiento de las aguas residuales, o aguas de desecho, implica una serie de pasos o de operaciones unitarias que son similares a los que se efectúan en el tratamiento o depuración de las aguas naturales que se procesan para su

potabilización y consumo como agua salobre. Procesos tales como: filtración en grava y arena, sedimentación, desinfección, etc., son también efectuados en las aguas residuales. Una diferencia notable en la composición de las aguas naturales comparada con la de las aguas de desecho, es el contenido de materia orgánica presente en éstas últimas. Después de su empleo en diferentes servicios que se proporcionan a una población o comunidad, lo que principalmente se integra a las aguas naturales es una cierta cantidad de material orgánico. En composición esto representa una pequeña cantidad: en promedio 250 mg/lto, ó sea un 0.025 en porcentaje en peso, sin embargo, esto arruina completamente la calidad del agua y no la hace apta para ningún uso, siendo por el contrario, una fuente de infección y enfermedades, ya que el material orgánico contenido en las aguas es caldo de cultivo de numerosas bacterias, muchas de ellas patógenas. Afortunadamente este material orgánico es biodegradable y muy asimilable por otros microorganismos que lo emplean en su provecho, y al metabolizarlo lo convierten en células ó biomasa adicional y en otras sustancias más simples químicamente hablando, que ya no son de carácter repulsivo y putrefacto. Adicionalmente al material orgánico digerible, las aguas de desecho domésticas contienen otras sustancias que no son asimilables por los microorganismos como son: jabones y detergentes sintéticos, aceites y grasas vegetales y animales, además de otros componentes que irresponsablemente se viertan en los sistemas de drenaje domésticos como pueden ser: solventes de pinturas, combustibles, aceites lubricantes, solventes industriales, etc.

Las aguas municipales, o sea las que se generan por precipitación pluvial y por servicios del municipio, así como las aguas industriales, contienen además de los compuestos y sustancias anteriormente mencionadas, otros más como pueden ser: metales tóxicos, sólidos suspendidos, grava y arena, solventes industriales, compuestos químicos orgánicos e inorgánicos de origen industrial, etc. Si la cantidad de sustancias tóxicas y no biodegradables no es muy grande, el material orgánico puede ser degradado y la mayor parte de estos contaminantes no biodegradables se separan del agua tratada en alguno de los pasos de tratamiento, integrándose casi siempre a los lodos producidos en las plantas depuradoras de aguas residuales. En teoría, todas las aguas residuales pueden ser tratadas hasta alcanzar el grado de potabilidad. En la actualidad existe la tecnología para lograrlo, pero el costo es elevado, por lo que únicamente donde el agua es escasa y de alto costo, es conveniente dar un tratamiento de depuración hasta alcanzar la calidad requerida para que el agua se pueda reutilizar y consumir sin riesgo alguno. En sus inicios, el tratamiento de las aguas de desecho tenía como objetivo primordial el evitar la putrefacción y la diseminación

de infecciones que son consecuencia de la dispersión de las aguas residuales sin ningún control, siendo foco de enfermedades como: cólera, fiebre tifoidea, salmonelosis, hepatitis, etc., que causaban y siguen causando la muerte a miles de personas. En la actualidad, donde el agua es abundante, el objetivo sigue siendo el mismo: evitar la contaminación de las aguas potables y del medio ambiente por efecto de las aguas residuales, pero a medida que el agua es cada vez mas escasa, en regiones de bajas precipitaciones pluviales y de alta densidad de población, el objetivo del tratamiento de las aguas residuales entre otros, es el empleo de éstas aguas recicladas en actividades donde no se requiere de agua potable, como puede ser el riego de parques y jardines, en la industria de la construcción, para uso industrial, etc. evitando el consumo del agua de los yacimientos y de los acuíferos o reservas de agua potable en actividades donde no es necesario emplear agua de alta calidad. Más aún, en todo el mundo la tendencia es a darle a las aguas residuales procesadas, tratamientos adicionales hasta cumplir con las normas de potabilidad e integrarlas directa o indirectamente a los suministros de aguas potables. La serie de procesos que se requieren para lograr tal objetivo demandan de una inversión y un costo de operación muy alto, pero si la relación beneficio/costo es grande, la opción es reciclar estas aguas, ya que la tecnología necesaria para lograrlo está disponible, y cada día a un menor costo. De acuerdo a los procesos de tratamiento de aguas de desecho se pueden clasificar estos como:

- ▶ Tratamiento Primario
- ▶ Tratamiento Secundario
- ▶ Tratamiento Terciario
- ▶ Tratamientos Avanzados

TRATAMIENTO PRIMARIO

Un tratamiento primario consiste en una serie de operaciones que tienen como objetivo disminuir la carga orgánica del agua a procesar. En este esquema, el agua pasa a través de una criba o rejilla donde los sólidos gruesos son removidos y posteriormente el agua pasa a un sedimentador, donde se separan por efecto de la gravedad, una cierta cantidad de las partículas sólidas o sólidos suspendidos, con la ayuda de un coagulante y floculante. En este proceso es posible disminuir de un 30 a un 60% la DBO inicialmente presente en el agua residual. Este tratamiento en realidad es un paso inicial en la depuración del agua, y solo tiene como objetivo disminuir la carga orgánica del agua, para un proceso posterior más efectivo. Por ejemplo, si los parámetros de sólidos suspendidos y la DBO en un agua residual de una planta industrial sobrepasa los máximos permitidos, un

tratamiento primario puede ser la solución, no para depurar el agua y darle un uso posterior, sino solo para cumplir con las normas de descarga del organismo o autoridad que reglamenta estas descargas. Un inconveniente de este proceso, es que el sedimento que se obtiene en la separación de los sólidos, es de naturaleza putrefacta y de fácil descomposición, por lo que deberá contratarse una empresa que maneje este residuo (a un costo determinado, por supuesto), o contar con un digestor para procesar biológicamente tal residuo.

TRATAMIENTO SECUNDARIO

Un tratamiento secundario implica además de la operación física de cribado y sedimentación, un proceso biológico en el cual el material orgánico se digiere y se convierte, como ya se ha indicado anteriormente, en células ó tejido celular y otros subproductos inocuos como bióxido de carbono y agua. El proceso biológico de conversión del material orgánico tiene muchas variantes, que se discutirán posteriormente, y estas variantes son con la finalidad de hacer más versátil el proceso biológico, en función de la calidad y características del agua residual que se procesa, ó del tipo de tratamiento que se haya seleccionado para obtener un agua tratada de una calidad específica.

Este proceso a diferencia del tratamiento primario incluye un tratamiento biológico. También, dentro de las variaciones de este proceso puede o no, haber un sedimentador primario, que tiene como finalidad el disminuir la carga orgánica del agua que entra al digestor biológico.

En un tratamiento secundario es posible obtener una remoción de un 80-95% de la DBO original del agua, quedando ésta después del tratamiento con una DBO residual de 10-30 mg/lto de DBO, lo cual es un valor bastante aceptable, ya que en esas condiciones si el agua se vierte a un río o al medio ambiente, a través de procesos naturales el agua es capaz de autodepurarse y alcanzar los niveles de calidad de las aguas naturales. Si el agua se emplea en riego o en la industria, la DBO residual no causa putrefacción y puede emplearse con toda seguridad para éstos propósitos una vez que ha sido debidamente desinfectada.

COMPONENTES DE SISTEMAS DE DEPURACIÓN DE AGUA POR TRATAMIENTO SECUNDARIO.

El tratamiento de las aguas residuales en la mayor parte de las ciudades comprende un tratamiento secundario, el cual incluye como operaciones unitarias, además del cribado y desarenado del agua de proceso, una sedimentación primaria y secundaria y un proceso biológico que degrada el material orgánico y lo convierte parcialmente en gases inocuos y material celular que se extrae como lodos de sedimentación. Con plantas con tratamiento secundario es posible

obtener agua de baja carga de DBO, 10-30 mg/L como un valor promedio, de acuerdo a datos de plantas que operan con dicho proceso. Estas aguas depuradas pueden integrarse al medio ambiente sin daños ecológicos y sin problemas en los habitantes expuestos a esta agua. De hecho, pueden emplearse en riego agrícola, en riego de jardines, en la industria de la construcción y otros usos y por eso es el proceso mas convencional de tratamiento de aguas residuales, aunque la tendencia es a la implementación de tratamientos adicionales como es el tratamiento terciario y los tratamientos avanzados de estas aguas residuales procesadas con tratamiento secundario, para usos más específicos donde se requiere de agua de mayor calidad que la de un tratamiento secundario

En el Tratamiento secundario lo más común es que las aguas residuales que fluyen del sedimentador primario, reciban un tratamiento posterior para disminuir aún más la cantidad de materia orgánica contenida en el agua, y así incrementar su calidad. Este tratamiento posterior consiste en una digestión biológica de la materia orgánica, en condiciones aeróbicas. Las condiciones aeróbicas son deseables, ya que los productos terminales son sustancias químicamente estabilizadas, no objetables, algo que sí ocurre cuando la digestión es en condiciones de carencia de oxígeno o anaerobias. Para favorecer las condiciones aeróbicas, el medio en el cual se lleva a efecto la digestión biológica debe estar en contacto con el aire, para que las bacterias tomen de ahí el oxígeno necesario. Existen tres tipos generales de digestores biológicos: ► Filtro Biológico (Filtro Percolador, Filtro de Ecurrimiento). ► Contactores Biológicos Rotatorios. ► Reactor Biológico de Lodos Activados.

FILTRO BIOLÓGICO

El filtro biológico, o también llamado filtro percolador o filtro de escurrimiento, es uno de los sistemas más antiguos para la depuración de aguas residuales. A pesar de esto es sumamente efectivo, y se tienen eficiencias en la remoción de sólidos disueltos y de la DBO de un 70 a un 85%. Este filtro consiste en un recipiente, generalmente de geometría circular, que contiene un medio a través del cual el agua pueda fluir. El lecho o cama que atraviesa el agua, consiste de materiales diversos: Originalmente y todavía hoy en día, se emplea como medio, rocas de forma circular de 1.5 a 5" de diámetro Actualmente, con más frecuencia, se emplean otros medios como esferas de plástico, y otras partículas sintéticas de bajo peso específico y que proporcionan gran área superficial.

En el filtro percolador, se forma con el tiempo un medio biológico en el cual proliferan las bacterias y demás microorganismos que se encargan de consumir la materia orgánica que se desea remover del agua de tratamiento. Para que las condiciones sean aeróbicas, en el medio del filtro debe haber huecos y espacios suficientes que permitan que el aire pueda circular para reponer el oxígeno que requieren las bacterias y organismos aeróbicos. El agua que entra al filtro biológico, se distribuye proporcionalmente a lo largo de todo el medio, a través de un distribuidor rotatorio. El término de filtro biológico tal vez no sea muy apropiado ya que el sistema como tal no es un filtro, sino un medio a través del cual se favorece el contacto de las bacterias con el agua que contiene materia orgánica en solución. Por esto, tal vez sería más afortunado llamarle digestor biológico o contactor biológico. La masa de microorganismos que crece y prolifera en el medio estático que proporciona el medio del filtro biológico, eventualmente llega a ser tan grande y pesada que se desprende físicamente del medio que lo sostiene y es arrastrado por la corriente al fondo del recipiente del filtro, donde aparece junto con el efluente tratado. Para separar esta masa biológica del agua depurada, se requiere posteriormente de un segundo sedimentador o sedimentador secundario.

