

**“Año de la lucha contra la corrupción e impunidad”**

**UNIVERSIDAD SANTO DOMINGO DE GUZMÁN  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**



**Tratamiento de Aguas Residuales para su Reúso y Aprovechamiento en la Universidad  
“Santo Domingo De Guzmán”**

**Línea de Investigación:** Emprendimiento y Teoría de la economía nacional e internacional.  
Responsabilidad social empresarial.

**Equipo de Investigación:  
Vicerrectorado de Investigación**

**Dra. Tania Rosales Cifuentes (Investigador Principal)**

Dra. Marisol Sarmiento Alvarado  
Dra. Ludmilan Zambrano Steensma  
Dr. José Brito Garcías

**Financiamiento del Proyecto de Investigación:** Universidad Santo Domingo de Guzmán

**Colaboradores:**

Elec. Roel Reyes Vasquez  
Sr. Grimaldo Segovia

Jicamarca, Marzo, 2019.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### Contenido

Resumen.....	iii
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Descripción del problema.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 El Problema.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3    Objetivos de la Investigación.....</b>	<b>10</b>
<b>1.4    Importancia y alcances de la investigación.....</b>	<b>10</b>
<b>1.5 Alcances de la investigación.....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>12</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Antecedentes.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Bases teóricas.....</b>	<b>17</b>
2.2.1 Aguas residuales.....	17
2.2.4 Aguas tratadas.....	20
2.2.7 Áreas Verdes de Lima y la demanda de agua para riego. Moscoso (2011, p. 57). .....	25
2.2.8 Biodigestor Autolimpiable.....	26
2.2.9 Responsabilidad Social Universitaria.....	31
2.2.10 Sistema de Riego por Goteo.....	32
2.2.11. Árboles que "inhalan" la contaminación.....	32
<b>2.3    Sistemas de variables.....</b>	<b>34</b>
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>36</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>36</b>
<b>3.1 Diseño de investigación.....</b>	<b>36</b>
<b>3.2    Tipo de investigación y sus Fases.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3    Métodos de investigación.....</b>	<b>40</b>
<b>3.4    Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....</b>	<b>40</b>
<b>3.5    Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....</b>	<b>40</b>
<b>3.6    Tratamiento estadístico.....</b>	<b>41</b>
<b>3.7    Estructura tentativa del informe.....</b>	<b>41</b>
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>42</b>

<b>LOS RESULTADOS</b> .....	42
<b>CAPÍTULO V</b> .....	53
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	53
<b>CONCLUSIONES</b> .....	53
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	54
<b>REFERENCIAS</b> .....	55
<b>ANEXOS</b> .....	57

## TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA SU REÚSO Y APROVECHAMIENTO EN LA UNIVERSIDAD “SANTO DOMINGO DE GUZMAN”

### Autores:

Dra. Tania Rosales Cifuentes (Investigador Principal)  
[trosales@usdg.edu.pe](mailto:trosales@usdg.edu.pe)

Dra. Marisol Sarmiento Alvarado  
[msarmiento@usdg.edu.pe](mailto:msarmiento@usdg.edu.pe)

Dra. Ludmilan Zambrano Steensma  
[lzambrano@usdg.edu.pe](mailto:lzambrano@usdg.edu.pe)

Dr. José Brito Garcías  
[jbrito@usdg.edu.pe](mailto:jbrito@usdg.edu.pe)

Jicamarca, Marzo, 2019.

### RESUMEN

El tratamiento de aguas residuales, es un proceso que comprende una serie de procedimientos físicos, químicos y biológicos, cuyo fin es eliminar los contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano, para su reúso y beneficio. Es un suceso aún más imperioso, cuando en algunas zonas no se cuenta con los servicios de agua para el consumo humano, ni las redes de desagüe, utilizando en su defecto silos, los cuales necesitan un tratamiento y mantenimiento que asegure la no contaminación del ambiente. Al estar almacenada el agua en los silos, esta pudiesen ser tratadas y aprovechadas para su reúso, teniendo en consideración el idóneo proceso y las pruebas necesarias para usos exigentes. Una de las soluciones más conocidas, para el control de la salida por aguas residuales, es tratarlas en plantas especializadas. Hoy día existen diversos métodos, como lo es la aplicación de microorganismos. En la Universidad Santo Domingo de Guzmán, comprometidos con la investigación, la mejora continua de los procesos educativos y con la responsabilidad social, procura efectuar el tratamiento de aguas residuales, a través de incorporación de un Biodigestor y su reúso para la arborización de la zona, como una primera fase. Investigación que se sustenta en el diseño no experimental, bajo el enfoque cuantitativo, y el método de experimento, se utilizaran las aguas provenientes del uso humano en las instalaciones de esta institución. Los resultados de este hallazgo representan un impacto ambiental, como un gran aprovechamiento de las aguas tratadas y su uso en inmediatas acciones que están estrechamente relacionadas con el ambiente, con el bienestar de la comunidad universitaria, con la sustentabilidad y su aprovechamiento social para el contexto de la misma.

**Palabras clave:** Aguas residuales, biodigestor, microorganismos, universidad.



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción del problema

A nivel mundial la escases y el tratamiento del agua sigue siendo una gran preocupación; diversas organizaciones como la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas (ONU) señalan algunas causas de ello; como el crecimiento de la población y el cambio climático, aunado a ello, la exigua conciencia poblacional sobre su utilización y aprovechamiento así como también de imperceptibles programas de reúso. El agua es el elemento más importante para la vida, ya que el desarrollo del ser humano pende de la misma. Según estas organizaciones el agua genera una interrelación de valor y de escasez, por ser considerado el bien económico de mayor importancia. La ONU-DAES. (2015, S/N) señala:

La mitad de la humanidad vive en la actualidad en ciudades y, dentro de dos décadas, casi el 60% de la población mundial habitará en núcleos urbanos. El crecimiento urbano es mayor en los países en desarrollo, donde las ciudades aumentan su población, de media, en 5 millones de habitantes al mes. La explosión del crecimiento urbano conlleva unos desafíos sin precedentes entre los que la falta de suministro de agua y saneamiento es el más urgente y lesivo.

De esta manera, las enfermedades como la diarrea o brotes de malaria y de cólera, son originadas por la falta de servicios idóneos en el abastecimiento de agua y desinfección de la misma. Por lo cual, este departamento, señala, que si bien, es cierto que las naciones en desarrollo, vienen procurando, el aseguramiento de suministro de este vital líquido, hay una desventaja con respecto al porcentaje de suministro versus el crecimiento poblacional y peor aún, en el desaprovechamiento del saneamiento. (ONU-DAES, 2015, S/N), expone “...que entre 1990 y 2008, 1.052 millones de ciudadanos obtuvieron acceso a fuentes de agua potable mejoradas y 813 millones a saneamiento mejorado, la población urbana creció durante ese periodo en cerca de 1.089 millones de personas...”.

Por lo cual, pareciese que el suministro de agua no será suficiente en función a la población urbana, y menos para aquellas localidades no urbanas, esta misma organización señala; “...que

653 millones de habitantes de zonas rurales carecen de acceso a una fuente mejora de agua potable...”. Ante estos hechos, se debe buscar alternativas al tratamiento actual de las aguas residuales es un tema de gran importancia.

En estos casos, se ha planteado el saneamiento constante, el uso bien administrado y consiente, pero también su tratamiento para el reúso y aprovechamiento. En cuanto al saneamiento; como elemento de derecho humano, para la salud y el ambiente, es importante su aseguramiento en las poblaciones, no obstante, se estima que 2.500 millones de personas carecen de acceso a saneamiento mejorado y alrededor de 1.000 millones practican la defecación al aire libre.

Con datos proporcionados por la (ONU-DAES, 2015, S/N) el 79% de la población mundial dispone de acceso a saneamiento mejorado, versus un 47% para la población rural. Lo que quiere decir, que existe un gran uso de redes de desagüe, sin embargo se tienen zonas menos favorecidas, en las cuales se debe hacer uso de otros mecanismos que permitan un saneamiento básico o mejorado; es decir optar por instalaciones higiénicas, entre ellos, inodoros o letrinas que vierten a un sistema de alcantarillado, a una fosa séptica o a una fosa de pozo simple, pozo negro mejorado con ventilación o pozo negro con losa y sistema de inodoros secos. Por lo que es importante el tratamiento y mantenimiento de estos sistemas.

Las aguas residuales, a través de lo que plantea la Organización Naciones Unidas (ONU, 2017, p. 17), son aquellas que ya han sido utilizadas y que para poder hacer reúso de las mismas, deben obligatoriamente se tratadas o sarneadas; este proceso debe emplearse de manera profesional, a fin de obtener los mejores logros. A pesar, de que la superficie del planeta Tierra, está conformado de un 70% de agua y tan sólo el 30% es tierra firme, en la actualidad, no todas las localidades se benefician de este vital liquido, y más aún, del agua potable. Y en gran medida el uso del agua, no se vuelve a recuperar.

De esta forma, las aguas residuales, van en aumento por el crecimiento poblacional y grandes cantidades de estas son arrojadas a mares, ríos, lagos y terrenos de cultivos sin tratamiento, y que como consecuencia genera enfermedades en las personas, sobre todo ancianos y niños por ser los más vulnerables. Diversas han sido las investigaciones, tanto a nivel internacional como nacional, que han aportado interesantes contribuciones científicas, para el tratamiento y reúso de las aguas residuales y merecen ser mencionadas.

Tales como Vinardell (2017), García (2016), Buenaño (2015), Medina (2017) y Cornejo (2014) sobre la importancia del agua en este mundo globalizado sumamente poblado, pero sobre todo en

las diversas técnicas muy profesionales o innovadoras y a bajo costo para el reúso y aprovechamiento del agua, como separación de afluentes, lodos activos, biodigestores y plantas de tratamiento.

En Perú, al igual que en muchos países de América Latina, ha sido un desafío, garantizar a toda la población el acceso, a los servicios de agua potable y de saneamiento, como elementos predominantes, en el cuidado de la salud pública, la superación de la pobreza, la dignidad humana, el crecimiento económico y la protección del medio ambiente. Para el año 2008, en este país se había desarrollado el servicio de suministro de agua y saneamiento en las zonas urbanas en un 80% y en las zonas rurales en un 36%. (Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL, 2008).

En Lima, la capital del Perú, es una ciudad que alberga a casi 10 millones de habitantes, de los cuales, 1,5 millones de su población, no cuentan con este recurso, es adquirido a un costo de hasta 10 veces más por metro cúbico de agua, a pesar de diversos programas sociales existentes, lo cual ocasiona restricciones y escasez de agua, teniendo el agravante de que en Lima nunca llueve. De igual forma, en cuanto al saneamiento, se utiliza el saneamiento mejorado y básico. Miglio, Miranda y Castro (2011) en su modelo demostrativo de tratamiento de aguas residuales para enseñanza a nivel escolar, señalan algunos datos interesantes:

Nuestro país no es ajeno a esta realidad, datos de la UNESCO reportan que el Perú ocupa el lugar 17 entre 180 países con mayor acceso al agua; pero ello no es del todo cierto, pues a pesar que geográficamente tenemos un extenso territorio y cuantiosos recursos hídricos, el 98% del agua corresponde a los ríos que discurren por la selva, mientras que solo el 1,7% circula por la costa donde se concentra el 70% de la población peruana. Por otro lado, muchas de las fuentes de agua disponible se encuentran altamente contaminadas por actividades domésticas, industriales y mineras. Si a este problema se agrega la falta de conciencia ambiental de la población peruana, la solución sería casi titánica, un ejemplo de ello es el río Rímac, principal abastecedor de agua a la ciudad de Lima, considerado como uno de los más contaminados del país, por la actitud de la población y las industrias. (p. 2).

## **1.2 El Problema**

En palabras de Brito (2018) es importante para esta investigación conocer sobre el Valle de Jicamarca y la Universidad Santo Domingo de Guzmán. Jicamarca es una localidad ubicada en el Distrito de San Antonio de Chaclla en la provincia de Huarochirí en la región Lima. La comunidad de Jicamarca y sus anexos 8 y 22 son oficialmente de la jurisdicción de la provincia de Huarochirí y

de la región Lima como es reseñado por la Dirección Nacional Técnica de Demarcación Territorial de la Presidencia del Consejo de Ministros la cual aprobó, mediante resolución jefatural N° 008-2010-PCM, el estudio de Diagnóstico y Zonificación de la Provincia de Huarochirí, documento elaborado por el Gobierno Regional de Lima, con lo que se fija los límites territoriales entre la provincia de Huarochirí y el Distrito de San Juan de Lurigancho en Lima Metropolitana.

Esta localidad, posee en su código de ubicación geográfica una latitud sur de  $12^{\circ}01'18''$  y una Longitud Oeste:  $76^{\circ}54'57''$ , y con una altitud de 280 msnm. A continuación se presenta el mapa número uno contentivo de la ubicación de Jicamarca en San Antonio de Chaclla, tal y como se puede observar en la figura 1.



**Figura 1. Ubicación Geográfica de la localidad de Jicamarca. Fuente: Google Maps.**

De igual forma en el mapa se pueden apreciar los límites de la región y sus poblaciones colindantes: Arahua, Santa Rosa de Quives, Carabayllo, Lurigancho, Ricardo de Palma, Callahuanca, entre otras. Jicamarca se encuentra ubicada, tal y como se mencionó en líneas anteriores, en el Distrito de San Antonio el cual está ubicado en la provincia de Huarochirí. La fundación de este distrito data del 4 de agosto de 1821 en la cuenca alta del río Rímac. Los límites de este distrito son los siguientes:

Al Norte: Con los Distritos de Santa Rosa de Quives y Arahuary de la Provincia de Canta. Al Este: Distritos de Huachupampa, San Pedro de Casta y Santa Eulalia de la Provincia de Huarochirí. Al Sur: Con el Distrito de San Juan de Lurigancho, y Lurigancho Chosica de la Provincia de Lima. Al Oeste: Con el Distrito de San Juan de Lurigancho, Comas y Carabayllo de la Provincia de Lima.