CONTACTORES BIOLÓGICOS ROTATORIOS

Este tipo de digestores biológicos, son también muy frecuentemente llamados discos biológicos rotatorios, aludiendo a su forma de discos. En este sistema la parte móvil es el medio biológico y la parte estática es el agua de tratamiento. El medio en el cual crecen y proliferan los microorganismos aeróbicos que se alimentan de la materia orgánica disuelta, consiste en unos discos fabricados en material plástico, acoplados varios de ellos en una sola flecha, a un mecanismo que los hace girar continuamente. La mitad del disco está sumergida en el agua y la otra mitad se encuentra en el aire en forma alternativa y cíclica, ya que los discos están girando continuamente. De esta manera, cuando las bacterias están en el aire tienen la posibilidad de captar el oxígeno que requieren para su metabolismo, mientras que cuando están en el seno del fluido, pueden alimentarse con la materia orgánica disuelta y suspendida. También en este caso, ocasionalmente llegan a desprenderse conglomerados biológicos, los cuales deben separarse en un posterior sedimentador o sedimentador secundario.

REACTOR BIOLÓGICO DE LODOS ACTIVADOS

El proceso de lodos activados fue desarrollado en Inglaterra en el año de 1914. Se le llama así debido a la naturaleza activa que muestran estos lodos para

estabilizar la materia orgánica disuelta y en suspensión. Existen muchas variaciones de este proceso, pero esencialmente todas estas variaciones consisten de una masa de microorganismos en suspensión y contacto íntimo con el fluido tratado. A esta mezcla de lodos y agua de tratamiento se le llama licor mixto. La gran aceptación de la depuración por lodos activados es su alta eficiencia, ya que se alcanzan remociones de DBO de hasta un 90 a un 95%, por lo que es posible producir un efluente de alta pureza empleando este método de digestión biológica. A diferencia de los procesos anteriores, en este caso es necesario suministrar oxígeno para sostener las condiciones aeróbicas. Para esto se emplean agitadores de superficie o se inyecta aire (el cual contiene 21 % en volumen de oxígeno), por medio de compresores o ventiladores. El tiempo de retención promedio es de 4 a 8 horas, tiempo en el cual las bacterias consumen como alimento la mayoría de la materia orgánica disponible, formando nuevas células y productos de reacción sumamente estables. La nueva biomasa formada tiene mejores propiedades que la materia orgánica disuelta y en suspensión, en lo que se refiere a capacidad de separarse del fluido principal por sedimentación, por lo que el efluente es más claro además de ser de mejor calidad por su baja DBO. Estos sólidos producidos deben separarse en un siguiente paso, por lo que el licor mixto pasa a un segundo sedimentador o sedimentador secundario.

SEDIMENTADOR SECUNDARIO

Como ya se ha hecho notar, el clarificador o sedimentador secundario, es necesario en todos los procesos para poder separar los sólidos formados en el proceso de digestión biológica ya que, si esto no se hace así, el efluente arrastra una gran cantidad de sólidos sedimentables que tienen una alta DBO.

En el sedimentador secundario se separan los sólidos sedimentables, por lo que se obtiene, en la parte superior del sedimentador, un efluente claro y libre de estos sólidos, y del fondo del tanque se extraen los lodos sedimentados, los cuales consisten de un gran número de microorganismos que están en disposición y posibilidades de digerir más materia orgánica. Por esta razón, los lodos activados son regresados a los inicios del proceso, donde existe una gran cantidad de alimento disponible para ellos, en forma de materia orgánica disuelta y suspendida. La biomasa continúa creciendo y el sistema terminaría por colapsarse si no se retiran periódicamente cantidades adecuadas de estos lodos de sedimentación. La cantidad de lodos que se extrae es la necesaria para tener una relación más o menos constante de lodos activados en el licor mixto. El determinar la cantidad de lodos que se deben extraer depende del proceso y resulta de la

experiencia, así como de la experimentación en laboratorio y en plantas piloto, que se efectúan con el agua a tratar.

TRATAMIENTO TERCIARIO

Las aguas residuales con tratamiento secundario, y posteriormente desinfectadas, como ya se ha mencionado, pueden descargarse a ríos o al medio ambiente sin riesgo alguno, pero existen algunas restricciones. Si el cuerpo receptor es un acuífero estancado, abierto al aire libre, como puede ser un lago, un estanque o una laguna, existe el riesgo de causar eutrofización en el acuífero, si en el agua residual tratada que se vierte en el cuerpo receptor, el contenido de nitrógeno y fósforo excede ciertos límites establecidos. El nitrógeno y el fósforo, aunados al bióxido de carbono y al agua, causan la eutrofización o sea el crecimiento descontrolado de lirio, algas y otras plantas acuáticas que exterminan otros seres vivos que conviven en el acuífero, y que inicialmente se encuentran en equilibrio ecológico. Como prácticamente todas las aguas residuales sobrepasan los niveles de nitrógeno y fósforo, la integración de las aguas residuales con tratamiento secundario a un acuífero de este tipo, causarán la eutrofización del mismo, con la consecuente extinción de otras especies a las cuales no les favorece el exceso de nutrientes. Un tratamiento terciario implica además de la disminución de la DBO a niveles tolerables, la disminución del contenido de fósforo y nitrógeno, para evitar este problema. Si las aguas residuales tratadas se emplean en riego o en industrias, no es necesario un tratamiento terciario. Si las aguas tratadas se vierten sobre cuerpos receptores donde potencialmente existe el problema de eutrofización, el tratamiento terciario es recomendable y necesario.

TRATAMIENTOS AVANZADOS

Este tipo de proceso implica un tratamiento terciario y posteriormente una serie de tratamientos que tienen como finalidad el elevar la calidad del agua hasta alcanzar y a veces sobrepasar las normas de calidad de aguas potables. Las aguas con tratamiento terciario contienen un residual de DBO que es necesario disminuir a un valor de cero. También, los procesos de tratamiento que se dan al agua tienen como finalidad el remover las trazas de metales tóxicos y de sustancias orgánicas que el agua pueda contener. No existe un diagrama único para un proceso de tratamiento avanzado en un agua en particular, pero los procesos que se emplean frecuentemente son:

CARBÓN ACTIVADO, MICROFILTRACIÓN, ULTRAFILTRACIÓN Y NANOFILTRACIÓN, OSMOSIS INVERSA, OZONIZACIÓN, PRECIPITACIÓN CON CAL, RESINAS CATIONICAS Y ANIONICAS y la ELECTRODIÁLISIS.

CARBÓN ACTIVADO

Para la remoción por adsorción de compuestos orgánicos. Su gran capacidad adsorbente de compuestos tóxicos lo hace indispensable en el tratamiento y acondicionamiento del agua potable.

MICROFILTRACIÓN, ULTRAFILTRACIÓN Y NANOFILTRACIÓN

Para la remoción de sólidos residuales de tamaño muy fino, o en el rango de partículas coloidales, que al causar turbidez disminuyen la calidad del agua. También, en la nanofiltración es posible la eliminación en el agua tratada de iones y moléculas de tamaño grande.

OSMOSIS INVERSA

Proceso de filtración que implica mecanismos complejos, a través del cual es posible obtener agua de la máxima pureza, ya que por este proceso es posible remover partículas, moléculas y iones que puedan contaminar el agua.

OZONIZACIÓN

Oxidante poderoso que causa la oxidación de ciertos compuestos que precipitan como hidróxidos. También es posible, con el uso del ozono, el rompimiento de moléculas objetables y su conversión a otras especies químicas menos indeseables.

PRECIPITACIÓN CON CAL.

Adición de cal o algún otro agente alcalino para precipitar ciertos compuestos en forma de hidróxidos. Por ejemplo, el fierro y el manganeso, algunos metales tóxicos, así como el fósforo precipitan en forma de hidróxidos insolubles, con lo cual el agua queda libre de estos elementos que son problemáticos cuando el agua se integra a un acuífero o se recicla para su reuso.

RESINAS CATIÓNICAS Y ANIÓNICAS

Las resinas catiónicas y aniónicas son empleadas para la remoción de ciertos contaminantes. En su ciclo sódico, una resina catiónica puede remover además de calcio y magnesio otros metales objetables que el agua pueda contener. Las resinas aniónicas en ciclo cloruro pueden remover, nitratos, sulfatos y otros aniones. Cuando se emplean en forma conjunta, las resinas catiónicas y aniónicas pueden emplearse para disminuir el contenido de sólidos disueltos en el agua tratada.

ELECTRODIÁLISIS.

La electrodiálisis es un proceso a través del cual los cationes (cargas positivas) y los aniones (cargas negativas), son atraídos por placas cargadas positivamente o negativamente. El resultado final es una disminución en el contenido de sólidos disueltos, pero su desventaja es que, a diferencia del ósmosis inversa, solo las partículas cargadas son atraídas por los polos cargados y los contaminantes no iónicos, como son ciertos compuestos orgánicos, permanecen en solución acuosa y aparecen en el efluente.

Los contaminantes que las aguas residuales puedan contener y su forma de tratamiento son los que se describen a continuación.

CONTAMINANTES DE LAS AGUAS RESIDUALES Y FORMAS DE TRATAMIENTO Y REMOCIÓNSÓLIDOS SUSPENDIDOS

- % SEDIMENTACIÓN
- % TAMIZADO Y DESINTEGRACIÓN
- % FILTRACIÓN
- % FLOTACIÓN
- % ADICIÓN DE POLÍMEROS
- % COAGULACIÓN/SEDIMENTACIÓN

ORGÁNICOS BIODEGRADABLES

- % LODOS ACTIVADOS
- % FILTROS BIOLÓGICOS
- % DISCOS ROTATORIOS
- % LAGUNAS DE AERACIÓN
- % FILTRACIÓN EN GRAVA Y ARENA
- % FILTRACIÓN EN MEMBRANA

PATÓGENOS

- % CLORACIÓN
- % OZONIZACIÓN
- % RADIACIÓN UV
- % DESINFECCIÓN POR CALOR

NUTRIENTES

- %NITRÓGENO
- %NITRIFICACIÓN Y DESNITRIFICACIÓN EN LECHOS SUSPENDIDOS
- % NITRIFICACIÓN Y DESNITRIFICACIÓN EN LECHOS FIJOS
- % INTERCAMBIO IÓNICO
- % CLORACIÓN A PUNTO DE RUPTURA

FÓSFORO

- %ADICIÓN DE COAGULANTES
- % COAGULACIÓN Y SEDIMENTACIÓN CON CAL
- % REMOCIÓN POR PROCESOS BIOLÓGICOS

ORGÁNICOS REFRACTARIOS

% ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVADO

% OZONIZACIÓN

METALES PESADOS

% PRECIPITACIÓN QUÍMICA

% INTERCAMBIO IÓNICO

SÓLIDOS INORGÁNICOS DISUELTOS

% INTERCAMBIO IÓNICO

% OSMOSIS INVERSA

% ELECTRO DIÁLISIS

La tecnología de tratamiento para lodos residuales generados en las PTAR en Estados Unidos y Europa se realiza utilizando alguno de los siguientes cuatro procesos:

- Digestión anaerobia: Comprende dos fases, en la primera se forman ácidos volátiles y en la segunda las bacterias anaerobias producen gas metano a partir de dichos ácidos, todo esto en ausencia de oxígeno molecular (O₂).
- Digestión aerobia: Proceso de aireación prolongada (dotando al sistema de O₂) para provocar el desarrollo de microorganismos aerobios hasta sobrepasar el periodo de síntesis de las células y llevar a cabo su propia auto-oxidación, reduciendo así el material celular
- Tratamiento químico: Realiza principalmente una acción bactericida, llevando al bloqueo temporal de fermentaciones ácidas. Por su reducido costo y alcalinidad, la cal es el reactivo que más se utiliza.
- Incineración: Conduce a la combustión de materias orgánicas de los lodos, y es el proceso con el que se consigue un producto residual de menor masa, las cenizas constituidas únicamente por materias minerales del lodo.

La selección de alguno de estos procesos para la estabilización de un lodo en particular depende de varios factores, tales como: la cantidad y calidad de lodos a tratar, las condiciones particulares del sitio y, la situación financiera en cada caso. En muchos países, la utilización del lodo requiere de una infraestructura costosa, pero con fines justificados, ya que soluciona problemas de contaminación e incorpora nutrientes reciclando elementos vitales en los ciclos biológicos

naturales; además de convertir un residuo peligroso en un recurso aprovechable y no peligroso. Así, la denominada gestión de excelencia destina cada residuo a su tratamiento: reciclaje, composteo, incineración y vertedero. Como ejemplo, el Plan de Residuos de Holanda, fija objetivos del 30% de reciclaje, 30% de compostaje, 30% de recuperación de energía y el 10% de vertido como residuos no aprovechables.

En Viena, el esquema es de 50% de valorización energética, 29% de reciclaje, 12% de compostaje y 9% a vertedero. La tabla 2, expone el manejo que se le da a los lodos residuales en algunos países.

Con lo planteado, la estrategia general que guíe el manejo correcto de lodos debe contener acciones de: prevención, reúso o revalorización y disposición ambientalmente adecuada, reducir potencialmente la generación de lodos al reducir la contaminación y uso del agua.

El reúso o revalorización del agua y/o contaminantes como de los lodos generados se puede lograr reciclando el agua, metales u otros materiales residuales generados en los procesos de producción, sin embargo; lo que no pueda ser revalorizado debe ser dispuesto finalmente de manera ambientalmente adecuada y segura.

Dependiendo de los diferentes procesos, pueden presentarse las siguientes alternativas generales:

- a) Lodo peligroso por la presencia de contaminantes tóxicos de acuerdo a lo establecido en México por la norma NOM052-ECOL-1993.
- b) Lodo no peligroso, porque las concentraciones de sus componentes son inferiores a los valores establecidos por la NOM de los mismos.

TABLA 1. CAUDAL DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA REGION LIMA**CAUDAL EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, 2009-2015**

(Litros por segundo)

Planta de tratamiento de aguas residuales	Tecnología aplicada	Distrito de ubicación	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Caudal total			2.775	2.755	2.809	2.951	9.938	12.978	13.760
Centro			493	506	552	572	704	711	695
Carapongo	Sistemas anaerobios-aerobios	Ate Vitarte	423	421	448	444	382	356	306
San Antonio de Carapongo	Lodos activados	Lurigancho	16	20	18	34	79	90	85
La Atarjea (Nueva sede)	Lodos activados	El Agustino	1	1	1	1	1	1	1
Cieneguilla	Lodos activados	Cieneguilla	53	64	66	65	69	68	77
Manchay	Lodos activados	Pachacámac	...	...	19	28	33	34	42
Santa Clara 1/	Lodos activados	Ate Vitarte	...	...	...	...	140	162	184
Sur			1.495	1.494	1.494	1.616	1.596	1.651	1.555
San Juan de Miraflores	Lagunas aireadas	Miraflores	423	410	396	434	410	413	336
Huáscar - Parque 26 a/	Lagunas aireadas	Villa El Salvador	78	76	78	96	107	88	93
San Pedro de Luín	Sistemas anaerobios-aerobios	Villa El Salvador	24	25	25	25	25	37	32
Nuevo Luín	Lagunas de oxidación	Pachacámac	20	59	72	72	72	...	...
Julio C. Tello	Lagunas de oxidación	Luín	23	26	26	25	14	21	22
José Gálvez	Sistemas anaerobios-aerobios	Luín	51	68	83	92	92	97	83
Pucusana	Lagunas de oxidación	Pucusana	24	26	26	26	10	1	1
Punta Hemosa 2/	Lagunas de oxidación	Punta Hemosa	14	18	18	18	18	13	11
San Bartolo	Lagunas aireadas	Luín	838	786	763	820	839	971	966
Balneario San Bartolo Sur	Lodos activados	Balneario San Bartolo	...	...	7	7	8	9	10
Balneario San Bartolo Norte	Lodos activados	Balneario San Bartolo	...	...	...	1	1	1	1
Norte			787	755	763	763	7.638	10.616	11.510
Taboada 1/	Preliminar avanzado	Callao	...	...	...	...	6.776	9.692	10.653
Puente Piedra	Lodos activados	San Martín de Porres	443	498	510	487	560	609	529
Ventanilla	Lagunas de oxidación	Ventanilla	297	224	220	240	262	270	277
Ancón	Lagunas de oxidación	Ancón	38	28	25	31	36	41	47
Santa Rosa	Filtro percolador	Santa Rosa	9	5	8	5	4	4	4

1/ En abril del 2013 empieza a reportarse el caudal de la concesionada planta de tratamiento de aguas residuales Taboada, y en julio 2013 empieza a reportar la nueva planta de tratamiento de aguas residuales Santa Clara.

2/ Del año 1999 al 2005 las series fueron modificadas y actualizadas por SEDAPAL. La planta de tratamiento de aguas residuales de San Bartolo fue inaugurada el 21 de agosto del 2005.

a/ Las plantas Huáscar y Parque 26 son consideradas como un solo sistema de tratamiento.

Fuente: Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) - Gerencia de Recolección, Tratamiento y Disposición Final.

TABLA 2. GENERACION DE AGUA RESIDUAL Y FORMA DE TRATAMIENTO EN LIMA METROPOLITANA

GENERACIÓN DE AGUA RESIDUAL Y FORMA DE TRATAMIENTO EN LIMA METROPOLITANA, 2005-2015

Agua residual	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Total de aguas servidas tratadas											
Caudal (l/s)	1 562	1 595	1 629	2 558	2 775	2 754	2 810	2 951	9 938	12 978	13 760
Caudal (miles m ³ /día)	135	139	141	217	237	238	242	256	566	1 121	1 188
Volumen generado (miles m ³ /año)	49 249	50 605	51 341	79 135	86 681	86 822	88 478	93 349	206 645	409 289	433 510
Número de plantas en actividad	16	14	14	16	17	17	19	20	22	21	21
Tratamiento (Preliminar avanzado)											
Caudal (l/s)	...	...	...	...	...	...	...	...	6 776	9 692	10 653
Número de plantas	...	...	...	...	...	...	...	...	1	1	1
Tratamiento (Sistemas convencionales - Lagunas de oxidación)											
Caudal (l/s)	270	274	292	365	120	130	141	147	136	55	59
Número de plantas	8	6	5	6	5	4	4	4	4	3	3
Tratamiento (Lagunas aireadas)											
Caudal (l/s)	456	498	493	1 277	1 635	1 272	1 237	1 350	1 357	1 472	1 394
Número de plantas	2	2	2	3	4	3	3	3	3	3	3
Tratamiento (Lagunas lodos activados)											
Caudal (l/s)	191	230	275	381	513	583	622	623	891	974	928
Número de plantas	3	3	3	3	4	4	6	7	8	8	8
Tratamiento (Sistemas anaerobios - Barridos)											
Caudal (l/s)	645	593	560	525	498	764	802	826	775	781	722
Número de plantas	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5	5
Tratamiento (Filtro percolador)											
Caudal (l/s)	...	...	9	10	9	5	8	5	4	4	4
Número de plantas	...	...	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Nota: La información comprende las plantas de Carapongo, San Juan y Puente Piedra. A partir del 2006 comprende las plantas de Carapongo, San Juan, Puente Piedra, San Antonio de Carapongo, Nueva Sede, Huáscar - Parque 26, José Gálvez, Punta Hermosa y San Pedro de Lurín. La planta de tratamiento de aguas residuales de San Bartolo fue inaugurada el 21-12-07.

En abril del 2013 empieza a reportarse el caudal de la Concesionada PTAR Taboada, y en julio 2013 se empieza a reportar el caudal de la Nueva PTAR Santa Clara.

Fuente: Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) - Gerencia de Recolección, Tratamiento y Disposición Final.

CAPÍTULO III

SOLUCIÓN PROPUESTA

3.1 Estudio de factibilidad

3.1.1 Factibilidad técnica

El trabajo de investigación es técnicamente factible ya que dispone de los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto, estos son proporcionados por instituciones que buscan prevenir el impacto y contaminación ocurridos por efecto de tratamiento, en nuestra Región constantemente.

3.1.2 Factibilidad operativa

Se cuenta con los conocimientos necesarios para el manejo de las diversas herramientas de desarrollo del trabajo de investigación.

Se cuenta con el apoyo de las autoridades del sector industrial, así como de la Empresa Municipal de Agua de Pisco EMAPISCO, Autoridad Local del Agua de Pisco ANA, además se dispone de información valiosa necesarias para llevar cabo el proyecto.

3.1.3 Factibilidad económica

La realización del proyecto de investigación ha sido factible debido a que los costos en su mayoría han sido solventados de manera personal, sobre todo para los gastos de los laboratorios privados, sin embargo se reconoce el aporte valioso de la empresa EMAPISCO por el apoyo brindado en sus instalaciones.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Análisis de resultados

4.1.1. Informe de los análisis hechos en los laboratorios.

FORMATO 1. ENSAYO N°2087/10-2014

	ENSAYO N° 2087 / 10 - 2014	Revisión: 02 Páginas: 1 de 1 FPA-5.10C
INFORME DE ENSAYO		

1. DATOS DEL SOLICITANTE:

Nombre o razón social: **FALCONI GARAY EBERT VALERY**
 Domicilio legal: **Jr. Grau Mz. 9. Lote 10 – Túpac Amaru Inca – Ica - Ica**

2. DATOS DEL PRODUCTO:

Tipo de muestra: **Lodo**
 Identificación de la muestra: **Lodo tratado**
 Procedencia: **Laguna de Oxidación Boca del Río - Pisco**
 Punto de muestreo: **Área de tratamiento de lodos**
 Toma de muestra: **2014 / 10 / 07** Hora: **17:00 h**
 Muestra tomada por: **Ebert Falconi Garay**
 Forma de presentación: **Bolsa de polietileno**

3. ASPECTOS TECNICOS DE LA MUESTRA

Tamaño de la muestra: **1,166 g.**
 Fecha de recepción: **2014 / 10 / 07**
 Fecha de inicio del ensayo: **2014 / 10 / 09**
 Fecha de término del ensayo: **2014 / 10 / 15**

4. ENSAYOS Y RESULTADOS:

Ensayos Microbiológicos	Resultados
Coliformes fecales o termotolerantes (NMP/g)	11×10^5
Formas parasitarias (en 2g)	0

NMP/g: Número más probable por g. Límite de confiabilidad: 95% Coliformes fecales: límite inferior: 4×10^2 , límite superior: 35×10^3 . N° parásitos/ 2g.