En cuanto a sus características climatológicas e hidrográficas; el distrito de San Antonio posee un clima variado y templado con humedad atmosférica y constante nubosidad durante el invierno, pero con lluvias frecuentes. En verano: la temperatura oscila entre 18°C y 22°C. En invierno, la temperatura es de 10°C. Es una zona con fuertes precipitaciones desde los efectos de la presencia del Fenómeno El Niño. En cuanto a su hidrografía se compone de un río que nace en los contrafuertes de la cordillera occidental de los Andes: la Cuenca del río Santa Eulalia.

La Fundación de Jicamarca, es una población que alberga una gran y diversa cantidad de centros poblados. Una parte de ella está conformada por el pueblo tradicional cuya constitución data de la fundación española, y la otra, se encuentra conformada por un conjunto de barriadas también llamados anexos en la parte baja de su territorio comunal, los cuales fueron originados por la expansión urbana de Lima con la cual llegaron un número considerable de migrantes en la zona y que dio origen a la conformación de estos asentamientos humanos. De esta manera la conformación de la parte baja de Jicamarca, estuvo configurada en primer lugar por la gran afluencia que tuvieron provincianos que se trasladaron hacia Lima. Esto trajo como consecuencia una expansión considerable de personas que se asentaron en Lima en los diferentes territorios o terrenos de Jicamarca, y la comunidad matriz les permitió establecerse en esas tierras.

Así se fueron conformando los llamados anexos, los cuales empezaron en sus inicios desde los años 1948 a 1980 formándose los primeros, unos asentados entre la margen derecha del río Rímac y la margen Izquierda del río Chillón. Luego se realizó entre los años 1980 y 1990 una formación acelerada donde surgieron la mitad de los anexos de la comunidad. En la actualidad Jicamarca fue declarado monumento histórico del Perú el 3 de Junio de 1991 y en Julio de 2010, los anexos 8 y 22, fueron declarados parte de la jurisdicción de la provincia de Huarochirí.

En el cuadro 1, se pueden evidenciar los indicadores de pobreza monetaria del Distrito San Antonio-Provincia Huarochirí.

**Cuadro 1. Indicadores de Pobreza Monetaria Distrito San Antonio-Provincia Huarocharí**

POBLACIÓN ESTIMADA (2017)	SUPERFICIE	DENSIDAD	POBREZA TOTAL		POBREZA EXTREMA	
5696 Hab	564 Km2	10 Hab/Km2	838	14.7%	195	3.4%

**Fuente:** INEI (2017) Información departamental, provincial y distrital de población que requiere atención adicional y devengado per cápita.

En relación al cuadro anterior se precisa que en cuanto a los indicadores de pobreza presentes en el Distrito San Antonio, el cual tiene una población censada según el INEI (2017) de 5.696 hab. Y donde está inmersa la localidad de Jicamarca, esta región que tiene una superficie de 564 Km2 posee una densidad de población de 10 habitantes por kilómetro cuadrado con una pobreza estimada en un 14.7% de su población y una pobreza extrema que alcanza un 3.4% de la misma.

Puede afirmarse que los habitantes en pobreza total y pobreza extrema suman un 18.1%. Es importante destacar que la población presenta un crecimiento demográfico porcentual de 8% ubicándose el grueso de la población en las zonas rurales. Es importante destacar que no toda la población se acogió al censo realizado. En cuanto a su actividad económica en la zona; la principal actividad Económica del distrito es la ganadería en la zona rural y el comercio en la zona urbana.

En referencia a esta localidad y el tratamiento de agua residuales en la investigación de Moscoso (2011) pone de manifiesto la realidad, que aún en los actuales momentos se vive. Este sector se encuentra en el lado oeste de Lima, en el siguiente cuadro se tienen las plantas de tratamiento de aguas residuales para el Oeste.

El cuadro permite deducir que el caudal actualmente tratado es de 3,178 l/s, equivale a solo el 17% de los 18,850 l/s de desagües que recolecta Sedapal en la ciudad. Por tal razón esta Empresa pretende elevar su cobertura de tratamiento al 100% mediante la implementación de los Megaproyectos de La Taboada y La Chira, que juntos tendrían una capacidad de 20 m3/s.

Se puede observar como en este sector las plantas de tratamiento son de propiedad de Sedapal y trabajan con la tecnología de lodos activos, lagunas anaeróbicas y aireadas prolongadas y continuas y lagunas facultativas.

**Cuadro 2. Relación de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en Lima Metropolitana**

No.	Nombre	Ubicación (distrito)	Operador	Tecnología	Caudal (l/s)	
					Diseño	Actual
<b>Zona Norte</b>					<b>870.90</b>	<b>1,010.90</b>
1	Ancón	Ancón	Sedapal	Lagunas facultativas	20.00	44.00
2	Jerusalem	Ancón	Ministerio de Defensa	Lagunas facultativas	70.00	15.00
3	Piedras Gordas	Ancón	Ministerio de Defensa	Lagunas facultativas	30.00	18.00
4	Club La Unión	Santa Rosa	Sedapal	Filtros percoladores	18.00	12.00
5	Ventanilla	Ventanilla	Sedapal	Lagunas anaerobicas y facultativas	250.00	366.00
6	El Mirador	Ventanilla	Municipalidad Distrital de Ventanilla	Humedales artificiales	3.50	3.50
7	Puente Piedra	San Martín de Porres	Sedapal	Lodos activados - CSBR-3	422.00	496.00
8	Callao	Callao	Municipalidad Provincial del Callao	Lodos activados - AGAR	13.90	13.90
9	Avenida Universitaria	Carabayllo	Municipalidad de Lima Metropolitana	Lodos activados	4.00	3.00
10	Manco Capac	Carabayllo	Municipalidad de Lima Metropolitana	Lagunas aireadas	3.00	3.00
11	Sinchi Roca	Comas	Municipalidad de Lima Metropolitana	Lagunas aireadas	25.00	25.00
12	Yoque Yupanqui	Los Olivos	Municipalidad de Lima Metropolitana	Lagunas aireadas	4.00	4.00
13	UNITRAR	Rimac	Universidad Nacional de Ingeniería	Reactor anaeróbico y lagunas facultativas	7.50	7.50
<b>Zona Este</b>					<b>623.00</b>	<b>564.20</b>
14	Nueva Sede-Atarjea	El Agustino	Sedapal	Lodos activados - aireación prolongada -compacta	1.00	1.00
15	San Antonio Carapongo	Lurigancho-Chosica	Sedapal	Lodos activados - aireación extendida	22.00	22.20
16	Carapongo	Ate- Vitarte	Sedapal	Lagunas anaeróbicas y aireadas	500.00	501.00
17	Cieneguilla	Cieneguilla	Sedapal	Lagunas facultativas	10.00	10.00
18	Manchay	Pachacamac	Sedapal	Lodos activados - ICEAS	90.00	30.00
<b>Zona Centro</b>					<b>79.13</b>	<b>75.16</b>
19	Club Golf de Lima	San Isidro	Empresa Club Golf de Lima	Lagunas aireadas	15.00	15.00
20	Miraflores	Miraflores	Municipalidad Distrital de Miraflores	Filtros percoladores	1.50	0.90
21	Jardines de la Paz	La Molina	Empresa Jardines de la Paz	Lodos activados - aireación extendida	6.00	5.25
22	Club Golf La Planicie	La Molina	Empresa Club de Golf La Planicie	Lagunas aireadas	15.00	15.00
23	Paseo del Bosque	San Borja	Mun. Distrital de San Borja	Lodos activados	2.00	2.00
24	Club Golf Los Incas	Santiago de Surco	Empresa Club de Golf Los Inkas	Lagunas facultativas	15.00	15.00
25	Surco	Santiago de Surco	Municipalidad Distrital de Surco	Lodos activados - aireación extendida	20.00	17.50
26	Inmaculada	Santiago de Surco	Colegio La Inmaculada	Lagunas facultativas	4.63	4.51
<b>Zona Sur</b>					<b>2,879.30</b>	<b>1,528.20</b>
27	San Juan	San Juan de Miraflores	Sedapal	Lagunas aireadas de sedimentación y pulimento	800.00	425.00
28	Huascar/Parque 26	Villa El Salvador	Sedapal	Lagunas aireadas de sedimentación y pulimento	170.00	77.00
29	Alameda Solidaridad	Villa El Salvador	Mun. Distrital de Villa El Salvador	Lodos activados - aireación extendida	6.00	6.00
30	Alameda de la Juventud	Villa El Salvador	Mun. Distrital de Villa El Salvador	Lodos activados - aireación extendida	5.00	5.00
31	Oasis de Villa	Villa El Salvador	Mun. Distrital de Villa El Salvador	Humedal artificial	0.30	0.20
32	José Galvez	Villa María del Triunfo	Sedapal	Reactor anaerobico y lagunas aireadas y sedimentación	100.00	64.00
33	Huerto Comunal	Villa María del Triunfo	Mun. Dist. de Villa María del Triunfo	Lodos activados	5.00	2.00
34	Nuevo Lurín	Lurín	Sedapal	Lagunas facultativas	10.00	21.00
35	San Pedro de Lurín	Lurín	Sedapal	lagunas anaerobicas y aireadas	20.00	24.00
36	San Bartolo	Lurín	Sedapal	Lagunas aireadas de sedimentación y pulimento	1,700.00	834.00
37	Julio c. Tello	Lurín	Sedapal	Lagunas facultativas	23.00	23.00
38	Punta Hermosa	Punta Hermosa	Mun. Distrital de Punta Hermosa	Lagunas facultativas	10.00	3.00
39	San Bartolo Sur	San Bartolo	Sedapal	Lodos activados	10.00	10.00
40	San Bartolo Norte	San Bartolo	Sedapal	Lodos activados	10.00	10.00
41	Pucusana	Pucusana	Sedapal	Lagunas facultativas	10.00	24.00
<b>TOTAL</b>					<b>4,452.33</b>	<b>3,178.46</b>

**Fuente:** IPES 2008, Sedapal 2009, Proinversión 2011 y Moscoso (2011).

Entre las tecnologías se tienen las siguientes:

**Cuadro 3. Tecnología de tratamiento utilizada en Lima**

Cod.	Tecnología de tratamiento	Plantas		Caudal	
		(No.)	(%)	(l/s)	(%)
1	Lagunas facultativas	10	24.39	130.51	4.64
2	Lagunas aireadas	5	12.20	62.00	2.20
3	Lagunas aireadas, de sedimentación y pulimento	3	7.32	1,244.00	44.21
4	Lagunas anaeróbicas, aireadas y pulimento	3	7.32	819.00	29.10
5	Reactor anaeróbico y lagunas facultativas	2	4.88	71.50	2.54
6	Lodos activados	14	34.15	476.48	16.93
7	Filtros percoladores	2	4.88	6.90	0.25
8	Humedales artificiales	2	4.88	3.70	0.13
	Total	41	100.00	2,814.09	100.00

**Fuente:** Moscoso (2011).

El 34.15% de las plantas trabajan con sistemas de lodos activados, pero solo tratan el 16.93% del agua procesada. En cambio, si bien solo tres plantas utilizan una combinación de lagunas aireadas, de sedimentación y pulimento, estas son las más grandes y manejan el 44.21% del agua residual tratada, por lo que se podría decir que es la tecnología más importante utilizada actualmente en Lima. Por otro lado, los sistemas combinados anaeróbicos-aeróbicos han tomado importancia en los últimos años, tales como lagunas anaeróbicas complementadas con aireadas y de pulimento (facultativas), que manejan el 29.10% del caudal tratado, así como los reactores anaeróbicos de flujo ascendente (RAFA) complementados con lagunas facultativas, pero que apenas tratan el 2.54% del agua residual. El sistema de lagunas de estabilización (facultativas) que es el más antiguo se mantienen solo en plantas medianas de 10 a 20 l/s y que tratan casi el 5% del agua residual, ya que la mayor parte de estas plantas fueron remplazadas o modernizadas por los sistemas aireados y anaeróbicos ahora existentes. Los filtros percoladores y humedales artificiales juntos manejan apenas el 0.4% del agua tratada, debido a que se han concentrado en experiencias pequeñas y pilotos para el riego de áreas verdes muy específicas. La mayor experiencia del país en el tratamiento de las aguas residuales domésticas es el uso de lagunas de estabilización facultativas, que se inició desde los años 60 en San Juan de Miraflores al Sur de Lima y que luego se replicó en otras partes de Lima y el Perú. Moscoso (2011, p. 34).

En la Universidad “Santo Domingo de Guzmán”, ubicada en el Sector El Valle, Jicamarca S/N – Huarochirí, la recolección de sus aguas de uso humano, están siendo depositadas en silos, es decir, según el sistema de saneamiento básico, los cuales ameritan un proceso de tratamiento y mantenimiento idóneo, que no genere ningún tipo de contaminación y a su vez proporcione una seguridad ambiental. Asimismo, el servicio servido de agua, es adquirido por medio de cisternas que continuamente abastecen la institución. Todo este proceso, trae consigo una gran inversión de dinero, para el suministro del agua para el consumo humano en esta institución, por lo cual debe recurrir a nuevas alternativas que le permitan subsanar tal situación, aunado a ello, se tiene, la

inversión y el cuidado de igual forma, de los silos. Si bien, se ha comentado inicialmente, que existen diversas técnicas para el aprovechamiento de las aguas residuales, almacenadas en el sistema de saneamiento básico, esta Universidad, se plantea las siguientes interrogantes:

¿Cuáles son los beneficios para la Universidad “Santo Domingo de Guzmán, por el tratamiento de las aguas residuales?, ¿Cuál es el estado del proceso de saneamiento básico en la Universidad “Santo Domingo de Guzmán?, ¿Cuál de las diversas técnicas especializadas se puede utilizar en el tratamiento de aguas residuales en la Universidad “Santo Domingo de Guzmán?, ¿En qué medida se debe implementar el tratamiento, de aguas residuales con técnicas especializadas en la Universidad “Santo Domingo de Guzmán?. Y por último ¿Cuáles podrían ser los nuevos alcances a partir de los resultados obtenidos, para el proceso de riego ambiental y la descontaminación por polvo en el territorio de la universidad?.