5. MÉTODOS:

- Coliformes fecales: **ICMSF- Traducción 2000, 2da ed. Edit Acribia. Pág. 131– 145.**
- Formas parasitarias: **Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. Pág. 48 – 53.**

6. OBSERVACIONES:

- Prohibida la reproducción total y parcial de este informe, sin la autorización de BioSLab E.I.R.L.
- Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre la muestra proporcionada por el solicitante.

Ica, 15 de octubre del 2014.

Rosa B. Altamirano Diaz
 DOCTORA EN GESTION AMBIENTAL
 GERENTE TECNICO

BioSLab E.I.R.L.
 Calle Fermín Tanguis 150 Urb. San Miguel Ica.
 Telefax: 212834, e-mail: bioslabeiri@gmail.com

Elaborado: Gerencia Técnica	Revisado: Gerencia de Calidad	Aprobado: Gerencia General 2010/10/11
-----------------------------	-------------------------------	---------------------------------------

FORMATO 2. INFORME DE ENSAYO N° DIC1002-2.R15


**INFORME DE ENSAYO
N° DIC1002-2.R15**

SOLICITANTE :	AKUT PERÚ S.A.C.
DOMICILIO LEGAL :	Jr. Mariano Melgar N° 233 Urb. Santa Cruz Miraflores, Lima,
SOLICITADO POR :	Julián Gonzales
SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:	SSA N° 730-15 Cadena de Custodia N° 2513-15/CERTIMIN
REFERENCIA :	Monitoreo de Calidad de Lodos
FECHA DE MUESTREO :	2015/11/28
PROTOCOLO :	--
TIPO DE MUESTRA:	Lodos
NÚMERO DE MUESTRAS :	1
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Bolsas selladas.
CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS	Muestras en buenas condiciones para los análisis solicitados.
FECHA DE RECEPCIÓN :	Martes, 15 de Diciembre de 2015
IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Según se indica
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :	2015-12-15 al 2015-12-21
FECHA DE REPORTE :	Lunes, 21 de Diciembre de 2015
PERIODO DE CUSTODIA :	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.

SANTOS OROYA ROJAS
Gerente de Laboratorios
CIP. 053644
Lima, 17 de Marzo de 2016



INFORME DE ENSAYO
N° DIC1002-2.R15

RESULTADOS

Muestras		Elementos			
N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Limite de Detección LD	MON0000	MON0000	MA1345	MA1346
		Fecha Monitoreo	Tipo Muestra	ST %	SV %
1	LP2 - PTAR Boca del Rio - Emapiaco	2015-11-26 16:30:00	Lodos	71.4	19.1

Muestras proporcionadas por el cliente.

Página 3 de 4



INFORME DE ENSAYO
N° DIC1002-2.R15

CONTROL DE CALIDAD

Muestras QC		Elementos	
N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Limite de Detección LD	MA1345	MA1346
		ST %	SV %
1	LP2 - PTAR Boca del Rio - Emapiaco (Original)	71.4	19.1
2	LP2 - PTAR Boca del Rio - Emapiaco (Dup)	70.9	18.6

Página 4 de 4



SUPLEMENTO AL INFORME DE ENSAYO
N° DIC1002-2.R15

METODOS DE ENSAYO Y CODIGOS DE SERVICIO

N°	Descripción			
Analito	Denominación	Cod. Serv	(1) Norma o Referencia	
1	ST	Sólidos Totales	MA1345	Adaptado SMEWW 22nd Ed. 2012. Part-2540 B Pág 2-64 APHA AWWA WEF. Total Dried at 103-105 °C
2	SV	SV	MA1346	Adaptado SMEWW 22nd Ed. 2012. Part-2540 E. Pág 2-67. APHA AWWA WEF Fixed and Volatile Solids Ignited at 550 °C

FORMATO 3. INFORME DE ENSAYO N° 3-237 49/15



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 3-23749/15

Pag. 1/2

Solicitante : AKUT PERÚ S.A.C.
Domicilio Legal : Cal. Mariano Melgar Nro. 233 Urb. Santa Cruz – Miraflores – Lima - Lima
Producto Declarado : LODO
Cantidad de muestra para ensayo : 01 muestra x 1,8 kg
Muestra proporcionada por el Solicitante
Forma de Presentación : En frasco de plástico, cerrado
Identificación de la muestra : LUGAR DE MUESTREO: PTAR-EMAPISCO
Fecha de Recepción : 2015 - 11 - 27
Fecha de Inicio del ensayo : 2015 - 11 - 28
Fecha de Término del ensayo : 2015 - 12 - 10
Ensayo realizado en : Laboratorio Ambiental / Microbiología / Toxinas e Hidrobiología
Identificado con : H/S 15018440 (EXMA-04672-2015)
Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Análisis Microbiológico:

Ensayos	Resultados
Coliformes termotolerantes (NMP/100g)	1 100 000
(*) Salmonella (/25g)	Ausencia

(*) "El método no ha sido acreditado por el INACAL-DA"

Análisis Físico Químico:

Ensayo	Resultados
(*) Nitrógeno total (g/100g) (LD: 0.014 g/100g)	1,77

LD: Límite de detección

(*) "El método no ha sido acreditado por el INACAL-DA"

Análisis Hidrobiológico:**(*) Huevos de Helmintos:**

GRUPO	ORGANISMOS	ESPECIE	RESULTADOS (Huevos/L)
H E L M I N T O S	Tremátoda	Fasciola hepatica	< 1
		Paragonimus sp.	< 1
		Schistosoma sp.	< 1
		Clonorchis sp.	< 1
		Echinostoma sp.	< 1
	Céstoda	Taenia sp.	< 1
		Dipylidium sp.	< 1
		Hymenolepis sp.	< 1
		Diphyllobothrium sp.	< 1
		Ascaris sp.	< 1
	Nematoda	Ancylostoma sp / Necator sp.	< 1
		Trichostrongylus sp.	< 1
		Capillaria sp.	< 1
		Trichostrongylus sp.	< 1
		Strongyloides sp.	< 1
Acanthocephala	Enterobius sp.	< 1	
	Macracanthorhynchus sp.	< 1	

Nota: < 1 es equivalente a la no detección de huevos de helmintos.

(*) "El método no ha sido acreditado por INACAL - DA"



INFORME DE ENSAYO N° 3-23749/15

Pág. 22

Metales totales por ICP-MS:

Ensayos	Resultados
Magnesio (mg/kg) (L.D. 1,00 mg/kg)	2 459
Potasio (mg/kg) (L.D. 1,00 mg/kg)	1 273
Calcio (mg/kg) (L.D. 5,00 mg/kg)	68 059
Cromo (mg/kg) (L.D. 0,050 mg/kg)	13,84
Niquel (mg/kg) (L.D. 0,035 mg/kg)	12,40
Cobre (mg/kg) (L.D. 0,030 mg/kg)	84,45
Zinc (mg/kg) (L.D. 0,050 mg/kg)	371,32
Arsénico (mg/kg) (L.D. 0,050 mg/kg)	7 203
Cadmio (mg/kg) (L.D. 0,020 mg/kg)	1,164
Mercurio (mg/kg) (L.D. 0,010 mg/kg)	< 0,010
Plomo (mg/kg) (L.D. 0,020 mg/kg)	36,36

L.D. Límite de Detección

Métodos:

Coliformes termotolerantes: SAEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 22 nd. Ed. 2012. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedures. Thermotolerant coliform test (EC medium).
 (*) **Salmonella**: ICMSF 2da. Edic. 1983. Vol. 1. Parte II, Pág. 172-176 Pto. 10 (a) y (c) 177-178 (Traducción de la Versión Original 1978) Reimpresión 2006. Editorial Acrobis. Salmonelas.
 (*) **Detección y/o Enumeración de Huevos de helmintos**: CERPER LE-ME-HPA (Método Validado) 2011. Detección y/o Enumeración de Huevos de Helmintos en Aguas: para uso y consumo humano, residual, subterránea y superficial.
 (*) **Nitrógeno total**: NOM 021 RECNAT-2000 Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos. Estudios, Muestreo y Análisis sección 7.3.17. Determinación de nitrógeno total.
Metales Totales Por ICP-MS: Magnesio, Potasio, Calcio, Cromo, Niquel, Cobre, Zinc, Arsénico, Cadmio, Mercurio, Plomo. EPA METHOD 6020A, Revision 1. 2007. Inductively coupled plasma-mass spectrometry

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

 Callao, 11 de Diciembre de 2015
 AA

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

 ING. ROSA PALOMINO LOO
 C.I.P. N° 40302
 JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

FORMATO 4. INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1520574

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1520574**

AKUT PERU S.A.C.

CAL. MARIANO MELGAR NRO. 233 URB. SANTA CRUZ

ENV / LB-341544-008

PTAR EMAPISCO

Fecha de Recepción SGS : 27-11-2015 09:53

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
AR-INGRESO
AR-SALIDA

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 02/12/2015

Roolo J. Manrique Torres
CIP 138834
Coordinador de Laboratorio

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1520574

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Referencia
EW_SGS_MAC04_CX	Subcontratado	Detección y/o Cuantificación de Huevos de Helmintos	SGS-MAC-ME-04-Rev.01. Detección y/o cuantificación de huevos de helmintos. (Validado).

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1520574

Parámetro	Met. de Ref.	Unidad	LD	26/11/2015 15:35	26/11/2015 15:45
FECHA DE MUESTREO					
HORA DE MUESTREO					
CATEGORIA				AGUA RESIDUAL DOMESTICA AR-INGRESO	AGUA RESIDUAL DOMESTICA AR-SALIDA
SUB CATEGORIA					
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					
Análisis Microbiológicos					
Ancylostoma sp/Necator sp	EW_SGS_MAC04_CX	huevos/litro	1	<1	<1
Ascaris lumbricoides	EW_SGS_MAC04_CX	huevos/litro	1	<1	<1
Capillaria sp.	EW_SGS_MAC04_CX	huevos/litro	1	<1	<1
Cionorchis sinensis	EW_SGS_MAC04_CX	huevos/litro	1	<1	<1
Diphyllobothrium sp.	EW_SGS_MAC04_CX	huevos/litro	1	<1	<1
Dipylidium sp.	EW_SGS_MAC04_CX	huevos/litro	1	<1	<1
Echinostoma sp.	EW_SGS_MAC04_CX	huevos/litro	1	<1	<1
Enterobius sp.	EW_SGS_MAC04_CX	huevos/litro	1	<1	<1
Fasciola Hepática	EW_SGS_MAC04_CX	huevos/litro	1	<1	<1
Hymenolepis sp.	EW_SGS_MAC04_CX	huevos/litro	1	5	<1
Macracanthorhynchus sp.	EW_SGS_MAC04_CX	huevos/litro	1	<1	<1
Paragonimus sp.	EW_SGS_MAC04_CX	huevos/litro	1	<1	<1
Schistosoma sp.	EW_SGS_MAC04_CX	huevos/litro	1	<1	<1
Strongyloides sp.	EW_SGS_MAC04_CX	huevos/litro	1	<1	<1
Taenia sp.	EW_SGS_MAC04_CX	huevos/litro	1	<1	<1
Toxocara sp.	EW_SGS_MAC04_CX	huevos/litro	1	<1	<1
Trichostrongylus sp.	EW_SGS_MAC04_CX	huevos/litro	1	<1	<1
Trichuris trichiura	EW_SGS_MAC04_CX	huevos/litro	1	<1	<1

FORMATO 5. INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1520575

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1520575**

AKUT PERU S.A.C.

CAL. MARIANO MELGAR NRO. 233 URB. SANTA CRUZ

ENV / LB-341544-009

PTAR EMAPISCO

Fecha de Recepción SGS : 27-11-2015 09:53

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo

LODO LP2

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 09/12/2015

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1520575**

Parámetro	Met. de Ref.	Unidad	LD	
FECHA DE MUESTREO				26/11/2015
HORA DE MUESTREO				10:00
MATRIZ				RESIDUOS SOLIDOS
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA				LODO LP2
Análisis Generales				
Potencial de Hidrógeno	ES EPA9046	pH	--	6.92
Humedad	ES NOM21_AS05	%	0.1	18.9 *
Fósforo Disponible	ES NOM21 AS10 11	mg/kg	0.2	55.8 *
Carbono Orgánico Total	ES SGS ME32	mg/kg	200	59.000 *
Bifenilos Policlorados				
Aroclor 1016	ES EPA8082 ECA	mg/kg	0.02	<0.02 *
Aroclor 1221	ES EPA8082 ECA	mg/kg	0.02	<0.02 *
Aroclor 1232	ES EPA8082 ECA	mg/kg	0.02	<0.02 *
Aroclor 1242	ES EPA8082 ECA	mg/kg	0.02	<0.02 *
Aroclor 1248	ES EPA8082 ECA	mg/kg	0.02	<0.02 *
Aroclor 1254	ES EPA8082 ECA	mg/kg	0.02	<0.02 *
Aroclor 1260	ES EPA8082 ECA	mg/kg	0.02	<0.02 *

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1520575**

CONTROL DE CALIDAD

LD: Límite de detección
MB: Blanco del proceso.
LC8 %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
M8 %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
M8D %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LD	Fecha	MB	DUP %RPD	LC8 %Recovery	M8 %Recovery	M8D %RPD
Aroclor 1016	mg/kg	0.02	27/11/2015	<0.02		92%	89%	4%
Aroclor 1221	mg/kg	0.02	27/11/2015	<0.02				
Aroclor 1232	mg/kg	0.02	27/11/2015	<0.02				
Aroclor 1242	mg/kg	0.02	27/11/2015	<0.02				
Aroclor 1248	mg/kg	0.02	27/11/2015	<0.02				
Aroclor 1254	mg/kg	0.02	27/11/2015	<0.02				
Aroclor 1260	mg/kg	0.02	27/11/2015	<0.02		92%	89%	4%
Potencial de Hidrógeno	pH	--	27/11/2015		1%	101%		
Humedad	%	0.1	27/11/2015		4%			
Fósforo Disponible	mg/kg	0.2	27/11/2015	<0.2				
Carbono Orgánico Total	mg/kg	200	27/11/2015		0%			

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1520575**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Referencia
ES_EPA8082_ECA	Callao	Bifenilos Policlorados	EPA 8082A 2007 Rev. 1 Polychlorinated Biphenyls (PCBs) by Gas Chromatography
ES_EPA9045	Callao	Potencial de Hidrógeno	EPA 9045D: 2004; Rev 4. - Soil and waste PH.
ES_NOM21_AS05	Callao	Humedad	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, ítem 7.1.5 AS-05, 2000, Humedad
ES_NOM21_AS10_11	Callao	Fósforo Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, ítem 7.1.10 AS-10, 2000. Determinación de Fósforo Disponible de suelos Neutros a Alcalinos/Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, ítem 7.1.11 AS-11, 2000. Determinación de Fósforo Disponible de suelos Ácidos a Neutros
ES_SGS_ME32	Callao	Carbono Orgánico Total	SGS-ENVIDIV-ME-32 : 2013; Rev.00 - Determinación de TOC en Suelos

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Los resultados de las muestras expresados en mg/Kg se calculan sobre base seca.

4.1.2. Análisis e interpretación de los resultados de los análisis en laboratorios.

CUADRO 1. CUADRO COMPARATIVO DE PARAMETROS PERMITIDOS PARA CONTAMINANTES Y RESULTADOS OBTENIDOS

PROTECCIÓN AMBIENTAL - LODOS Y BIOSÓLIDOS - ESPECIFICACIONES Y LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA SU APROVECHAMIENTO Y DISPOSICION FINAL				
CONTAMINANTE (determinados en forma total)		EXCELENTES mg/kg en base seca	BUENOS mg/kg en base seca	RESULTADOS EN PTAR mg/kg en base seca
	Arsénico	41	75	7,2
	Cadmio	39	85	1,1
	Cromo	1200	3000	13,84
	Cobre	1500	4300	84,85
	Plomo	300	840	36,36
	Mercurio	17	57	<0,010
	Niquel	420	420	12,40
	Zinc	2800	7500	371,32
<p>Porcentaje optimo de contaminantes en resultados obtenidos de los análisis de los Lodos extraídos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Empresa EMAPISCO S.A., de acuerdo a NOM 021 RECNAT-2000 (Especificaciones de fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos, Estudios, Muestreo Análisis para Nitrogeno Total.</p>				

CUADRO 2. RESULTADOS FISICOQUIMICOS PARA EL NITROGENO CONTENIDO EN LA MUESTRA

Análisis Físico Químico:	
Clase	Nitrogeno Total %
Muy Bajo	< 0.05
bajo	0.05 - 0.10
Medio	0.10 - 0.15
Alto	0.15 - 0.25
Muy Alto	< 0.25
De acuerdo a : EPA METHOD 6020A. Revision 1 2007	

CUADRO 3. CUADRO COMPARATIVO DE PARAMETROS PERMITIDOS PARA PATOGENOS Y PARASITOS Y RESULTADOS OBTENIDOS

Los Limites máximos permisibles de patogenos y parasitos en los lodos y biosólidos se establecen

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA PATOGENOS Y PARASITOS EN LODOS Y BIOSOLIDOS			
CLASE	INDICADOR BACTEREOLÓGICO DE CONTAMINACION	PATÓGENOS	PARÁSITOS
		coliformes fecales NMP/g en base seca	Salmonella spp NMP/g en base seca	huevos de helmintos /g en base seca
A	menor de 1 000	Menor de 3	Menor de 1 (a)
B	menor de 1 000	Menor de 3	Menor de 10
C	menor de 2 000 000	Menor de 300	Menor de 35

(a) Huevos de helmintos viables

CLASE	RESULTADOS BACTEREOLÓGICOS DE CONTAMINACION	RESULTADO DE PATÓGENOS	RESULTADO DE PARÁSITOS
		coliformes fecales NMP/g en base seca	Salmonella spp NMP/g en base seca	Huevos de Helmintos /g en base seca
A	menor de 1 000	AUSENCIA	< 1
B	menor de 1 000		< 1
C	1 100 000		< 1

< 1, es equivalente a la NO detección de Huevos de helminto, así mismo determinamos Samonella en base seca

* Estos resultados no han sido acreditados por **INACAI** (Instituto Nacional de calidad), ya que no existen procedimientos o normas peruanas para validar el metodo de cuantificación de los resultados.

CUADRO 4. DEFINICION DE TIPOS DE CONTAMINANTES HALLADOS EN LA MUESTRA

<i>Contaminante</i>	<i>Parámetro</i>	<i>Comentarios</i>
Partículas en suspensión	SSV y SSF	Los SS pueden dar lugar a depósitos de fango y generación de condiciones anaeróbicas en un medio acuático. Una cantidad excesiva de materia en suspensión puede colmatar el suelo
Substancias orgánicas biodegradables	DQO Y DBO5	Estas sustancias están compuestas principalmente por proteínas, carbohidratos y grasas. Una vez vertidas en el medio ambiente, su descomposición biológica puede dar lugar al agotamiento del oxígeno disuelto en las aguas receptoras y a la aparición de condiciones anaerobias
Microorganismos patógenos	Coliformes totales y coliformes fecales	<i>El agua actúa como vehículo en la transmisión de bacterias, virus y parásitos, produciendo numerosas enfermedades</i>
Nutrientes	Nitrogeno, fosforo, potasio	<i>El nitrógeno, el fósforo y el potasio son elementos nutritivos esenciales para el crecimiento de las plantas, y su presencia en el agua aumenta su valor para riego. Cuando se vierte nitrógeno o fósforo en el medio acuático, en el lado contrario puede producir eutrofización, y el nitrógeno puede llegar a contaminar las aguas subterráneas</i>
Acidez o alcalinidad	PH	<i>El pH del agua residual afecta la solubilidad de los metales, así como la alcalinidad del suelo. la presencia de agua residual industrial puede modificar el pH de forma significativa.</i>
Metales pesados	Elementos conocidos, tales como Cd, Zn, Ni, Hg, Mn, etc	<i>Algunos metales pesados se acumulan en el medio ambiente y son tóxicos para los animales y las plantas. Su presencia en el agua residual puede limitar su idoneidad para el riego</i>
Contenido en cloro	Cloro libre Cloro combinado	<i>Una concentración excesiva de cloro libre daña a las plantas, principalmente las sensibles. Debe señalarse la preocupación de la contaminación de las aguas por compuestos organoclorados. El cloro combinado, en concentraciones normales no afecta a las plantas</i>

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Este estudio se realizó para caracterizar los lodos y proponer su uso como mejorador de suelos, utilizando las siguientes técnicas de análisis: fluorescencia de rayos X, microscopía electrónica y espectroscopías de emisión, absorción atómica y UV visible.

También se llevaron a cabo análisis microbiológicos. Los lodos estudiados son ricos en materia orgánica (MO), macro y micro nutrientes y únicamente del 1 al 10% de la concentración total de elementos tóxicos se encuentran en formas solubles. Los resultados microbiológicos muestran la presencia de *Salmonella* sp y coliformes totales.

Se realizaron análisis cualitativos con equipo de fluorescencia de rayos X .

A partir de los resultados se definieron los elementos a cuantificar. Se determinaron los siguientes parámetros de rutina:

- pH en suspensión, empleando un potenciómetro
- densidad aparente &/cm³) m
- % de humedad, por pérdida de peso
- % de sólidos, por diferencia entre 100 y el porcentaje de humedad
- conductividad eléctrica. .
- aniones solubles (carbonatos, bicarbonatos y cloruros)
- materia orgánica, a partir de su pérdida por ignición.
- nitrógeno orgánico, mediante el método Kjeldahl
- fósforo total, determinado por colorimetría, con un espectrofotómetro.