Con base a ello, esta casa de estudio, comprometida con sus diversas funciones y responsabilidades, de enseñanza y de investigación se suma la responsabilidad social universitaria, tanto para con los miembros de la propia universidad, como para con los grupos organizados de la comunidad local, quienes a su vez tienen urgentes necesidades y puedan carecer de recursos y habilidades para resolverlos. Según Melgar et al. (2015):

La inclusión de la Responsabilidad Social - RS - en las universidades es fundamental para el desarrollo de estudiantes éticos y comprometidos con su entorno, así mismo permite crear una visión más amplia de las necesidades de la comunidad y generar profesionistas capaces de satisfacerlas, causando un impacto positivo en el medio ambiente y la sociedad de la que depende la máxima casa de estudios.

Esto responde a las políticas de esta institución y a la cultura organizacional destacada en este momento del tiempo en Perú. De allí, la imperiosa necesidad de desarrollar proyectos amigables en el medio ambiente del plantea, por lo cual se presenta la elaboración de un plan piloto para tratar las aguas residuales provenientes de su consumo, con el objeto de corregir e implementar áreas verdes en los terrenos libres, permitiendo mejorar la calidad de aire, suelo y la vida de las personas, considerando a la universidad sostenible ambientalmente, mediante el reúso de las aguas tratadas, dando énfasis a las políticas de estado nacional, basados en la competitividad del país con enfoque de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y calidad del medio ambiente.

La importancia estará basada en el desarrollo investigativo de los docentes, el impacto en el contexto social de la universidad y el aprendizaje de los estudiantes, mediante la implementación de un sistema de tratamiento de las aguas servidas con microorganismos benéficos que tiene la

potencialidad para desinfectar los ambientes, quitar olores y regenerar zonas contaminadas. El proyecto permitirá el logro de ambientes saludables en la “Universidad Santo Domingo de Guzmán”, comprometida en contribuir con la mejora de la capa de ozono del planeta.

### **1.3 Objetivos de la Investigación**

#### **1.3.1 General**

Demostrar los beneficios para la Universidad “Santo Domingo de Guzmán, por el tratamiento de las aguas residuales

#### **1.3.2 Específicos**

- Establecer el estado del proceso de saneamiento básico en la Universidad “Santo Domingo de Guzmán.
- Determinar la más óptima y accesible de las técnicas especializadas en el tratamiento de aguas residuales en la Universidad “Santo Domingo de Guzmán.
- Implementar el tratamiento de aguas residuales con técnicas especializadas en la Universidad “Santo Domingo de Guzmán”.
- Proponer un nuevo alcance para el proceso de riego ambiental y la descontaminación por polvo en el territorio de la universidad, a partir de los resultados obtenidos.

### **1.4 Importancia y alcances de la investigación**

#### **Importancia**

La importancia del proyecto enfoca al desarrollo de las actividades productivas de la universidad enmarcada en la implementación de áreas verdes, forestales, arbóreas y ornamentales, que generará un ecosistema natural, produciendo oxígeno libre de contaminación, purificación del aire, formando micro y macro nutrientes al suelo y mejorando su calidad, por consiguiente la estructura del suelo, con implicancias a la mejora en:

- Calidad de vida, para alumnos, docentes y poblaciones aledañas.
- Áreas verdes

- Ambientes saludables.
- Descontaminación del ambiente.
- Gestión del agua
- Universidad amigable con el medio ambiente.
- Protección de la capa de ozono.

### **1.5 Alcances de la investigación**

La presente investigación tiene como alcance contribuir a mejorar el medio ambiente, impulsando el reciclaje de aguas residuales para su tratamiento y reúso, como propiedad de la universidad, que conlleve a la eficiencia del recurso agua.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

##### A nivel internacional

Vinardell (2017) en su tesis denominada *Separación de efluentes y descentralización para el sistema de tratamiento de las aguas residuales*, Universidad de Girona, para optar al grado de Ingeniería Química. Cuyo objetivo principal del trabajo ha sido estudiar la viabilidad de la sustitución de un sistema convencional de lodos activados por un sistema basado en la separación de efluentes en el origen, descentralizado el tratamiento de las aguas negras y centralizando el tratamiento de las aguas grises (configuración híbrida de tratamiento). Además, también se ha evaluado si era mejor la eliminación o la recuperación del nitrógeno de la línea de tratamiento de las aguas negras.

Y expone que la planta convencional de lodos activados ha sido la configuración para el tratamiento de las aguas residuales más utilizada desde que la depuración de las aguas devino una prioridad para la sociedad. Aun así, este sistema está reconocido como un proceso insostenible que no está focalizado en obtener un uso eficiente de la energía (biogás), agua y nutrientes. A escala global, el crecimiento demográfico en grandes núcleos de población es una realidad, por lo que la construcción de nuevos barrios es un tema que considerar en los próximos años. Ante estos hechos, buscar alternativas al tratamiento actual de las aguas residuales es un tema de gran importancia. En este sentido, la separación de las aguas de las viviendas en dos flujos; uno para las aguas del inodoro (aguas negras) y otro para los otros flujos de agua (aguas grises), unido al tratamiento descentralizado y separado de estos, es una posible opción para tratar las aguas de estos nuevos núcleos de población. La propuesta alternativa no se puede entender sin la gran diferencia en las características de las aguas negras con respecto a las grises. Las aguas negras tienen una alta concentración en materia orgánica (10560 mg/L de DQO) y en nutrientes como el fósforo o el nitrógeno (306 y 2500 mg/L respectivamente), por lo que tienen un gran potencial de recuperación de energía (biogás) y nutrientes que pueden ser utilizados como fertilizantes (estruvita y sulfato de amonio). Por el contrario, las aguas grises tienen una concentración muy inferior tanto en materia orgánica (472,2 mg/L) como en fósforo y nitrógeno (4,6 y 8,2 mg/L respectivamente). El trabajo consistió en llevar a cabo el diseño de dos nuevos barrios de 30000 habitantes, para ser comparados. Cada barrio se dividió en pequeños

bloques (distritos) de 1200 habitantes. El barrio que trataba sus aguas residuales con un sistema convencional de lodos activados constaba de una única canalización en las viviendas. Por el contrario, en el segundo barrio se trataban las aguas con la configuración híbrida, constando de dos canalizaciones de evacuación del agua; una para las aguas negras y otra para las grises. Las aguas grises eran evacuadas a un sistema centralizado, donde se trataba el agua de todos los distritos. Las aguas negras eran evacuadas mediante inodoros al vacío, y eran tratadas en 25 tratamientos descentralizados, uno para cada distrito. Las aguas negras tratadas no tenían la calidad suficiente para ser vertidas, por lo que se unieron con el flujo de grises, para ser tratadas conjuntamente en el sistema centralizado. Los resultados del estudio permitieron determinar que la mejor opción desde el punto de vista económico era seguir utilizando un sistema de lodos activados (63.973.389 €). Dentro los tratamientos híbridos, la mejor opción fue la eliminación del nitrógeno en comparación con su recuperación (68.234.129 y 68.934.133 € respectivamente). Estos mayores costes de las alternativas híbridas son principalmente causados por el elevado importe que supone llevar a cabo dobles canalizaciones en las viviendas. Por último, se pudo concluir que, aunque la propuesta alternativa para el tratamiento de las aguas residuales tiene una serie de ventajas ambientales y económicas importantes que pueden devenir claves en un futuro, a día de hoy se necesita una gran inversión en R+D+I para poder superar los obstáculos que supone este sistema de tratamiento.

García (2016). Diseño de un Biodigestor para el mejoramiento de las aguas residuales en la parroquia de Tumbaco ejemplificado en los barrios Tola Chica, Tola Grande y Santa Rosa. Universidad San Francisco de Quito, para optar al título de Ingeniera Civil.

En este proyecto de tesis se realizó el diseño de un biodigestor, el cual permite un tratamiento eficiente de las aguas residuales que provienen de la Parroquia de Tumbaco específicamente en los barrios de Tola Chica, Tola Grande y Santa Rosa, además los residuos que quedan en el biodigestor permite la utilización de abonos orgánicos y bio- fertilizantes en lugar de abonos sintéticos que se usan con frecuencia y el uso excesivo de estos aumentan la contaminación de los recursos naturales más importantes como son: el suelo, aire y agua. En un comienzo es esencial delimitar la zona de estudio en el Mapa Censal de la Parroquia de Tumbaco o en la Carta Topográfica emitida por el IGM. Es importante tener un reconocimiento del lugar es decir los datos generales del lugar como el tipo de suelo predominante, La calidad del agua, el alcantarillado, la precipitación y los cultivos típicos que se dan en la zona como: el aguacate, limón, chirimoya, etc. Un factor muy importante para el avance del proyecto es saber el número de habitantes de los barrios de interés, pues el crecimiento poblacional es de gran influencia en el deterioro de las aguas subterráneas y domesticas que desembocan en las quebradas, ríos y mares aumentando la contaminación ambiental. Además la población futura permite hacer un diseño de biodigestor apto con una vida útil de 20 años. Hoy en día el crecimiento poblacional y la falta de conciencia ecológica aceleran la contaminación del medio ambiente, los ingenieros construyen para satisfacer las necesidades básicas del hombre, sin tomar en cuenta el

daño que se está causando a nuestra naturaleza, es por esto que por medio de este documento invito a todos los ingenieros a construir obras civiles ambientales sostenibles que mejoren la calidad del ambiente para que nuestras generaciones futuras habiten en un mundo sin contaminación. Finalmente, existen proyectos en el Ecuador que producen energía renovable como la hidroeléctrica Coca Codo Sinclair, el Relleno Sanitario Pichacay en Cuenca que pretende producir biogás a través de los residuos sólidos de la ciudad, es decir almacenan su biomasa y el biogás que se produce los destruyen en un equipo de combustión interna para producir energía limpia, se estima que obtendrán 2 KW/h, y venderán el Kilovatio en once centavos. En otros países como los Emiratos Árabes consientes que un día se terminara su petróleo, empezaron a construir desde hace algunos años construcciones amigables al medio ambiente utilizando paneles fotovoltaicos que captan la energía solar, aprovechando la energía eólica del viento y la geotérmica del suelo. Existen muchas formas de construir en favor de la naturaleza, estamos a tiempo de empezar un cambio positivo. Para terminar el trabajo presenta una evaluación del impacto ambiental que es cualquier daño que se puede causar al ambiente en la fase de construcción, operación y mantenimiento. Se indican las dimensiones de los biodigestores y un presupuesto referencial que permite ver que tan viable es el proyecto.

Buenaño (2015) en su investigación para optar al título Tecnóloga en Agua y Saneamiento Ambiental de en la Universidad Escuela Politécnica Nacional de Quito, denominada Síntesis y Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Su objetivo fue Proponer una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), para una envasadora de leche en el Cantón Rumiñahui, para que el efluente cumpla con la norma técnica ambiental del Texto Unificado de Legislación Ambiental (T.U.L.A.S.).

La Empresa envasadora de lácteos para las descargas de sus efluentes líquidos al Sistema de Alcantarillado Público. De acuerdo al análisis de los monitoreos realizados a los efluentes líquidos de la empresa env 111 · Se concluye que para obtener una muestra representativa de las descargas liquidas durante todo el día se debe realizar un muestreo de tipo compuesto. · Se concluye que de acuerdo a los resultados obtenidos de la primera y segunda prueba de jarras, la dosis óptima del compuesto coagulante (Policloruro de Aluminio) que se debería administrar durante el tratamiento del efluente es de 250 mg/l. · Para la propuesta de la planta de tratamiento de este proyecto, no se considera la dosificación del Floculante (Poliacrilamida), ya que al obtener el resultado deseado solo con la dosis de coagulante, no es necesaria su aplicación, evitando realizar gastos innecesarios durante la operación de la planta. · De acuerdo a los resultados emitidos por el laboratorio, de las muestras tomadas de los ensayos de simulación de la planta de tratamiento, se concluye que los parámetros de DBO, DQO, sólidos suspendidos y sólidos totales han disminuido su concentración después de haber sometido las muestras de agua a los dos procesos simulados: Clarificación y Clarificación más aireación. · La eficiencia de remoción obtenida en el proceso de clarificación simulado en el laboratorio es de 59.59%, siendo mayor que el porcentaje

de eficiencia de remoción de los procesos de clarificación más aireación simulados, que es de 50.72%. Es por esta razón y con el fin de minimizar los gastos durante la implementación de la planta de tratamiento, se omite el proceso de aireación. · La primera alternativa de tratamiento se compone por el proceso de clarificación y desinfección; como segunda alternativa tiene el mismo proceso acompañado con filtración; como tercera alternativa se planteó el proceso de clarificación y filtración acompañado con aireación y desinfección; y como cuarta alternativa en su primera instancia se compone 112 de una torre de enfriamiento y reguladores de pH como acondicionamiento del agua previo el tratamiento clarificación, aireación, filtración y desinfección. · En todas las alternativas antes descritas se obtiene como resultado del tratamiento de las descargas líquidas, la cantidad de lodos con altos contenidos de humedad que deben ser manejados antes de su disposición final, por lo cual se propuso en todas las alternativas implementar camas de secado de lodos. · Las cuatro alternativas propuestas se encuentran acorde al objetivo deseado con respecto a la calidad del agua que debe tener, para que cumpla la normativa vigente previo a ser descargadas al sistema de alcantarillado, minimizando el impacto ambiental y evitando así futuras sanciones por el ente regulador. · Para efectos del pre-diseño de la planta, se escogió la alternativa cuatro como propuesta óptima del tratamiento de las descargas líquidas de la empresa envasadora de lácteos. · La propuesta óptima (alternativa 4), consta de una torre de enfriamiento un tanque de homogenización con un sistema de ORP de regulación de pH, proceso de clarificación, aireación, filtración y desinfección, además para la deshidratación de los lodos, una cama de secado de lodos. · Para los procesos/operaciones de disminución de temperatura, regulación de pH, y parte del proceso de clarificación se puede prescindir de la compra de ciertos materiales, disminuyendo así los costos de inversión inicial, optimizando los recursos de la empresa. · La propuesta final de la planta de tratamiento consta de 5 procesos/operaciones: Homogenización, Clarificación, Filtración Desinfección y Secado de lodos, que encuentran en función de costos de inversión inicial y costos de funcionamiento. Se concluye que al considerar los materiales y equipos disponibles en la empresa que pueden ser adaptados en la implementación de la planta de tratamiento de la misma empresa, los costos disminuyen significativamente, en comparación a los costos que generaría adquirir en el mercado los procesos/ operaciones en su paquete total. · Se puede concluir que el sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto para la empresa envasadora de lácteos se trata de un conjunto de unidades de tratamiento, procesos químicos y operaciones físicas, que actúan conjuntamente, dando como resultados la disminución de la concentración de los parámetros DBO, DQO y sólidos suspendidos, manteniéndolos por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la Tabla 11. “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público”, del ANEXO 1, libro VI del Texto Único de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS).

### **A nivel nacional**

Cedrón y Cribilleros (2017). Tesis “Diagnóstico del Sistema de Aguas Residuales en Salaverry y Propuesta de Solución”.

El sistema de tratamiento de aguas residuales correspondiente a los distritos de Moche y Salaverry, ubicados en la zona sur oeste de la ciudad de Trujillo está compuesto por tres plantas de tratamientos de aguas residuales que procesan los afluentes de seis cuencas: Moche Pueblo, Las Delicias, Taquila, Miramar, Alto Salaverry y Salaverry Pueblo. Las PTAR están conformadas por lagunas de estabilización con tratamientos primarios y secundarios, sin embargo, las pruebas químicas realizadas en los efluentes no cumplen con los parámetros establecidos por la SUNASS, especialmente la Demanda Biológica de Oxígeno y la concentración de coliformes, vertiendo aguas contaminadas al mar. En tal sentido en el presente trabajo se propone efectuar un diagnóstico del estado situacional de las PTAR, con la finalidad de verificar la problemática de los sistemas de tratamiento utilizadas, así como su capacidad para procesar las aguas residuales de la cuencas mencionadas, con un enfoque que permita minimizar la complejidad de la operación y mantenimiento de las diferentes plantas y permita la reutilización de las aguas en proyectos agrícolas, la producción de gas y abonos para de ese modo contribuir a mitigar el impacto ambiental causado por dichas plantas. Para tal efecto se ha investigado en campo el estado de la operación y mantenimiento, se ha recolectado información relevante de la empresa concesionaria del servicio y se ha entrevistado a personal profesional experto en el tema, para llegar a un diagnóstico coherente que determine elementos de juicio que permitan diseñar a nivel de anteproyecto una PTAR que cumpla con los requisitos formales y el propósito fundamental de la presente investigación. Como producto del diagnóstico se plantea la unificación de los afluentes en una sola PTAR, ubicada en el lugar que ocupa actualmente la PTAR de Salaverry y se ha diseñado una planta de tratamiento de aguas residuales con procesos primario, secundario y terciario, utilizando el sistema de lodos activados y con una desinfección final del efluente, finalmente se propone que las aguas descontaminadas sean utilizadas en riegos de jardines, plantaciones de tallo alto o limpieza en general y que igualmente se pueden utilizar los lodos en la elaboración de abonos y la producción final de gas como producto combustible. La planta permitirá atender las necesidades de las cuencas mencionadas en un periodo mínimo de 20 años para una población proyectada de 150, 200 hab., 1 año 2.

Cornejo (2014). Uso de aguas residuales tratadas en el mantenimiento de áreas verdes del campus de la universidad nacional de ingeniería, Lima-Perú, para optar al título de Ingeniero Zootecnista.

Lima Metropolitana se encuentra en el desierto costero del Perú, con una escasa precipitación anual de 9 mm, que hace que se use agua del río Rímac para abastecer a la ciudad. Siendo este río de régimen irregular a lo largo del año, gran parte del agua potable proviene de acuíferos, sobre utilizándose el agua subterránea. Esto hace que el agua sea un bien escaso a pesar de ser un recurso renovable y aparentemente abundante en el planeta. Por otro lado, la creación de las áreas verdes se plantea como una necesidad indispensable en el contexto actual de crecimiento, expansión y transformación de nuestras ciudades sobre el territorio, considerando a las áreas verdes como valiosos sistemas que deberán aportar a mejorar la calidad de nuestro hábitat en un sentido ambiental y también social. En la búsqueda de nuevas alternativas para el

mantenimiento de las áreas verdes, la Universidad Nacional de Ingeniería cuenta con un Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos CITRAR-UNI con la finalidad de usar las aguas tratadas en el riego del Campus Universitario; asimismo, propiciar la investigación científica, con tendencia a buscar alternativas de solución de bajo costo a la problemática de la disposición y uso inadecuado de las aguas residuales domésticas en el Perú. También cuenta con un Vivero, que le permite producir todas las especies vegetales y los abonos orgánicos que se necesitan para el mantenimiento de las áreas verdes de la universidad. Este Vivero ha permitido que en los últimos 15 años se incrementen las áreas verdes de la universidad en un 40 %, contribuyendo en el mantenimiento y preservación del medio ambiente y aportando a mejorar la imagen de la universidad. El uso de las aguas residuales tratadas en el mantenimiento de las áreas verdes de la UNI, permitirá reducir los costos del servicio de mantenimiento en un 12.69 %, porcentaje significativo teniendo en cuenta que el costo de agua para riego representa más el 40% del costo total. Se tiene que considerar la mejora de las normativas en el tratamiento de aguas residuales, que especifiquen el uso en el riego de áreas verdes y que permitan hacer un uso responsable en miras de preservar el medio ambiente. El uso de aguas residuales tratadas, no solo tiene importancia en la reducción de costo del mantenimiento de áreas verdes, sino que es una alternativa importante que permitirá que el agua potable sea de uso exclusivo de la población y no para el riego de jardines, teniendo en cuenta que solo se usa el 31% de las aguas tratadas y el resto es eliminado.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Aguas residuales**

“Es aquella cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas, tengan que ser vertidas a un cuerpo natural de agua o reusadas y que por sus características de calidad requieren un tratamiento” (agricultura, 2010) mientras que (Raschid-Sally y Jayakody, 2008, p. 1) citado por la (ONU, 2017, p. 17) india que son: “Aquella que posee del empleo de un agua natural o de la red en un uso determinado”. Las aguas residuales se consideran como una combinación de uno o más de los siguientes: efluentes domésticos que consisten en aguas negras (excremento, orina y lodos fecales) y aguas grises (aguas servidas de lavado y baño); agua de establecimientos comerciales e instituciones, incluidos hospitales; efluentes industriales, aguas pluviales y otras escorrentías urbanas; y escorrentías agrícola, hortícola y acuícola

## 2.2.2 Impactos negativos de aguas residuales no tratadas. (Mara y Cairncross 1989).

### Impactos en la Salud

- Aumento de la carga de morbilidad debido a la reducción de la calidad del agua potable.
- Aumento de la carga de morbilidad debido a la reducción de la calidad del agua de baño
- Aumento de la carga de morbilidad debido a alimentos nocivos (pescado contaminado, verduras y otros productos de regadío)
- Aumento del riesgo de morbilidad cuando se trabaja o se juega en un área irrigada por aguas residuales

### Impactos en el Medio ambiente

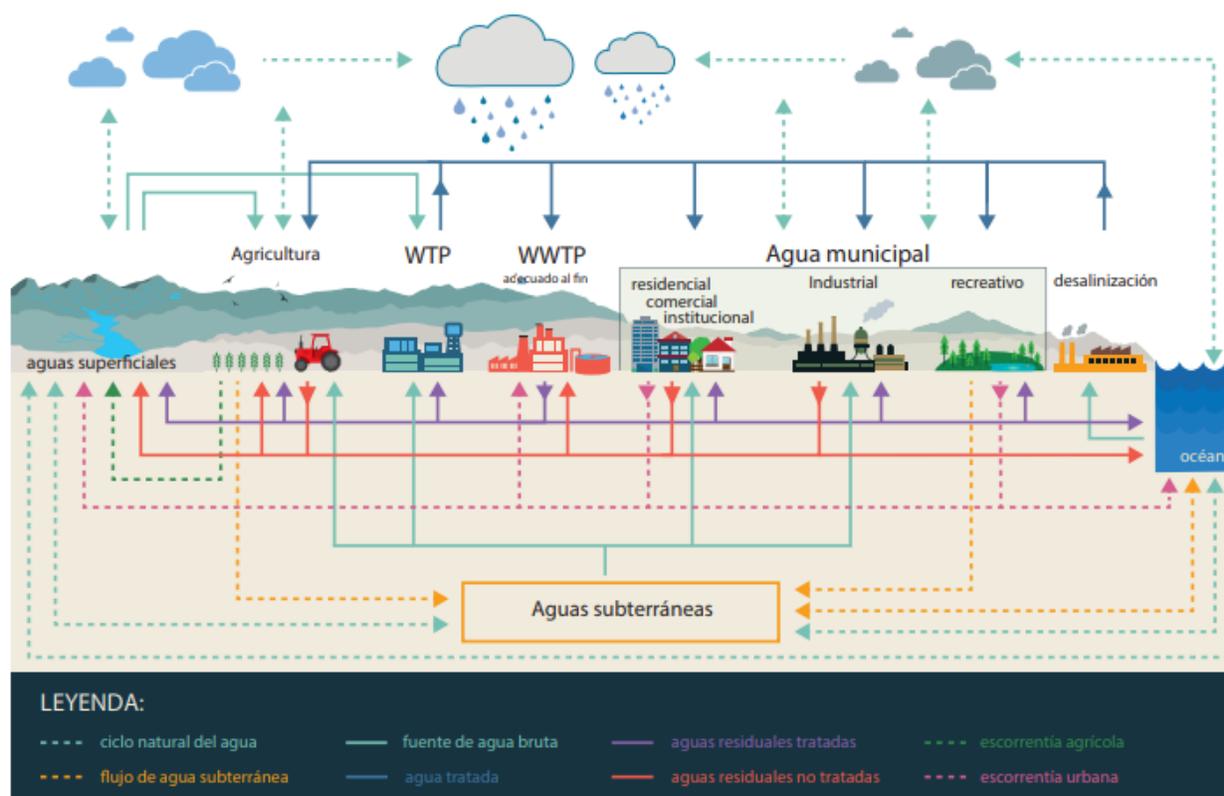
- Disminución de la biodiversidad
- Degradación de los ecosistemas acuáticos (por ejemplo, eutrofización y zonas muertas)
- Olores desagradables
- Disminución de oportunidades recreativas
- Aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero • aumento de la temperatura del agua

### Impacto en la economía

- Bioacumulación de toxinas economía
- Reducción de la productividad industrial
- Reducción de la productividad agrícola
- Reducción del valor de mercado de los cultivos cosechados, si se usan aguas residuales peligrosas para el riego
- Reducción de las oportunidades de actividades recreativas acuáticas (reducción del número de turistas o reducción de la disposición a pagar por los servicios recreativos)
- Reducción de las capturas de peces y mariscos, o reducción del valor de mercado de pescados y mariscos
- Aumento de la carga financiera sobre la asistencia sanitaria
- Aumento de las barreras al comercio internacional (exportaciones)
- Costos más altos del tratamiento del agua (para el suministro humano y otros usos)
- Reducción de precios de propiedades cerca de masas de agua contaminadas

### 2.2.3. Flujos de aguas residuales.

Los flujos de aguas residuales son tan variados como sus fuentes y los tipos de componentes que contienen, siendo estos últimos una función de los primeros. El tratamiento de aguas residuales puede permitir la separación del agua y otros componentes, que luego pueden ser reutilizados o eliminados. (Ver figura 2).



**Figura 2.** Ciclo y flujos del agua. Fuente: ONU. 2017

Programa publicado de Las Naciones Unidas (PNUD, 2015). Ciclo de gestión de aguas residuales. Controlar y regular los diversos flujos de aguas residuales es el fin último de la gestión de aguas residuales. Puede desglosarse en cuatro fases o etapas básicas interconectadas:

- La prevención o reducción de la contaminación en la fuente, en términos de carga de contaminación y volumen de aguas residuales producidas. Prohibir o controlar el uso de ciertos contaminantes para eliminar o limitar su entrada en las corrientes de aguas residuales a través de medios regulatorios, técnicos y/o de otro tipo. Esta etapa también incluye medidas para reducir los volúmenes de aguas residuales generadas (por ejemplo, gestión de la demanda y mayor eficiencia en el uso del agua).
- La eliminación de contaminantes de las corrientes de aguas residuales. Sistemas operativos (incluida la infraestructura de recolección) y procesos de tratamiento que eliminan diversos componentes de las aguas residuales (es decir, contaminantes) para que puedan utilizarse o devolverse de forma segura al ciclo del agua con mínimos impactos ambientales. Existen varios tipos y niveles de tratamiento de aguas residuales cuya elección depende de la naturaleza de los contaminantes, de la carga de contaminación y del uso final anticipado del efluente.
- El uso de aguas residuales (es decir, reutilización del agua). Uso seguro de aguas residuales tratadas o no tratadas bajo condiciones controladas para fines beneficiosos. Históricamente utilizadas, en primer lugar, para el riego, las tecnologías de tratamiento de aguas residuales han avanzado para permitir que las aguas residuales tratadas tengan otros usos, siempre que el nivel de tratamiento y la calidad del efluente sean “aptos para el fin”.
- La recuperación de subproductos útiles. Se pueden extraer varios componentes de las aguas residuales, ya sea directamente (por ejemplo, calor, nutrientes, materia orgánica y metales) o a través de procesos de transformación adicionales (por ejemplo, biogás procedente de lodos o biocombustibles de microalgas). Existe un número creciente de oportunidades potencialmente rentables para extraer materiales útiles de las aguas residuales, como nitrógeno y fósforo, que pueden transformarse en fertilizantes (p.21).