Por su composición, los lodos se consideran adecuados para mejorar la calidad de los suelos y se plantea poder calcular las dosis de aplicación máximas y evitar la acumulación de metales potencialmente tóxicos.

Con este estudio se valida nuestra hipótesis, la propuesta del manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales puede ser utilizado positivamente para el mejoramiento de la calidad de suelo en la ciudad Pisco.

Resultados y objetivos de desarrollo del proyecto

A. Logros del Proyecto

El Proyecto ha sido evaluado y financiado desde diciembre de 2015 mediante compromisos con la Municipalidad de Pisco y EMAPISCO, que conjuntamente con el interesado han visto por conveniente realizar los análisis de los lodos, que

nos permitan tener un claro panorama de las ventajas y bondades de estos lodos que se utilizaran en la Agricultura.

La PRES aparece como el mayor ejecutor en la etapa de emergencia e contaminaciones, mientras que el MTC lidera la ejecución en proyectos de la etapa rehabilitación urgente y reconstrucción. El MINAG por su parte, es el mayor ejecutor en la etapa de prevención con los proyectos de adquisición de maquinaria pesada y semillas y fertilizantes.

B. Nivel actualmente esperado de logro de los Objetivos del Proyecto

Dada la naturaleza del evento, no se definieron detalladamente durante la etapa de diseño del Programa, indicadores que describieran el impacto esperado con la ejecución del Programa, expresados en términos de cantidad, calidad y tiempo.

Sin embargo, en cuanto al nivel alcanzado de logro del Objetivo del Programa se debe señalar que la ejecución de los dos componentes y la obtención de los productos esperados, permitió como previsto:

- ▶ proteger la vida y la salud de las poblaciones ubicadas en zonas sensibles a la ocurrencia del tratamiento,
- ▶ proteger la producción y la infraestructura económica y social en riesgo, y
- ▶ evitar o minimizar la paralización o interrupción de los procesos de contaminación y reúso de los lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales.

En lo que respecta al nivel actualmente esperado de logro del objetivo del Programa se puede señalar que se ha alcanzado plenamente el objetivo previsto.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- A. La agricultura es el principal sector consumidor de recursos hídricos; la disponibilidad hace que en algunas zonas sea necesario emplear otros recursos, como aguas residuales domésticas. Aunque siempre es recomendable tratarlas antes de su uso, en la práctica predomina en todos los países de América Latina el empleo de aguas residuales crudas, diluidas en cuerpos de agua superficiales y, en menor proporción, el de aguas tratadas, aunque no necesariamente de forma adecuada.
- B. El empleo seguro en actividades agrícolas requiere un tratamiento y un manejo apropiados. El reuso de aguas residuales es recomendado principalmente para aquellos cultivos que sufrirán una transformación industrial; sin embargo, en América Latina hay un uso elevado en cultivos de consumo directo, como el de hortalizas, lo que representa riesgos para la salud pública que deben ser considerados.
- C. Independientemente del tipo de cultivo, los requerimientos mínimos para el uso seguro de aguas residuales en la agricultura deben ser los establecidos por la OMS, en términos de variables microbiológicas y de calidad físico-química por la FAO. Además, como en las aguas residuales existen elementos que pueden afectar el desarrollo de los cultivos y las características físico-químicas del suelo, es esencial tener también en cuenta parámetros adicionales, como contenidos de Na, Ca, Mg y B.
- D. La selección de la tecnología de tratamiento del agua residual deberá considerar aspectos como tipo de suelo y de cultivos para ser regados, ya que la presencia de diferentes formas de N en las aguas residuales dependerá del tipo de tratamiento

- E. Para garantizar un manejo adecuado de las aguas residuales en actividades agrícolas con un mínimo riesgo, sería recomendable que los países hicieran un manejo integrado de los recursos hídricos, que considere la participación y el compromiso de todos los organismos relacionados con los temas ambientales y agrícolas, como ministerios del ambiente y de agricultura, corporaciones ambientales, instituciones no gubernamentales, instituciones de investigación y el sector productivo

RECOMENDACIONES

1. Las Municipalidades deben implementar programas de capacitación y educación medio ambiental, que permitan a la población tener conocimiento y compromiso con su ciudad, en el cuidado y desarrollo de las actividades, como son las plantas de tratamiento de aguas residuales.
2. Comprometer a las autoridades encargadas a desarrollar campañas y programas que permitan minimizar la contaminación, en nuestra ciudad.
3. Los Centros de Prevenciones de riesgos del ministerio de salud deben actuar de manera inmediata en situaciones de emergencia ocurridos por contaminación y epidemias.
4. Dichas acciones preventivas se ocuparan en buscar lugares adecuados para proponer una disposición final de los residuos sólidos, teniendo en cuenta que los lodos contenidos en estos son bastantes contaminantes para la salud.
5. Debe haber una cultura de reuso de estos lodos en los campos de cultivo de la zona, para su mayor aprovechamiento. Para lo cual se debe planificar los mecanismos de disposición y entrega a los agricultores de la región.
6. Par un mejor control de los niveles permisibles del incremento microbiológico en los lodos se debe de realizar estas pruebas de laboratorio de acuerdo a un periodo determinado por los parámetros antes referidos
7. Para el reúso de aguas residuales se aconseja realizar siempre un tratamiento preliminar y primario; el tratamiento secundario, además de remover de manera eficiente materia orgánica y sólidos suspendidos

FUENTES DE INFORMACIÓN BIBLIOGRAFIA

- a. Cepis (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). 2003. Inventario de la situación actual de las aguas residuales domésticas en Colombia.
- b. Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina: realidad y potencial. Perú. En: www.cepis.ops.oms.org; consulta: septiembre de 2006.
- c. Reuso de agua y nutrientes. Centro de información, gestión y educación ambiental (Cigea).
- d. Lara, J.A. y A. Hernández. 2003. Reutilización de aguas residuales: aprovechamiento de los nutrientes en riego agrícola. Seminario internacional sobre métodos naturales para el tratamiento de aguas residuales. Instituto Cinara, Universidad del Valle. pp. 237-242. Madera, C., P.V. Steen y H. Gijzen. 2003.
- e. Sistemas combinados para el tratamiento de aguas residuales basados en tanques sépticosfiltro anaerobio y humedales subsuperficiales. Revista Ingeniería y Competitividad 7(2), 5-10. Mara, D. y S. Carnicross. 1990.
- f. Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura. Organización Mundial de la Salud (OMS), Ginebra Jiménez, M. (2000).
- g. Límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público. México. Secretaria de recursos naturales y ambiente. 1997.
- h. Decreto ejecutivo 26042-S-MINAE. Reglamento para regular las descargas y reuso de aguas residuales. Costa Rica. Silva, J. 2008.
- i. Reuso del agua residual tratada en la planta de tratamiento de aguas residuales de Cañaveralejo PTAR-C en el cultivo de caña de azúcar.
- j. Tesis de maestría (en desarrollo). Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali. Teorema Ambiental. 2003. Estirar el agua mediante su uso eficiente y reuso.
- k. Optimización del tratamiento químico de las aguas residuales de la ciudad de Cali con diagramas de coagulación-floculación. Revista Epiciclos 4(1), 113-125. Torres, P., J. Cerón, R. Pomar y C. Madera. 2016.

ANEXO
MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROPUESTA DE MANEJO DE LOS LODOS RESIDUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y SU REUSO EN LA AGRICULTURA EN LA CIUDAD DE PISCO, REGION ICA_ 2016

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>1.4.1 Problema principal ¿En qué medida la propuesta de manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales influye en su reúso en la agricultura en la ciudad Pisco - región de Ica - 2016?</p> <p>1.3.2 Problemas Secundarios</p> <p>PS.1. ¿Influye la propuesta del manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales y el reúso en la agricultura de en el aspecto social de la ciudad Pisco - región de Ica - 2016?</p>	<p>1.4.1. Objetivo general Conocer en qué medida el manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales influye en su reúso en la agricultura en la ciudad Pisco - región de Ica - 2016</p> <p>1.4.2. Objetivos específicos OE.1. Demostrar cómo el manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales influye en el aspecto social en la ciudad Pisco - región de Ica - 2016</p> <p>OE.2. Demostrar cómo el manejo de los lodos residuales de la</p>	<p>1.5.1 Hipótesis General La propuesta del manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales influye en su reúso en la agricultura influye de la ciudad Pisco - región de Ica – 2016.</p> <p>1.5.1. Hipótesis Secundarias HS.1. La propuesta del manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales y el reúso en la agricultura influye en el aspecto social de la ciudad Pisco - región de Ica - 2016.</p>	<p>1.6.1.Variable Independiente Cantidad de Lodos residuales en la planta de tratamiento de aguas residuales.</p> <p>A Indicadores Cantidad de Lodo acumulados por día</p> <p>B Índices Metros cubicos (Mt. 3)</p> <p>1.6.2. Variable Dependiente Reutilización en la agricultura</p> <p>A Indicadores</p>	<p>1.14 Tipo y Nivel de la Investigación 1.14.1 Tipo de investigación Según el propósito de la investigación es de tipo Aplicada-Etiológica debido a que se utilizan los conocimientos en la práctica para identificar las causas del problema en estudio, para utilizarlas en beneficio de la comunidad.</p> <p>1.14.2 Nivel de investigación La presente investigación es de nivel Analítica, dado que no sólo persigue describir o acercarse a un problema, sino que intenta encontrar las causas del mismo.</p> <p>1.15 Método y Diseño de la</p>

<p>PS.2. ¿Influye la propuesta del manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales y el reúso en la agricultura residuales en el rendimiento económico de la ciudad Pisco - región de Ica - 2016?</p> <p>PS.3. ¿Influye la propuesta del manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales y el reúso en la agricultura en el impacto medio ambiental de la ciudad Pisco - región de Ica – 2016?</p>	<p>planta de tratamiento de aguas residuales influye en el rendimiento económico en la ciudad Pisco - región de Ica - 2016</p> <p>OE.3. Demostrar cómo el manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales influye en el impacto medio ambiental en la ciudad Pisco - región de Ica – 2016</p>	<p>HS.2. La propuesta del manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales y el reúso en la agricultura influye en el rendimiento económico de la ciudad Pisco - región de Ica - 2016</p> <p>HS.3. La propuesta del manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales y el reúso en la agricultura influye en el impacto medio ambiental de la ciudad Pisco - región de Ica - 2016.</p>	<p>Calidad de Lodo reutilizado</p> <p>B Índices</p> <p>Valores fisicoquímicos, microbiológicos, térmicos de calidad de lodo</p>	<p>Investigación</p> <p>1.15.1 Método de la investigación</p> <p>El método que se utilizará será el inductivo ya que nos permitirá obtener conclusiones generales a partir de premisas particulares.</p> <p>Para realizar la prueba de hipótesis se tendrá en cuenta los resultados según tabulación, con un nivel de confianza de 95% y un margen de error del 5%.</p> <p>1.15.2 Diseño de la investigación</p> <p>Teniendo en cuenta el tipo de investigación, el diseño empleado es un diseño descriptivo, evaluativo que se representa de la siguiente manera:</p> <p style="text-align: center;">N Ox ----- I</p> <p>Según este diseño, se someterá a un análisis evaluativo a todas las acciones referidas, ya que la planta de aguas servidas viene funcionando en el ámbito de estudio.</p> <p>1.16 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información</p> <p>1.16.1 Técnicas</p> <p>Las principales técnicas que utilizaremos en la investigación son:</p>
--	--	--	--	---

				<p>Evaluación y análisis en laboratorios Encuestas y entrevistas Observación de datos estadísticos.</p> <p>1.16.2 Instrumentos Formatos estructurados para el análisis. Laboratorios Guías de procedimientos en laboratorio.</p>
--	--	--	--	---

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Canal de entrada

Es una estructura para el ingreso del flujo ubicado encima de la losa intermedia de la estación de bombeo proyectada.