#### **2.2.4 Aguas tratadas.**

Los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) 6 de la agenda 2030 reporta a mejorar la gestión de los recursos hídricos de manera amplia, inclusiva e integrada, donde hace hincapié en: el agua potable y aguas residuales; la eficiencia en el uso del agua y escasez; la gestión integrada del agua la protección de los ecosistemas; la cooperación internacional y creación de capacidades y la participación de las partes interesadas. La meta de los ODS, está vinculada a la gestión de aguas residuales. Organización Mundial para las Naciones Unidas (UNESCO, 2017).

- Proporción de aguas residuales tratadas de forma segura: Las aguas residuales generadas por los hogares (lodos residuales y fecales) y las actividades económicas (p. ej., las industrias) tratadas de forma segura en proporción al total de aguas residuales generadas por los hogares y las actividades económicas.

- Proporción de las masas de agua con buena calidad del agua ambiental: Proporción de masas de agua (área) en un país con buena calidad de agua ambiental en comparación con todas las masas de agua en el país. «Bueno» indica una calidad de agua ambiental que no daña las funciones del ecosistema ni la salud humana de acuerdo con los indicadores centrales de la calidad del agua ambiental.

Para alcanzar la Meta de los ODS se requerirán inversiones significativas en nuevas infraestructuras (gris y verde, en combinaciones apropiadas a nivel local) y tecnologías apropiadas para incrementar el tratamiento y uso de aguas residuales. También se necesitan inversiones para mejorar la infraestructura actual, operar y mantener las infraestructuras existentes y nuevas, desarrollar la capacidad en la gestión de los recursos hídricos y monitorear y controlar la calidad del agua y las aguas residuales (ONU-Agua, 2015a).

Debido a las diferencias en los niveles actuales de tratamiento de aguas residuales en general, los esfuerzos requeridos para alcanzar la Meta de los ODS supondrán una mayor carga financiera para los países de ingresos bajos y medios-bajos, poniéndolos en una situación de desventaja económica en comparación con los países de ingresos altos y medio saltos (Sato, Suzuki, Nakai, 2013).

Es importante observar el gráfico presentado Moscoso (2011), sobre el esquema del manejo actual de las aguas residuales de Lima,



**Figura 3.** Esquema del manejo actual de las aguas residuales de Lima. Moscoso (2011).

En palabras de Moscoso (2011, p. 66). Podemos ver que el 17% de las aguas residuales reciben tratamiento, valor que se ha incrementado en 4% por la puesta en marcha de la Planta de San Bartolo, pero que aun es muy bajo. Por otro lado se puede observar que solo el 31% del agua tratada es utilizada para el riego de áreas verdes y agrícolas, descargando los restantes 2,200 l/s al río o el mar. De otro lado tenemos que aún se utilizan 600 l/s de aguas no tratadas para el riego de la zona agrícola de San Agustín (Callao), pero sabemos que pronto se acabará esa práctica, ya que dichos terrenos han sido expropiados para ampliar el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.

### 2.2.5 Normatividad

#### Estándares de calidad ambiental (ECA) el Peruano (Riego, 2017)

Segunda. - De la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas. Para la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas, la Autoridad Nacional del Agua, tomará en cuenta los ECA para Agua considerados en la aprobación del instrumento de gestión ambiental correspondiente (p. 12). (Agua, 2010)

Ley N° 29338 – Reglamento de Recursos Hídricos, en su artículo 132° sobre las aguas residuales doméstica y municipal en el inciso:

132.1 Las aguas residuales domésticas, son aquellas de origen residencial, comercial e institucional que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana.

132.2 Las aguas residuales municipales son aquellas aguas residuales domésticas que puedan incluir la mezcla con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial siempre que estas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

En el artículo 133° condiciones para autorizar el vertimiento de aguas residuales tratadas.

133.1 La Autoridad Nacional del Agua podrá autorizar el vertimiento de aguas residuales únicamente cuando:

- Las aguas residuales sean sometidas a un tratamiento previo, que permitan el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles –LMP
- No se transgredan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, ECA - Agua en el cuerpo receptor, según las disposiciones que dicte el Ministerio del Ambiente para su implementación.
- Las condiciones del cuerpo receptor permitan los procesos naturales de purificación.
- No se cause perjuicio a otro uso en cantidad o calidad del agua.
- No se afecte la conservación del ambiente acuático.
- Se cuente con el instrumento ambiental aprobado por la autoridad ambiental sectorial competente.
- Su lanzamiento submarino o subacuático, con tratamiento previo, no cause perjuicio al ecosistema y otras actividades lacustre, fluviales o marino costeras, según corresponda.

Artículo 147°.- **Reuso de agua residual.** Para efectos del reglamento se entiende por reúso de agua residual a la utilización, de aguas residuales tratadas resultantes de las actividades antropogénicas.

Artículo 152°.- **Del control del reúso de las aguas residuales tratadas.** El control y vigilancia del reúso de las aguas residuales tratadas, así como la frecuencia de toma de muestras y análisis es responsabilidad de la Autoridad Administrativa del Agua.

## **2.2.6 Iniciativas privadas y municipales para el tratamiento de aguas residuales en Lima Metropolitana (p. 22, 37)**

Las **iniciativas municipales son más recientes** y comienzan en la década de los 90 con la Alameda de la Juventud en Villa El Salvador y la Avenida Universitaria en Carabayllo. Merece una especial mención la planta de Surco que fuera instalada por ese municipio para tratar el agua del río Surco fuertemente contaminada con desagües y residuos sólidos. Se puede apreciar que la mayoría de los casos son plantas

compactas de lodos activados, salvo el caso de las lagunas aireadas en los parques zonales y facultativos en el Balneario de Punta Hermosa. También existen dos experiencias de humedales artificiales. En suma podemos decir que los municipios han desarrollado algunas **iniciativas pilotos** de tratamiento de aguas residuales con el propósito de resolver el limitado y costoso abastecimiento de agua para el riego de sus áreas verdes. Sin embargo, muestran como principales debilidades en muchas de las plantas la aplicación de **tecnologías no validadas y una deficiente operación y mantenimiento**, condiciones que no garantizan la calidad exigida para tal uso. Preocupa además que estas experiencias se repliquen en forma indiscriminada, y que la ciudad termine con gran cantidad de micro plantas que no puedan ser adecuadamente fiscalizadas. Es por ello que se propone la necesidad de que los municipios establezcan alianzas estratégicas con Sedapal, para que esta Empresa asuma el tratamiento de las aguas residuales de todo Lima y les ofrezca el servicio de abastecerlos con agua residual tratada con la calidad exigida para el riego de áreas verdes.

**Cuadro 6. Iniciativas privadas y municipales para el tratamiento de aguas residuales en Lima Metropolitana**

Nombre	Operador	Tecnología	Caudal (l/s)
<b>Privados:</b>			<b>54.76</b>
Club Golf de Lima	Empresa Club Golf de Lima	Lagunas aireadas	15.00
Jardines de la Paz	Empresa Jardines de la Paz	Lodos activados	5.25
Club Golf La Planicie	Empresa Club de Golf La Planicie	Lagunas aireadas	15.00
Club Golf Los Incas	Empresa Club de Golf Los Inkas	Lagunas facultativas	15.00
Inmaculada	Colegio La Inmaculada	Lagunas facultativas	4.51
<b>Municipios:</b>			<b>89.00</b>
El Mirador	Municipalidad Distrital de Ventanilla	Humedales artificiales	3.50
Avenida Universitaria	Municipalidad de Lima Metropolitana	Lodos activados	3.00
Callao	Municipalidad Provincial del Callao	Lodos activados - AGAR	13.90
Manco Capac	Municipalidad de Lima Metropolitana	Lagunas aireadas	3.00
Sinchi Roca	Municipalidad de Lima Metropolitana	Lagunas aireadas	25.00
Yoque Yupanqui	Municipalidad de Lima Metropolitana	Lagunas aireadas	4.00
Miraflores	Municipalidad Distrital de Miraflores	Filtros percoladores	0.90
Paseo del Bosque	Mun. Distrital de San Borja	Lodos activados	2.00
Surco	Municipalidad Distrital de Surco	Lodos activados	17.50
Alameda Solidaridad	Mun. Distrital de Villa El Salvador	Lodos activados	6.00
Alameda de la Juventud	Mun. Distrital de Villa El Salvador	Lodos activados	5.00
Oasis de Villa	Mun. Distrital de Villa El Salvador	Humedal artificial	0.20
Huerto Comunal	Mun. Dist. de Villa Maria del Triunfo	Lodos activados	2.00
Punta Hermosa	Mun. Distrital de Punta Hermosa	Lagunas facultativas	3.00
<b>TOTAL</b>			<b>143.76</b>

Fuente: Moscoso (2011).

El Perú cuenta desde 1997 con la Norma de Saneamiento S.090 para las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, como parte de las normas técnicas del Reglamento Nacional de Construcciones, que fuera aprobado por el entonces Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, hoy Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Este dispositivo se mantiene hasta la fecha sin ninguna

revisión ni modificación, aun cuando no contempla todas las tecnologías que actualmente se utilizan en el tratamiento de las aguas residuales.

### **Lodos activados**

Este proceso tradicional de tratamiento de las aguas residuales tiene una serie de variaciones, por tanto la Norma S.090 ha elegido solo aquellas que permiten alcanzar una remoción de 75 a 95% de la DBO. Para el diseño de cualquier variante de lodos activados se tendrá en consideración las siguientes disposiciones generales:

- Los criterios fundamentales del proceso, como edad del lodo, requerimiento de oxígeno, producción de lodo, eficiencia y densidad de la biomasa deben ser determinados en forma experimental.
- Los estudios de tratabilidad establecerán por lo menos tres condiciones de operación según la “edad del lodo”, a fin de cubrir un intervalo de valores entre las condiciones iniciales y el final de la operación, incluyendo los balances de energía (oxígeno) y nutrientes.
- En donde no se realicen estos estudios de tratabilidad, se podrá utilizar para el diseño los valores referenciales.

### **2.2.7 Áreas Verdes de Lima y la demanda de agua para riego.** Moscoso (2011, p. 57).

La ciudad de Lima inicialmente fundada sobre el valle del río Rímac, hoy se extiende sobre otros dos valles aledaños pertenecientes a los ríos Chillón y Lurín. El crecimiento urbano de Lima se realizó inicialmente sobre 612 km<sup>2</sup> de tierras agrícolas de buena calidad y luego en las últimas décadas sobre otros 2,177 km<sup>2</sup> de terrenos eriazos localizados entre de las partes bajas de las cuencas de los tres ríos mencionados. Por tanto actualmente Lima Metropolitana es una de las grandes ciudades con menor cantidad de áreas verdes, situación que se agrava por estar ubicada en una zona desértica sin vegetación.

El 75% del agua disponible en la ciudad se destina al uso poblacional, seguido por la agricultura con 22% y el resto se utiliza en actividades industriales y mineras (INRENA, 2005). El caudal promedio mensual histórico de los ríos Rímac, Lurín y Chillón que atraviesan la ciudad de Lima es en conjunto de 39 m<sup>3</sup>/s, de los cuales el Rímac aporta 29.5 m<sup>3</sup>/s (SENAMHI, 2005), el Chillón 5.1 m<sup>3</sup>/s (SENAMHI, 2005), y el Lurín 4.5 m<sup>3</sup>/s (INRENA, 2005). El agua utilizada para **agricultura periurbana** es distribuida por las **Juntas de Usuarios** de los tres ríos entre los agricultores asociados en diferentes **Comisiones de Regantes**. Este proceso se lleva a cabo en coordinación con la **Autoridad Local del Agua y la Administración Técnica del Distrito de Riego Rímac- Chillón- Lurín**, responsable del uso de agua para riego. Si se aplica una tasa cercana a 1 l/s.ha que normalmente demanda el tipo de riego por surcos en la costa central peruana, las actuales **12,680 ha agrícolas** ubicadas en las zonas peri urbanas de Lima serían abastecidas con aproximadamente **12 m<sup>3</sup>/s de aguas superficiales de los tres ríos** mencionados. Solo 470 ha de estas utilizan aguas residuales crudas en la época de estiaje, ya que se encuentran ubicadas en el tramo

final del río Rímac y después de la Planta La Atarjea que capta casi todo el caudal existente en la época de estiaje. Otras 305 ha agrícolas ubicadas en zonas sin acceso a fuentes naturales de agua son regadas exclusivamente con aguas residuales tratadas. Estas condiciones permiten decir que definitivamente el acceso futuro al agua será cada vez más limitado, ya que la demanda urbana continua creciendo y por tanto es muy posible que se sigan reduciendo las áreas agrícolas, a menos que se sustituya el agua de río por agua residual tratada.

Por otro lado el riego de las pequeñas experiencias de **agricultura intraurbana** tienen como fuente principal el **agua potable**, situación que limita mucho esta pujante actividad y que podría detener radicalmente su desarrollo, a menos que se opte por reusar las aguas grises de las viviendas o se destinen parte de las aguas residuales previamente tratadas al riego de las parcelas comunitarias de mayor tamaño.