Desarenadores

Sistema accionado por una válvula de bola, para evacuar las aguas de tal manera que queden depositadas en el fondo las arenas y poderlas retirar manualmente hacia los lechos de secado.

Sistema de aforo.

Vertedero triangular, deriva el flujo por un canal al final del cual se encuentra la entrada de estas hacia el tanque de succión.

Sistema de bombeo.

Una vez se retiran de las aguas residuales las arenas, basuras y demás material grueso, estas llegan al tanque de succión en donde son conducidas hacia el RAFA mediante bombas sumergibles

La zona de entrada

Es un canal que distribuye las aguas residuales por cuatro vertederos rectangulares que vierten sobre bajantes, los cuales las dirigen hacia el fondo, donde se extienden y serán provistos con orificios a todo lo largo del reactor, para distribuir uniformemente el flujo ascendente.

Zona de gases.

Son dos placas deflectoras vaciadas en concreto, que dirigen los gases producidos en las campanas de almacenamiento de donde salen por una tubería hacia el quemador de gases.

Zona de lodos.

Zona donde se evacua los lodos digeridos, se conectan mediante una válvula de apertura rápida, que permite evacuarlos hacia los lechos de secado.

ANEXO DE TABLAS

TABLA 1.	CAUDAL DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA REGION LIMA	41
TABLA 2.	GENERACION DE AGUA RESIDUAL Y FORMA DE TRATAMIENTO EN LIMA METROPOLITANA	42

ANEXO DE FORMATOS

FORMATO 1.	ENSAYO N°2087/10-2014	44
FORMATO 2.	INFORME DE ENSAYO N° DIC1002-2.R15	45
FORMATO 3.	INFORME DE ENSAYO N° 3-237 49/15	47
FORMATO 4.	INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1520574	49
FORMATO 5.	INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1520575	51

ANEXO DE CUADROS

CUADRO 1.	CUADRO COMPARATIVO DE PARAMETROS PERMITIDOS PARA CONTAMINANTES Y RESULTADOS OBTENIDOS	54
CUADRO 2.	RESULTADOS FISICOQUIMICOS PARA EL NITROGENO CONTENIDO EN LA MUESTRA	54
CUADRO 3.	CUADRO COMPARATIVO DE PARAMETROS PERMITIDOS PARA PATOGENOS Y PARASITOS Y RESULTADOS OBTENIDOS	55
CUADRO 4.	DEFINICION DE TIPOS DE CONTAMINANTES HALLADOS EN LA MUESTRA	56

ANEXO DE FIGURAS

FIGURA 1.	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PROVINCIA DE PISCO	20
FIGURA 2.	PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	28

DIPOSITIVAS DE SUSTENTACION



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

**PROPUESTA DE MANEJO DE LOS LODOS RESIDUALES DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y SU
REUSO EN LA AGRICULTURA EN LA CIUDAD DE PISCO,
REGION ICA_ 2016**

PRESENTADO POR EL BACHILLER

EBERT VALERY FALCONI GARAY

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**PISCO - PERÚ
2017**

RESUMEN

- La Tesis desarrollada, es un trabajo que lleva como título: "PROPUESTA DE MANEJO DE LOS LODOS RESIDUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y SU REUSO EN LA AGRICULTURA EN LA CIUDAD DE PISCO, REGION ICA_ 2016" y tiene como propósito hacer conocer en qué medida se puede utilizar los lodos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales, que durante los últimos años ha incrementado la preocupación de los profesionales relacionados al sector ambiental, debido a que debe realizarse la disposición final de dichos lodos dándole un uso adecuado y beneficioso para la población, en este caso se ha realizado los análisis respectivos para asegurar un uso seguro y positivo para la fertilización de los cultivos de la región, tomando en cuenta, el contenido de muchos compuestos que nos van a permitir, realizar un uso de los lodos con seguridad, responsabilidad y logrando el equilibrio en la composición del suelo, dándole y recuperando la composición óptima para una mejor producción

Delimitaciones del Problema

- **Delimitaciones**
- **Delimitación Espacial.** - Pisco - Región Ica.
- **Delimitación Temporal.** – Año 2016
- **Delimitación Social.** – Población de Pisco de la Región de Ica.

Definición del Problema

- La población afectada por la inadecuada gestión integral de los efectos dados como consecuencia de la planta de tratamiento de aguas residuales, que se originan debido a la falta de prevención a dichos eventos, propios de la acción a desarrollarse. Debemos precisar que el presente proyecto está circunscrito únicamente sobre la población de Pisco - Región ICA.

Problema principal

¿En qué medida la propuesta de manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales influye en su reúso en la agricultura en la ciudad Pisco - región de Ica - 2016?

Objetivo general

Conocer en qué medida el manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales influye en su reúso en la agricultura en la ciudad Pisco - región de Ica - 2016

Hipótesis General

La propuesta del manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales y el reúso en la agricultura influye de la ciudad Pisco - región de Ica – 2016.

Variable Independiente

Cantidad de Lodos residuales en la planta de tratamiento de aguas residuales.

A Indicadores: Cantidad de Lodo acumulados por día

B Índices: Metros cúbicos (Mt.)

Variable Dependiente

Reutilización en la agricultura

A Indicadores: Calidad de Lodo reutilizado

B Índices: Valores fisicoquímicos , microbiológicos, térmicos de calidad de lodo

• Método de la investigación

El método que se utilizará será el inductivo ya que nos permitirá obtener conclusiones generales a partir de premisas particulares.

Para realizar la prueba de hipótesis se tendrá en cuenta los resultados según tabulación, con un nivel de confianza de 95% y un margen de error del 5%.

• Diseño de la investigación

Teniendo en cuenta el tipo de investigación, el diseño empleado es un diseño descriptivo, evaluativo.

Según este diseño, se someterá a un análisis evaluativo a todas las acciones referidas, ya que la planta de aguas servidas viene funcionando en el ámbito de estudio.

Antecedentes del estudio.

Actualmente se cuenta con numerosas iniciativas para tratar las alteraciones negativas provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales y como utilizar los lodos en forma de fertilizantes y compuestos de recuperación de suelos, en un país que como el Perú que tiene antecedentes históricos, de ser agroexportador, consideramos que:

En todos los países del mundo se da tratamiento a la aguas residuales, ya sea para su reutilización o como medida de prevención de enfermedades .

Así en países de América latina como en Chile, Brasil, Argentina se ha logrado un avance significativo en la tecnología empleada para este fin.

En Pisco existe 01 planta de tratamiento de aguas residuales que nos brinda un buen trabajo, alcanzando logros óptimos, que permiten satisfacción en los objetivos, pero, con este estudio, logramos darle una disposición final a los lodos y lograr un apoyo para la Agricultura.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PROVINCIA DE PISCO



Estudio de factibilidad

Factibilidad técnica

El trabajo de investigación es técnicamente factible ya que dispone de los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto, estos son proporcionados por instituciones que buscan prevenir el impacto y contaminación ocurridos por efecto de tratamiento, en nuestra Región constantemente.

Factibilidad operativa

Se cuenta con los conocimientos necesarios para el manejo de las diversas herramientas de desarrollo del trabajo de investigación.

Se cuenta con el apoyo de las autoridades del sector industrial, así como de la Empresa Municipal de Agua de Pisco EMAPISCO, Autoridad Local del Agua de Pisco ANA, además se dispone de información valiosa necesarias para llevar cabo el proyecto.

Factibilidad económica

La realización del proyecto de investigación ha sido factible debido a que los costos en su mayoría han sido solventados de manera personal, sobre todo para los gastos de los laboratorios privados, sin embargo se reconoce el aporte valioso de la empresa EMAPISCO por el apoyo brindado en sus instalaciones.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

ENSAYO N° 2087 / 10 - 2014		Revisión: 02						
INFORME DE ENSAYO		Páginas: 1 de 1						
<p>1. DATOS DEL SOLICITANTE: Nombre o razón social: FALCONI GARAY EBERT VALERY Domicilio legal: Jr. Grau Mz. 9, Lote 10 – Túpac Amaru Inca – Ica - Ica</p>								
<p>2. DATOS DEL PRODUCTO: Tipo de muestra: Lodo Identificación de la muestra: Lodo tratado Procedencia: Laguna de Oxidación Boca del Rio - Pisco Punto de muestreo: Área de tratamiento de lodos Toma de muestra: 2014 / 10 / 07 Hora: 17:00 h Muestra tomada por: Ebert Falconi Garay Botes de polietileno</p>								
<p>3. ASPECTOS TECNICOS DE LA MUESTRA Tamaño de la muestra: 1,160 g Fecha de recepción: 2014 / 10 / 07 Fecha de inicio del ensayo: 2014 / 10 / 09 Fecha de término del ensayo: 2014 / 10 / 15</p>								
<p>4. ENSAYOS Y RESULTADOS:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ensayos Microbiológicos</th> <th>Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Coliformes fecales o termotolerantes (NMP/1g)</td> <td>11 x 10³</td> </tr> <tr> <td>Formas parasitarias (en 2g)</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>NMP/1g: Número más probable por g. Límite de confiabilidad: 95% Coliformes fecales: límite inferior: 4 x 10²; límite superior: 35 x 10². N° parásitos/2g.</p>			Ensayos Microbiológicos	Resultados	Coliformes fecales o termotolerantes (NMP/1g)	11 x 10 ³	Formas parasitarias (en 2g)	0
Ensayos Microbiológicos	Resultados							
Coliformes fecales o termotolerantes (NMP/1g)	11 x 10 ³							
Formas parasitarias (en 2g)	0							
<p>5. MÉTODOS: • Coliformes fecales: ICMSF - Traducción 2000, 2da ed., Edit. Acribia. Pág. 131- 145. • Formas parasitarias: Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. Pág. 49 - 53.</p>								
<p>6. OBSERVACIONES: • Prohíbase la reproducción total y parcial de este informe, sin la autorización de BioSLab E.I.R.L. • Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre la muestra proporcionada por el solicitante.</p>								
<p>Ica, 15 de octubre del 2014.</p>								
<p>BioSLab E.I.R.L. Calle Fermín Tangüis 150 Urb. San Miguel Ica. Teléfono: 212954, e-mail: bioslaberr@gmail.com</p>								
<p>Elaborado: Gerencia Técnica Revisado: Gerencia de Calidad Aprobado: Gerencia General 2010/10/11</p>								


**INFORME DE ENSAYO
N° DIC1002-2.R15**

SOLICITANTE :	AKUT PERU S.A.C.
DOMICILIO LEGAL :	Jr. Mariano Melgar N° 233 Urb. Santa Cruz Miraflores, Lima.
SOLICITADO POR :	Julían Gonzales
SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:	SSA N° 730-15 Cadena de Custodia N° 2513-15/CERTIMIN
REFERENCIA :	Monitoreo de Calidad de Lodos
FECHA DE MUESTREO :	2015/11/28
PROTOCOLO :	--
TIPO DE MUESTRA:	Lodos
NÚMERO DE MUESTRAS :	1
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Bolsas selladas.
CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS	Muestras en buenas condiciones para los análisis solicitados.
FECHA DE RECEPCIÓN :	Martes, 15 de Diciembre de 2015
IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Según se indica
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :	2015-12-15 al 2015-12-21
FECHA DE REPORTE :	Lunes, 21 de Diciembre de 2015
PERIODO DE CUSTODIA :	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.

SANTOS OROYA ROJAS
Gerente de Laboratorios
CIP: 652644
Lima, 17 de Marzo de 2016

*Por medio de la reproducción total o parcial de este informe, en la autorización escrita de CERTIMIN S.A.
*La calidad de los análisis se garantiza al haberse realizado con una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados corresponden a los reactivos indicados.

**CUADRO COMPARATIVO DE PARAMETROS PERMITIDOS
PARA CONTAMINANTES Y RESULTADOS OBTENIDOS**
**PROTECCIÓN AMBIENTAL - LODOS Y BIOSÓLIDOS - ESPECIFICACIONES Y LIMITES MAXIMOS
PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA SU APROVECHAMIENTO Y DISPOSICION FINAL**
Tabla N° 1

CONTAMINANTE (determinados en forma total)	EXCELENTES mg/kg en base seca	BUENOS mg/kg en base seca	RESULTADOS EN PTAR mg/kg en base seca
Arsénico	41	75	7,2
Cadmio	39	85	1,1
Cromo	1200	3000	13,84
Cobre	1500	4300	84,85
Plomo	300	840	36,36
Mercurio	17	57	<0,010
Niquel	420	420	12,40
Zinc	2800	7500	371,32

Porcentaje optimo de contaminantes en resultados obtenidos de los análisis de los Lodos extraídos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Empresa EMAPISCO S.A., de acuerdo a NOM 021 RECNAT-2000 (Especificaciones de fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos, Estudios, Muestreo Análisis para Nitrogeno Total.

Análisis Físico Químico:

Clase	Nitrogeno Total %
Muy Bajo	< 0.05
bajo	0.05 - 0.10
Medio	0.10 - 0.15
Alto	0.15 - 0.25
Muy Alto	< 0.25

De acuerdo a : EPA METHOD 6020A. Revision 1 2007

Los Límites máximos permisibles de patógenos y parásitos en los lodos y biosólidos se establecen

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA PATOGENOS Y PARASITOS EN LODOS Y BIOSOLIDOS

CLASE	INDICADOR BACTEREOLÓGICO DE CONTAMINACION	PATÓGENOS	PARÁSITOS
	coliformes fecales NMP/g en base seca	Salmonella spp NMP/g en base seca	huevos de helmintos /g en base seca
A	menor de 1 000	Menor de 3	Menor de 1 (a)
B	menor de 1 000	Menor de 3	Menor de 10
C	menor de 2 000 000	Menor de 300	Menor de 35

(a) Huevos de helmintos viables

CLASE	RESULTADOS BACTEREOLÓGICOS DE CONTAMINACION	RESULTADO DE PATÓGENOS	RESULTADO DE PARÁSITOS
	coliformes fecales NMP/g en base seca	Salmonella spp NMP/g en base seca	Huevos de Helmintos /g en base seca
A	menor de 1 000	AUSENCIA	< 1
B	menor de 1 000		< 1
C	1 100 000		< 1

< 1, es equivalente a la NO detección de Huevos de helminto, así mismo determinamos Samonella en base seca

* Estos resultados no han sido acreditados por INACAI (Instituto Nacional de calidad), ya que no existen procedimientos o normas peruanas para validar el método de cuantificación de los resultados.

CUADRO 4. DEFINICION DE TIPOS DE CONTAMINANTES HALLADOS EN LA MUESTRA

Contaminante	Parametro	Comentarios
Partículas en suspensión	SSV y SSF	Los SS pueden dar lugar a depósitos de fango y generación de condiciones anaeróbicas en un medio acuático. Una cantidad excesiva de materia en suspensión puede colmatar el suelo
Substancias orgánicas biodegradables	DQO y DBO5	Estas sustancias están compuestas principalmente por proteínas, carbohidratos y grasas. Una vez vertidas en el medio ambiente, su descomposición biológica puede dar lugar al agotamiento del oxígeno disuelto en las aguas receptoras y a la aparición de condiciones anaerobias
Microorganismos patógenos	Coliformes totales y coliformes fecales	El agua actúa como vehículo en la transmisión de bacterias, virus y parásitos, produciendo numerosas enfermedades
Nutrientes	Nitrógeno, fosforo, potasio	El nitrógeno, el fósforo y el potasio son elementos nutritivos esenciales para el crecimiento de las plantas, y su presencia en el agua aumenta su valor para riego. Cuando se vierte nitrógeno o fósforo en el medio acuático, en el lado contrario puede producir eutrofización, y el nitrógeno puede llegar a contaminar las aguas subterráneas

Acidez o alcalinidad	PH	El pH del agua residual afecta la solubilidad de los metales, así como la alcalinidad del suelo. La presencia de agua residual industrial puede modificar el pH de forma significativa.
Metales pesados	Elementos conocidos, tales como Cd, Zn, Ni, Hg, Mn, etc.	Algunos metales pesados se acumulan en el medio ambiente y son tóxicos para los animales y las plantas. Su presencia en el agua residual puede limitar su idoneidad para el riego
Contenido en cloro	Cloro libre Cloro combinado	Una concentración excesiva de cloro libre daña a las plantas, principalmente las sensibles. Debe señalarse la preocupación de la contaminación de las aguas por compuestos organoclorados. El cloro combinado, en concentraciones normales no afecta a las plantas

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este estudio se realizó para caracterizar los lodos y proponer su uso como mejorador de suelos, utilizando las siguientes técnicas de análisis: fluorescencia de rayos X, microscopía electrónica y espectroscopías de emisión, absorción atómica y UV visible.

También se llevaron a cabo análisis microbiológicos. Los lodos estudiados son ricos en materia orgánica (MO), macro y micro nutrientes y únicamente del 1 al 10% de la concentración total de elementos tóxicos se encuentran en formas solubles. Los resultados microbiológicos muestran la presencia de *Salmonella* sp y coliformes totales.

Se realizaron análisis cualitativos con equipo de fluorescencia de rayos X. A partir de los resultados se definieron los elementos a cuantificar. Se determinaron los siguientes parámetros de rutina:

- pH en suspensión, empleando un potenciómetro
- densidad aparente (g/cm^3)
- % de humedad, por pérdida de peso
- % de sólidos, por diferencia entre 100 y el porcentaje de humedad
- conductividad eléctrica.
- aniones solubles (carbonatos, bicarbonatos y cloruros)
- materia orgánica, a partir de su pérdida por ignición.
- nitrógeno orgánico, mediante el método Kjeldahl
- fósforo total, determinado por colorimetría, con un espectrofotómetro

Por su composición, los lodos se consideran adecuados para mejorar la calidad de los suelos y se plantea poder calcular las dosis de aplicación máximas y evitar la acumulación de metales potencialmente tóxicos.

Con este estudio se valida nuestra hipótesis, la propuesta del manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales puede ser utilizado positivamente para el mejoramiento de la calidad de suelo en la ciudad Pisco.

CONCLUSIONES

- La agricultura es el principal sector consumidor de recursos hídricos; la disponibilidad hace que en algunas zonas sea necesario emplear otros recursos, como aguas residuales domésticas. Aunque siempre es recomendable tratarlas antes de su uso, en la práctica predomina en todos los países de América Latina el empleo de aguas residuales crudas, diluidas en cuerpos de agua superficiales y, en menor proporción, el de aguas tratadas, aunque no necesariamente de forma adecuada.
- El empleo seguro en actividades agrícolas requiere un tratamiento y un manejo apropiados. El reuso de aguas residuales es recomendado principalmente para aquellos cultivos que sufrirán una transformación industrial; sin embargo, en América Latina hay un uso elevado en cultivos de consumo directo, como el de hortalizas, lo que representa riesgos para la salud pública que deben ser considerados.
- Independientemente del tipo de cultivo, los requerimientos mínimos para el uso seguro de aguas residuales en la agricultura deben ser los establecidos por la OMS, en términos de variables microbiológicas y de calidad físico-química por la FAO. Además, como en las aguas residuales existen elementos que pueden afectar el desarrollo de los cultivos y las características físico-químicas del suelo, es esencial tener también en cuenta parámetros adicionales, como contenidos de Na, Ca, Mg y B.

- La selección de la tecnología de tratamiento del agua residual deberá considerar aspectos como tipo de suelo y de cultivos para ser regados, ya que la presencia de diferentes formas de N en las aguas residuales dependerá del tipo de tratamiento
- Para garantizar un manejo adecuado de las aguas residuales en actividades agrícolas con un mínimo riesgo, sería recomendable que los países hicieran un manejo integrado de los recursos hídricos, que considere la participación y el compromiso de todos los organismos relacionados con los temas ambientales y agrícolas, como ministerios del ambiente y de agricultura, corporaciones ambientales, instituciones no gubernamentales, instituciones de investigación y el sector productivo

RECOMENDACIONES

Las Municipalidades deben implementar programas de capacitación y educación medio ambiental, que permitan a la población tener conocimiento y compromiso con su ciudad, en el cuidado y desarrollo de las actividades, como son las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Comprometer a las autoridades encargadas a desarrollar campañas y programas que permitan minimizar la contaminación, en nuestra ciudad.

Los Centros de Prevenciones de riesgos del ministerio de salud deben actuar de manera inmediata en situaciones de emergencia ocurridos por contaminación y epidemias.

Dichas acciones preventivas se ocuparan en buscar lugares adecuados para proponer una disposición final de los residuos sólidos, teniendo en cuenta que los lodos contenidos en estos son bastantes contaminantes para la salud.

- Debe haber una cultura de reuso de estos lodos en los campos de cultivo de la zona, para su mayor aprovechamiento. Para lo cual se debe planificar los mecanismos de disposición y entrega a los agricultores de la región.
- Par un mejor control de los niveles permisibles del incremento microbiológico en los lodos se debe de realizar estas pruebas de laboratorio de acuerdo a un periodo determinado por los parámetros antes referidos
- Para el reúso de aguas residuales se aconseja realizar siempre un tratamiento preliminar y primario; el tratamiento secundario, además de remover de manera eficiente materia orgánica y sólidos suspendidos



Gracias