En los 37 casos de **reuso de aguas residuales** inventariados en el 2008 por el Proyecto SWITCH Lima se pudo deducir que en ellos se aplica una tasa de riego de 1.50 l/s.ha, gasto que puede ser considerado excesivo, que está directamente relacionado con la buena disponibilidad de las aguas residuales tratadas o sin tratar en esas zonas y que finalmente favorece un riego por gravedad bajo la modalidad de inundación (melgas) o surcos.

El Cuadro 7 muestra los diferentes tipos de riego utilizados en este estudio.

**Cuadro 7. Tipos de riego utilizados en las experiencias de Lima Tipo de riego casos Porcentaje**

Tipo de riego	casos	Porcentaje
Gravedad por inundación	7	28%
Gravedad por surcos	7	28%
Gravedad tecnificado (multicompuertas)	1	4%
Tecnificado por aspersión	7	28%
Tecnificado por goteo	3	12%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>

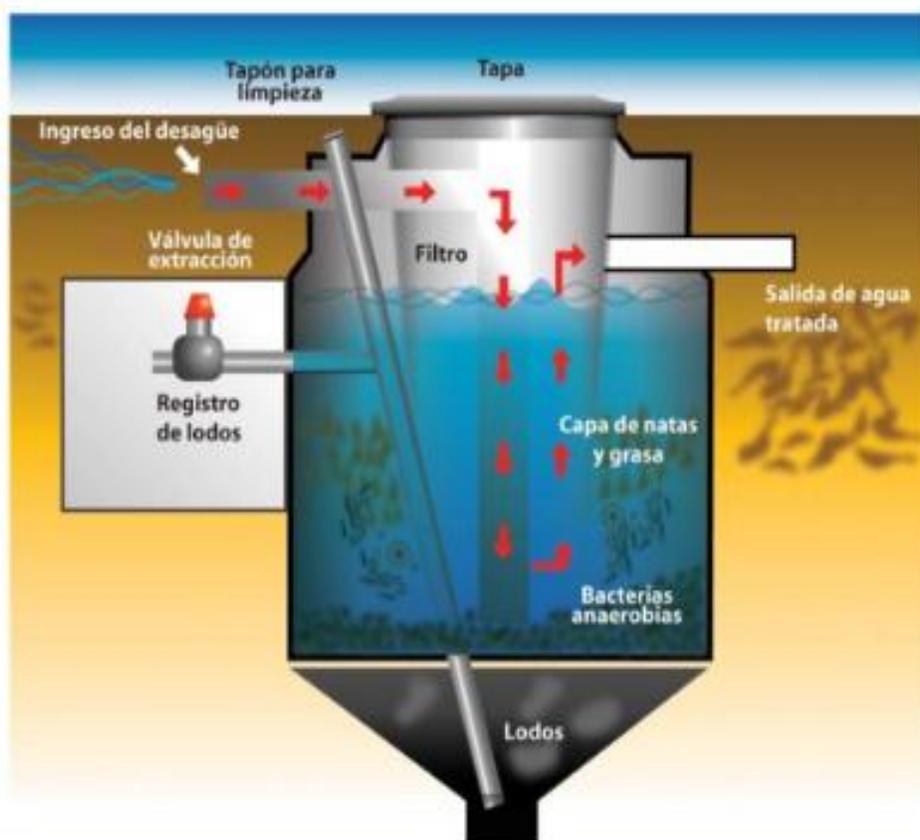
**Fuente:** IPES, 2007

### 2.2.8 Biodigestor Autolimpiable

El biodigestor autolimpiable es un sistema patentado para el saneamiento, ideal para viviendas que no cuentan con servicio de drenaje en red. El sistema recibe las aguas residuales domésticas y realiza un tratamiento primario del agua, favoreciendo el cuidado del medio ambiente y evitando la contaminación de mantos freáticos. En zonas que cuentan con red de alcantarillado ayuda a que

el drenaje se libere evitando su obstrucción y haciendo más rápido el tratamiento posterior del agua. (Ver Figura 4).

El diseño del Biodigestor Eternit, permite resolver necesidades de saneamiento a través de diferentes capacidades de caudal, respondiendo a los requerimientos de las diferentes obras. Incorpora la estructura de doble pared, la pared interior con su construcción esponjosa le otorga mayor resistencia y aislación térmica, la pared exterior otorga una perfecta terminación lisa, esta pared contiene aditivos para evitar el envejecimiento al estar a la intemperie. El sistema completo se compone de tanque séptico con fondo cónico, cámara de contención de lodos estabilizados, sistema de extracción de lodos y filtro de esferas Biolam. (Eternit, S/F).



*Figura 4.* Biodigestor autolimpiable. Fuente: <http://eternit.com>

### **Innovación en el Tratamiento de Aguas Residuales**

\* Eficiente, su desempeño es superior al de una fosa séptica debido a que realiza un tratamiento primario de las aguas residuales (proceso anaerobio).

\* Es un sistema Autolimpiable, donde al abrir una llave se extraen los lodos residuales. Sin costo de mantenimiento, no es necesario utilizar equipo especializado para el desazolve, eliminando así

costos adicionales para el usuario. El mantenimiento se realiza al abrir la válvula de extracción de lodos. Amigable con el entorno. Sistema Patentado

\* Sustentable, cuida el medio ambiente al prevenir la contaminación de mantos freáticos (suelo y agua).

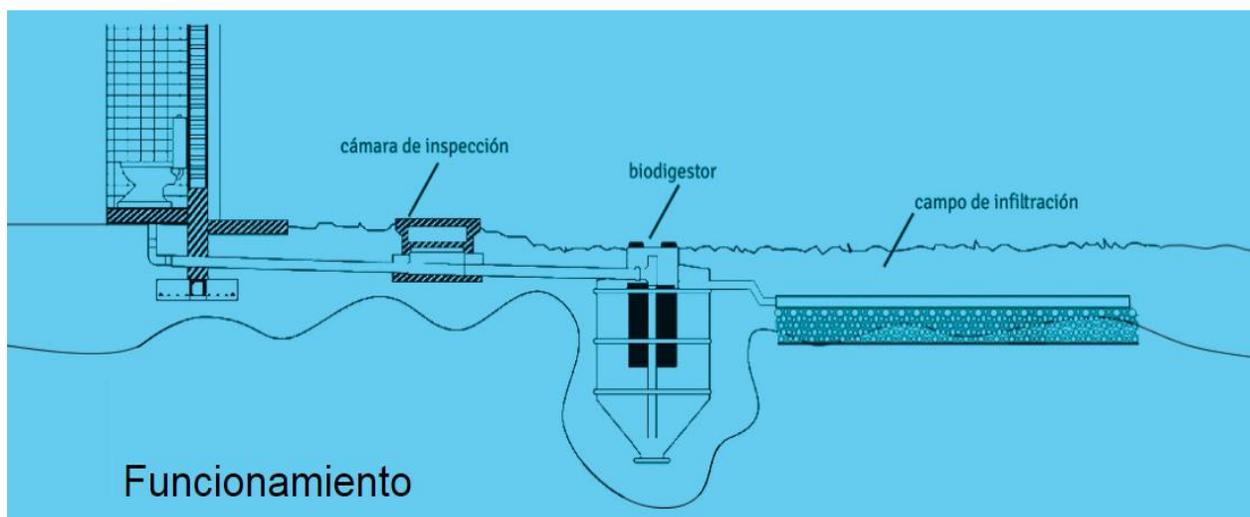
\* Es hermético e higiénico, construido de una sola pieza lo que evita fugas, olores y agrietamientos. Es ligero y fuerte, ofreciendo una alta resistencia a impactos y a la corrosión.

El Biodigestor Autolimpiable cumple con la NOM-006-CONAGUA-1997 “Fosas sépticas prefabricadas – especificaciones y métodos de prueba”. Su funcionamiento.

1. Primera Etapa, retiene y digiere el material orgánico, los sólidos. El Biodigestor Rotoplas es un tanque hermético que funciona siempre lleno, por rebalse, a medida que entra agua residual desde la casa, una cantidad igual sale por el otro extremo.

2. Segunda Etapa, campo de Infiltración. Distribuyen los líquidos en un área determinada del suelo. El agua residual que sale del Biodigestor, enterrado por el terreno a través del campo infiltración, las cañerías con las micro perforaciones ubicadas en sus paredes.

3. Tercera Etapa, el suelo, por debajo del campo de infiltración que filtra y completa la depuración del agua. El suelo funciona como un filtro que retiene y elimina partículas muy finas. La flora bacteriana que crece sobre las partículas de tierra, absorbe y se alimenta de las sustancias disueltas en el agua. Después de atravesar 1,20 m de suelo, el tratamiento de agua residual se ha completado y se incorpora purificada al agua subterránea. Este proceso es mucho más eficiente si se hace con oxígeno. Por lo tanto, es de suma importancia que el suelo donde se colocan los campos de infiltración, no esté inundado ni saturado con agua.



**Figura 5.** Fases del Biodigestor autolimpiable. Fuente: <http://rotoplas.com>

### Esquema de Funcionamiento

El agua entra por el tubo (1) hasta la parte inferior del tanque, donde se concentra el lodo orgánico que produce la principal digestión anaeróbica (descomposición de materia orgánica en ausencia de aire). Luego, el líquido con residuos sube, pasa por el filtro (2) donde las bacterias fijadas en las esferas Biolam se encargan de completar el tratamiento y filtrado de efluentes, que saldrán por el tubo (3) hacia el pozo absorbente, campos de infiltración, campo de infiltración o humedal artificial. Las grasas suben a la superficie entre el filtro y el tanque, donde las bacterias las descomponen transformándolas en gas, líquido, o lodo espeso, que desciende al fondo. La materia orgánica que escapa es consumida por las bacterias fijadas en los aros de Pet del filtro y, una vez tratada, sale por el tubo (3). (Ver Figura 6).



**Figura 6.** Funcionamiento del Biodigestor autolimpiable. Fuente: <http://rotoplas.com>

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

**Límite Máximo Permisible (LMP).** - Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental (Minam, 2010).

**Cuadro 4. Límites máximos permisibles para los afluentes de PTAR**

Parámetros	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	<sup>1</sup> NMP/100	10,000
	mg/L	
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de oxígeno		200
pH		6.5-8.5
Sólidos totales en suspensión		150
Temperatura		<35

Fuente: MINAM

### Proceso físico en el tratamiento de aguas residuales

Según Programa publicado de Las Naciones Unidas (PNUD, 2015) el **Ciclo de gestión de aguas residuales**. Controlar y regular los diversos flujos de aguas residuales es el fin último de la gestión de aguas residuales. Puede desglosarse en cuatro fases o etapas básicas interconectadas:

- **La prevención o reducción de la contaminación en la fuente**, en términos de carga de contaminación y volumen de aguas residuales producidas. Prohibir o controlar el uso de ciertos contaminantes para eliminar o limitar su entrada en las corrientes de aguas residuales a través de medios regulatorios, técnicos y/o de otro tipo. Esta etapa también incluye medidas para reducir los volúmenes de aguas residuales generadas (por ejemplo, gestión de la demanda y mayor eficiencia en el uso del agua).
- **La eliminación de contaminantes de las corrientes de aguas residuales**. Sistemas operativos (incluida la infraestructura de recolección) y procesos de tratamiento que eliminan diversos componentes de las aguas residuales (es decir, contaminantes) para que puedan utilizarse o devolverse de forma segura al ciclo del agua con mínimos impactos ambientales. Existen varios tipos y niveles de tratamiento de aguas residuales cuya elección depende de la naturaleza de los contaminantes, de la carga de contaminación y del uso final anticipado del efluente.
- **El uso de aguas residuales** (es decir, reutilización del agua). Uso seguro de aguas residuales tratadas o no tratadas bajo condiciones controladas para fines beneficiosos. Históricamente utilizadas, en primer lugar, para el riego, las tecnologías de tratamiento de aguas residuales han avanzado para permitir que las aguas residuales tratadas tengan otros usos, siempre que el nivel de tratamiento y la calidad del efluente sean “aptos para el fin”.
  - d) La recuperación de subproductos útiles. Se pueden extraer varios componentes de las aguas residuales, ya sea directamente (por ejemplo, calor, nutrientes, materia orgánica y metales) o a través de procesos de transformación adicionales (por ejemplo, biogás procedente de lodos o biocombustibles de microalgas). Existe un número creciente de oportunidades potencialmente rentables para extraer materiales útiles de las aguas residuales, como nitrógeno y fósforo, que pueden transformarse en fertilizantes.

### 2.2.9 Responsabilidad Social Universitaria

Sistema Internacional de Responsabilidad Social Empresarial. <http://sirse.info/responsabilidad-social-universitaria-en-peru/>. Según la red AUSJAL (Asociación de Universidades Confiadas a la Compañía de Jesús en América Latina), la RSU es la “habilidad y efectividad de la universidad para responder a las necesidades de transformación de la sociedad donde está inmersa, mediante el ejercicio de sus funciones sustantivas: docencia, investigación, extensión y gestión interna”. Esta definición, es necesario alinearla a los recursos, misión y visión de cada universidad. Por otro lado, la

nueva ley universitaria Ley 32220 establece que “la responsabilidad social universitaria es la gestión ética y eficaz del impacto generado por la universidad en la sociedad debido al ejercicio de sus funciones: académica, de investigación y de servicios de extensión y participación en el desarrollo nacional en sus diferentes niveles y dimensiones; incluye la gestión del impacto producido por las relaciones entre los miembros de la comunidad universitaria, sobre el ambiente, y sobre otras organizaciones públicas y privadas que se constituyen en partes interesadas”. Desde otro enfoque, se puede proponer que RSU es un conjunto de decisiones que toma la alta dirección de una universidad buscando promover el bien común en la sociedad mediante el aporte de profesores, estudiantes, personal administrativo y socios clave para generar un impacto positivo de orden académico, social y ambiental. En este contexto, los protagonistas ejecutores de la responsabilidad social universitaria son los profesores y estudiantes mientras que las autoridades se encargan de diseñar los objetivos de RSU, la estrategia general y las políticas necesarias para implementar las estrategias que conduzcan al logro de los objetivos de RSU.

### **2.2.10 Sistema de Riego por Goteo**

El Sistema de Riego por Goteo, ha sido introducido en el agro peruano desde hace algunos años y fue adoptado debido a su alto grado de eficiencia ya que, con este sistema se logra minimizar las pérdidas por infiltración profunda y lo más importante, se reduce el escurrimiento superficial. Así, el agua aplicada es solamente la que el cultivo requiere para su crecimiento y producción. Con este sistema de riego se puede hacer producir mejor los suelos o terrenos pedregosos o con contenido salino, lo que tal vez no sería factible de lograr con los sistemas. Con el Sistema de Riego por Goteo sólo se humedece una parte del suelo, de donde la planta podrá obtener el agua y los nutrientes que necesita e implica riegos más continuos. Estas características del riego por goteo nos dan una serie de ventajas tanto agronómicas como económicas. Es un método de riego localizado donde el agua es aplicada en forma de gotas a través de emisores, comúnmente denominados “goteros”. La descarga de los emisores fluctúa en el rango de 2 a 4 litros por hora por gotero. El riego por goteo suministra a intervalos frecuentes pequeñas cantidades de humedad a la raíz de cada planta por medio de delgados tubos de plástico. Este método, utilizado con gran éxito en muchos países, garantiza una mínima pérdida de agua por evaporación o filtración, y es válido para casi todo tipo de cultivos. Manual elaborado en el Marco del Proyecto Prevención y Preparación en Comunidades altoandinas, afectadas por Sequías, Heladas y otros en cuatro distritos de las Regiones de Moquegua y Arequipa” [http://www.predes.org.pe/predes/cartilla\\_riegoteo.pdf](http://www.predes.org.pe/predes/cartilla_riegoteo.pdf).

### **2.2.11. Árboles que "inhalan" la contaminación**

Kamran Abdollahi es profesor de ciencias forestales urbanas en el Centro de Agricultura y Extensión del Sur en Baton Rouge, Luisiana, en Estados Unidos. Las coníferas, como esta secuoya roja, tiene hojas todo el año. Y sus hojas con cera facilitan la adherencia de partículas. Con sus monitores portátiles, Abdollahi ha registrado niveles de dióxido de

nitrógeno de 120 partes por billón en avenidas y 100 partes por billón bajo los árboles, lo que sugiere un impacto positivo de la vegetación. Los árboles extraen contaminantes en dos formas principales, según explicó a Crowdsience de la BBC David Nowak, quien ha venido investigando su impacto en las ciudades durante más de 20 años y trabaja con el Servicio Forestal de Estados Unidos en Siracusa, en el estado de Nueva York. "O bien incorporan gases y contaminantes a través de las estomas en sus hojas o capturan partículas en la superficie de sus hojas". Los estomas son los poros o aberturas regulables en la epidermis de las hojas de las plantas. "Es lo mismo que los seres humanos, que o bien inhalan partículas o las captan en su ropa", agregó Nowak. Y durante el día los árboles también evaporan agua reduciendo la temperatura del aire. Hojas pegajosas. ¿Cuándo los árboles extraen los contaminantes, qué hacen con ellos?. "Los gases ingresan al interior de las hojas donde hay mucha agua. Muchos gases se disuelven y cambian de estado y funcionan como fertilizante. Las plantas necesitan nitrógeno y azufre", señaló Nowak. En el caso del ozono, que es altamente reactivo, puede dañar las hojas de los árboles. "En el caso de las partículas básicamente se adhieren al exterior de las hojas. La cantidad de partículas extraídas del aire de esta forma dependerá de cuán pegajosas y cuán grandes sean las hojas". Pero estas partículas no se quedan sobre la superficie de la hoja para siempre, según el científico estadounidense. A veces el viento vuelve a suspenderlas en el aire, o en días de lluvia se disuelven y entran al sistema del suelo. Pinos y olmos. Lo ideal es que el árbol que se seleccione para una ciudad tenga muchas hojas y sea de gran tamaño, según Nowak. "Quieres que haya un gran intercambio de gases no sólo para extraer la contaminación sino para reducir la temperatura". Las coníferas tienden a ser mejores en remover partículas porque tienen hojas todo el año y están recubiertas de cera, por lo que las partículas tienden a adherirse, de acuerdo al investigador del Servicio Forestal estadounidense. Entre los árboles de hojas caducas una de las mejores especies es el olmo, porque tienen hojas con una textura rugosa que es buena para captar partículas. Y en cuanto a los árboles de hojas caducas una de las mejores especies es el olmo, porque tienen hojas con una textura rugosa que es buena para captar partículas y además emiten menos compuestos orgánicos volátiles. Estos compuestos son los que dan, por ejemplo, su aroma a los pinos, pero pueden reaccionar con otras sustancias e incrementar los niveles de ozono. Para Nowak, tal vez más importante que saber cuál es la especie ideal para combatir la contaminación es preguntar cuál es el paisaje ideal. "A lo largo de calles y avenidas es bueno enmarcar estas vías con filas de árboles, lo que desvía las partículas hacia arriba e impide que muchas se trasladen a las aceras donde camina la gente". Pero en espacios muy cerrados, en que a veces se planta árboles a ambos lados de la calle cuyas copas se tocan formando un arco, "puede ser que se invierta el efecto y se atrape la contaminación". <https://www.bbc.com/mundo/noticias-39195220>. El sorprendente valor de los árboles para combatir la contaminación en el aire de las ciudades.

### 2.3 Sistemas de variables

Consta de dos variables, la variable independiente: Biodigestor autolimpiable y la variable dependiente: Tratamiento de aguas residuales.

**Cuadro 5**  
**Matriz de operacionalización de variables**

<b>Problema de investigación</b>	<b>Objetivos de la Investigación</b>	<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
¿Cuáles serían los beneficios para la Universidad “Santo Domingo de Guzmán, por el tratamiento de las aguas residuales?	Demostrar los beneficios para la Universidad “Santo Domingo de Guzmán, por el tratamiento de las aguas residuales	<b>Tratamiento de aguas residuales</b> Consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano.	Proceso Físico	Patógenos Bacterias Hongos Algas Color y Olor Sólidos Temperatura Materia orgánica Compuestos inorgánicos Componentes gaseosos
¿Cuál es el estado del proceso de saneamiento básico en la Universidad “Santo Domingo de Guzmán?	Establecer el estado del proceso de saneamiento básico en la Universidad “Santo Domingo de Guzmán	<b>Biodigestor Autolimpiable</b>		

<p>¿Cuál de las diversas técnicas especializadas se puede utilizar en el tratamiento de aguas residuales en la Universidad “Santo Domingo de Guzmán?”</p>	<p>Determinar la más óptima y accesible de las técnicas especializadas en el tratamiento de aguas residuales en la Universidad “Santo Domingo de Guzmán”</p>	<p>Es un sistema patentado que permite sustituir de manera más eficiente el uso de fosas sépticas. Esto gracias a que es capaz de realizar un tratamiento de agua primaria a beneficio del medio ambiente y sin</p>	<p>Cámara de extracción de lodos</p>	<p>La cámara de extracción de lodos estabilizados se debe realizar en obra de manera tradicional o con anillos pre moldeados de hormigón pretensado o plásticos, el fondo de la cámara no debe tener ningún tipo de aislación.</p>
<p>¿En qué medida se debe implementar el tratamiento, de aguas residuales con técnicas especializadas en la Universidad “Santo Domingo de Guzmán?”</p>	<p>Implementar el tratamiento de aguas residuales con técnicas especializadas en la Universidad “Santo Domingo de Guzmán”</p>	<p>contaminar los mantos freáticos</p>	<p>Campos de infiltración</p>	<p>El Campos de Infiltración, completa el sistema de tratamiento Rotoplas, infiltrando el efluente tratado. Permitiendo que el suelo termine con el tratamiento</p>

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

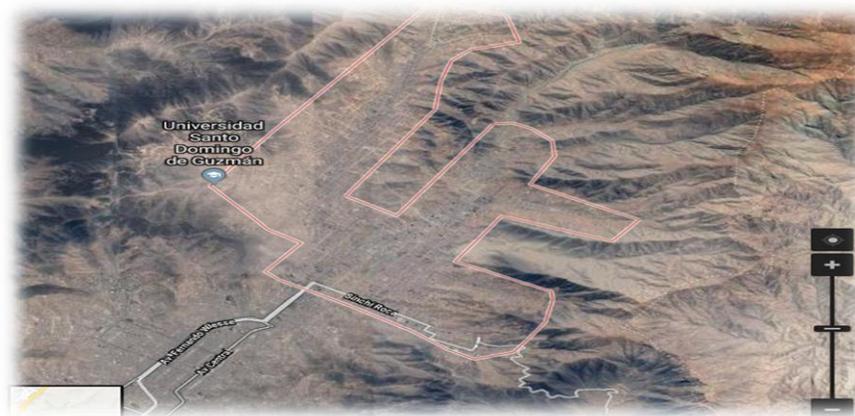
#### **3.1 Diseño de investigación**

Esta investigación se sustenta en el diseño no experimental, definido como aquel donde no se manipulan de manera deliberada variables. Su metodología o enfoque es cuantitativa. Este diseño busca controlar el fenómeno a estudiar, hace uso del razonamiento hipotético-deductivo, recurre a muestras representativas. El diseño no experimental, se desarrolla como estrategia de control y metodología cuantitativa para analizar los datos. Se ocupa de la orientación dirigida a los cambios y desarrollos, tanto de la esfera de las ciencias naturales como de las sociales. (Hernández, Fernández y Baptista, Ob. cit).

La instalación del Biodigestor autolimpiable, para el tratamiento de aguas residuales se efectuaran en un terreno de 8 m. de largo por 3 de ancho en forma subterránea, cercano a las cajas de registro, se realizara el tratamiento con microorganismos y se estará obteniendo el agua tratada y apta para reúso. Para la elaboración del presente proyecto se toma en cuenta aspectos como:

#### **Ubicación del área de estudio**

El presente proyecto de investigación estará ubicado en la localidad de San Antonio de Huarochiri, sector 22 de Jicamarca, El Valle, a una altitud media mínima de 320 y una máxima de 420 m.s.n.m. ubicada en la región Chala o Costa (0 a 500msnm). La zona de Jicamarca está conformada en su mayor parte por depósitos de grava aluvial.



### Ubicación política

Región : Lima  
 Departamento : Lima  
 Provincia : Huarochirí  
 Distrito : San Antonio

### Ubicación geográfica

Latitud Sur :  $11^{\circ}37'30'' - 12^{\circ}01'30''$  aproximadamente  
 Latitud Oeste :  $76^{\circ}36'00'' - 77^{\circ}02'00''$  aproximadamente

### Límites del distrito

Norte : Provincia de Huarochiri  
 Sur : Distrito de Ate  
 Este : Distrito de Huachopampa, Huarochiri  
 Oeste : Distrito de San Juan de Lurigancho

### Características generales del ámbito de estudio

**Clima.** Clima variado, templado con alta humedad atmosférica y constante nubosidad durante el invierno, con lluvias escasas durante el año, con T° anual de 18.5°C, T° verano 35°C y con una mínima de 12°C (Antonio, 2017).

**Topografía.** Zonas con desniveles bajos y alto, con arcilla desecada (grietas poligonales en el suelo)

**Geografía.** Está conformada por valles y quebradas, con afloramiento rocoso de rocas intrusivas de cuerpos sub volcánicos y plutónicos (Ccoyllo Valente, 2015, pp. 12,17).

### **Influencia del personal administrativo en el uso de los servicios.**

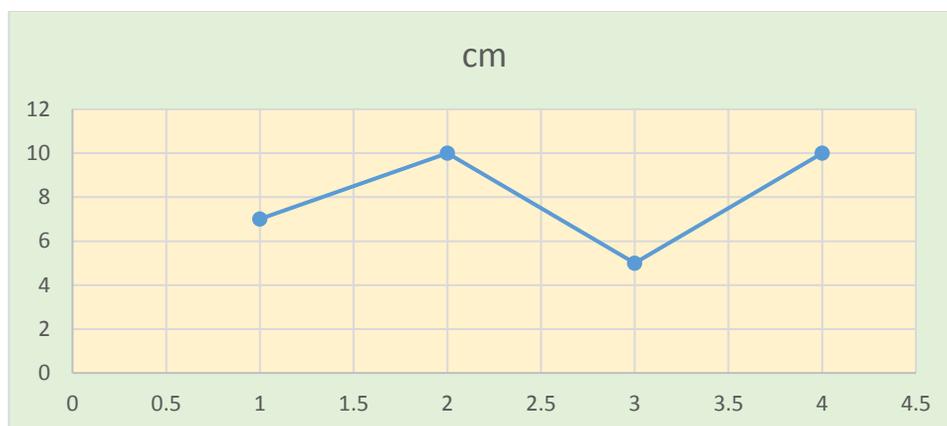
El índice de uso de los servicios higiénicos del personal que labora en las diferentes áreas administrativas, según Cuadro 6 nos reporta la empleabilidad en horarios de oficina que corresponde de 8.00 a 5.30 p.m. con 95 personas y la cantidad de afluentes que se emplea durante el día se muestra en el Cuadro 7 y Gráfico 1.

**Cuadro 6. Relación de personas que laboran en la USDG/ 2018**

	Área	Nº Hombres	Nº Mujeres	Nº Personas
1	Docentes	34	23	57
2	Administrativos	14	24	38
		total		95

**Cuadro 7. Medición de afluentes en la Universidad “Santo Domingo de Guzmán”**

Muestras	cm
Muestra 1/Mañana	7
Muestra 2/Tarde	10
Muestra 3/Mañana	5
Muestra 4/Tarde	10



**Gráfico 1.** Afluentes captadas con mayor carga en horas de la mañana.

### 3.2 Tipo de investigación y sus Fases

Para el presente proyecto, la investigación es tipo de campo, definida como es aquella que se aplica al obtener datos e información concisamente de la realidad o del contexto donde se desarrolla la investigación, por medio de técnicas de recolección de datos, como las encuestas; con el objeto de dar contestación a la situación problemática o problema planteado preliminarmente. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

#### Fases de la Investigación

Una investigación de campo, se inicia al plantearse el problema, de forma clara, factible y medible. Luego se da a lugar la etapa exploratoria; se plantean limitaciones del proyecto (tiempo, presupuesto, objeto de estudio). A partir de este momento, se define la técnica de recolección de información (encuestas, entrevistas...) y la construcción de los instrumentos, (registro diario, cuestionarios), los mismos, serán responsables de la información que deberá ser analizada y de la cual será posible extraer la data analizada. Se dará la oportunidad de hacer una propuesta o la discusión sustentada para elaborar la redacción final del resultado, en la cual se incluirá todo el contenido de apoyo como estadístico, de mapeo, fotográfico, cuadros y gráficos y validación posible de lo propuesto.

**Primera fase:** Recolección de datos, a fin de estimar el volumen de agua retenida, tipo de suelo, ubicación y diseño.

**Segunda fase:** Ejecución del proyecto

**Tercera fase:** Análisis de los procesos físicos.

**Cuarta fase:** Recomendación de reúso y aprovechamiento.

### **3.3 Métodos de investigación**

El Método experimento dentro de los métodos empíricos resulta el más complejo y eficaz; este surge como resultado del desarrollo de la técnica y del conocimiento humano, como consecuencia del esfuerzo que realiza el hombre por penetrar en lo desconocido a través de su actividad transformadora. El experimento es el método empírico de estudio de un objeto, en el cual el investigador crea las condiciones necesarias o adecua las existentes, para el esclarecimiento de las propiedades y relaciones del objeto, que son de utilidad en la investigación. El experimento es la actividad que realiza el investigador donde:

- Aísla el objeto y las propiedades que estudia, de la influencia de otros factores no esenciales que puedan enmascarar la esencia del mismo en opinión del investigador.
- Reproduce el objeto de estudio en condiciones controladas.
- Modifica las condiciones bajo las cuales tiene lugar el proceso o fenómeno de forma planificada.

El objetivo del experimento puede ser: esclarecer determinadas leyes, relaciones o detectar en el objeto una determinada propiedad; para verificar una hipótesis, una teoría, un modelo. Un mismo experimento puede llevarse a cabo con variados fines.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se utilizará el registro diario, de donde se obtendrá la muestra de cada tratamiento a fin de obtener la recogida del agua residual, a ser tratada, con base a ello, se procederá a la selección del Biodigestor según las características necesarias, para su instalación. Una vez instalado el Biodigestor, se medirá la cantidad de agua tratada, para su almacenamiento y proceso de reúso y aprovechamiento.

### **3.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

El análisis de datos cuantitativos se realizara en SPSS 24, para obtener los resultados y la obtención del volumen mediante fórmulas de los tratamientos en estudio.

### **3.6 Tratamiento estadístico**

Se utilizará la estadística descriptiva, como una rama de la matemática, la cual recolecta, presenta y caracteriza un conjunto de datos. Y que con la obtención de resultados, analizara los mismos y serán representados en porcentajes, gráficos y explicados bajo el sustento teórico y metodológico de la investigación.

### **3.7 Estructura tentativa del informe**

Se efectuará a medida que se avanza el proyecto

- Recolección de datos. (volumen de residuos sólidos, líquidos de la poza)
- Relación de personas que laboran en áreas de oficinas
- Compra de agua por día
- Requerimiento de materiales
- Diagnóstico de la problemática
- Elaboración del proyecto
- Instalación del biodigestor
- Pruebas de llenado de tanques con agua tratada
- Obtención de resultado

## CAPÍTULO IV

### LOS RESULTADOS

El proyecto uso y Reúso de aguas residuales se llevó a cabo de forma satisfactoria, mostrándose a continuación los siguientes resultados de la investigación.

#### 1) Instalación del Biodigestor en el Plano Indicado

En esta parte se muestra el proceso de instalación del Biodigestor en la superficie adecuada para su instalación y funcionamiento



## 2) Instalación de Sistema de Mangueras para conexiones del Biodigestor y Tanques de recepción.

Una vez instalado y Posicionado el Biodigestor se procedió a realizar las zanjas para la colocación de Mangueras de conexión las cuales llevarán el agua del Biodigestor hacia los tanques de recepción y captación del agua tratada.





### 3) Instalación de Tuberías de cuatro pulgadas y una pulgada para la conducción del Agua del Biodigestor.

En esta etapa de instalación, se realiza la inclusión subterránea de la conexión de tubos con la finalidad de transporte de agua tratada del Biodigestor.







#### 4) Instalación del Sistema Eléctrico y de Bombeo

En esta etapa del proyecto se realiza la instalación del Sistema de Cajetines y cableado eléctrico que alimentará el sistema de bombeo.



## 5) Instalación de Tanques Receptores

Se procedió en esta etapa del proyecto a la instalación de Tanques de recepción de agua que servirán para almacenamiento del agua tratada por el biodigestor y su posterior retorno por gravedad al sistema de tuberías de riego.





## 6) Prueba Piloto del bombeo y llenado de tanques con agua tratada del Biodigestor

En esta parte del proyecto se realizó con éxito la prueba de bombeo con el agua proveniente del Biodigestor en relación al llenado de los tanques contenedores que almacenan el agua para su posterior retorno a ser reutilizada.





### 7) Pruebas de riego y funcionamiento del Biodigestor





## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

El uso del biodigestor, contribuye con a reducir los problemas de contaminación de las aguas residuales por excretas, mantener un equilibrio ambiental y mejorar la estructura del suelo, aunado a ello representa un avance en la mejora continua de los procesos, actividades y proyectos de investigación, sumando esfuerzos en el cumplimiento de la responsabilidad social universitaria. La aplicación del efluente producido por el biodigestor (abono orgánico o bio-abono), aumenta la fertilidad del suelo permitiendo así el aumento de la producción de las plantas cultivadas, incluyendo las forrajeras. Ello, alineado a que este biodigestor es auto limpiante, anualmente se revisará la caja de lodo para extraer este sólido que puede ser aprovechado.

La instalación de este biodigestor trae consigo grandes beneficios económicos, ya que tiene diferentes usos: en la producción del biogás se obtiene un fertilizante orgánico de alta calidad de inmediata disponibilidad a los cultivos y que se puede integrar fácilmente al sistema de producción. Se está haciendo un reúso del agua para el riego y fortalecimiento de las áreas verdes de la Universidad, hecho que trae un impacto ecológico y ambiental, ya que se podrá aumentar la siembra de plantas para arborizar a la universidad, contribuir con áreas verdes e inclusive va a impulsar la descontaminación del aire con el sembradío de plantas atrapa polvo. Se debe medir la cantidad de líquido entrante al Biodigestro y la cantidad de agua que se aproveche a fin de establecer el beneficio del mismo y poder proyectar otros usos.

Reduce la contaminación ambiental al convertir en residuos útiles, aumentando la protección del suelo, de las fuentes de agua, de la pureza del aire y del bosque. Dichas excretas contienen microorganismos patógenos, larvas, huevos, pupas de invertebrados que de otro modo podrían convertirse en plagas y enfermedades para las plantas cultivadas.

Se produce abono orgánico (bio-abono) con un contenido mineral similar al de las excretas frescas, pero de mejor calidad nutricional para las plantas y para la producción de fitoplancton. Este último es utilizado para la alimentación de peces y crustáceos.

Mediante la utilización del efluente como bio-abono se reduce el uso de fertilizantes químicos, cuya producción y aplicación tiene consecuencias negativas para el medio ambiente global y local.

Mejora las condiciones higiénicas de la unidad de producción a través de la reducción de patógenos, huevos de gusanos y moscas, los que mueren durante el proceso de biodigestión.

Contribuyen a reducir los niveles de deforestación por el menor uso de leña con fines energéticos.

Produce beneficios micro-económicos a través de: la sustitución de energía no renovable y fertilizantes sintéticos por energía renovable y fertilizantes orgánicos; y el aumento en los ingresos debido al incremento de la productividad y producción agrícola y pecuaria.

Se reduce el riesgo de transmisión de enfermedades (Mc Garry y Stainforth, 1978), ya que al reciclar en conjunto las excretas humanas en biodigestores que operan en rangos de temperatura interna entre 30 °C y 35 °C es posible destruir hasta el 95% de los huevos de parásitos y casi todas las bacterias y protozoarios causantes de enfermedades gastrointestinales.

## **RECOMENDACIONES**

A las autoridades de la Universidad, el control y seguimiento del financiamiento de este proyecto en sus otras fases, como lo es el recolectar por completo las aguas residuales y canalizarlas al Biodigestor.

Apoyar el desarrollo de los proyectos de investigación que dependían de este Proyecto, como lo es la Arborización de la Universidad Santo Domingo de Guzmán para la disminución de la contaminación ambiental y el cuidado ecológico como responsabilidad universitaria, Construir un Jardín Botánico y su impacto en la educación de la comunidad sobre el cuidado de la salud.

A la Comunidad Universitaria, a cuidar el biodigestor y respetar las normativas recién establecidas sobre los desechos en los servicios sanitarios.

A la Comunidad en general, que esta experiencia pueda servir para la comunidad aledaña a esta Universidad en el tratamiento y reúso de las aguas residuales, con poca inversión.

## REFERENCIAS

- Agricultura, M. d. (2010). Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos N° 29338. Lima, Perú.
- Agua, A. L. (2010). Ley 29338. Lima.
- Antonio, M. D. (2017). Plan distrital de seguridad ciudadana CODISEC San Antonio-2017. San Antonio, Huarochiri, Lima - Perú.
- Carrasco Diaz, S. (2006). *Metodología de la investigación científica*. Lima: Editoria San Marcos.
- Ccoyllo Valente, F. (2015). *Estudios geotecnicos para sistemas de agua potable y alcantarillado-aplicacion esquema del distrito de San Antonio de HUarochiri-Secor 129"*. Lima.
- CEPAL. (2008). Comisión económica para América Larina y el Caribe - Programa Mundial de Alimentos. El costo del hambre. Impacto social y económico de la desnutrición infantil en Perú, Proyecto Conjunto "Análisis del Impacto Social y Económico del Hambre en América Latina y el Caribe". Cepal/ Oficina Regional para América Latina y el Caribe del PMA. Disponible en Internet: <http://bvcooperacion.pe>. Consultado Octubre 2018.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V
- Herrera Pandurol, K. L., & López Hernández, R. A. (Julio de 2015). *Planta de tratamiento de aguas residuales para reúso de riego de parques y jardines en el distrito de la Esperanza, provincia de Trujillo. La Libertad*. Obtenido de [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/1981/1/RE\\_ING.CIVIL\\_RODRIGO.LOPEZ\\_KATHLEEN.HERRERA\\_TRATAMIENTO.DE.AGUAS.PARQUESYJARDINES\\_DATOS\\_T046\\_46844931TRE.PDF](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/1981/1/RE_ING.CIVIL_RODRIGO.LOPEZ_KATHLEEN.HERRERA_TRATAMIENTO.DE.AGUAS.PARQUESYJARDINES_DATOS_T046_46844931TRE.PDF)
- Lozada, J. (2014). Centro de Investigación en Mecatrónica y Sistemas Interactivos, Universidad Tecnológica Indoamérica, Quito, Pichincha, Ecuador.
- Manual elaborado en el Marco del Proyecto Prevención y Preparación en Comunidades altoandinas, afectadas por Sequías, Heladas y otros peligros en cuatro distritos de las Regiones de Moquegua y Arequipa” [http://www.predes.org.pe/predes/cartilla\\_riegoteo.pdf](http://www.predes.org.pe/predes/cartilla_riegoteo.pdf).
- Mara D y S Cairncross (1989): Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture. Geneva, Organización Mundial de la Salud.
- Minam. (17 de Marzo de 2010). Límites máximo permisibles para los afluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales. *Ambiente*. Lima, Perú: El Peruano.
- Moscoso J. (2011). Estudio de Opciones de Tratamiento y Reúso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana.

- Osorio Robles, F., Torres Rojo, J. C., & Sánchez Bas, M. (2010). *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes*. España: PSS, Servicios Culturales.
- ONU. (2015a). Organización de las Naciones Unidas. WWDR. Aguas residuales el recurso desaprovechado
- ONU-DAES. (2015). [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water\\_cities.shtml](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_cities.shtml)
- Popper, Karl. 1959. *The Logic of Scientific Discovery*, Harper Torchbooks, New York.
- Riego, M. d. (7 de Junio de 2017). Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para Aguas. *El Peruano*, pág. 12.
- Salud, O. M. (2017). Agua, Saneamiento y Salud (ASS).
- Sato, M., Suzuki, T., Nakai, Y. (2013). Waves of differentiation in the fly visual system. *Dev. Biol.* 380(1): 1--11.
- Sistema Internacional de Responsabilidad Social Empresarial. <http://sirse.info/responsabilidad-social-universitaria-en-peru/>. Consultado 12 febrero, 2019.
- UNESCO. (2017). Organización Mundial para las Naciones Unidas. *Aguas residuales el recurso desaprovechado*. Francia.
- Vinardell S. (2017) Tesis *Separación de efluentes y descentralización para el sistema de tratamiento de las aguas residuales*. Universidad de Girona, para optar al grado de Ingeniería Química.

## ANEXOS



UNIVERSIDAD  
**SANTO DOMINGO DE GUZMÁN**  
"Una Universidad para Todos"

PROYECTO  
TRATAMIENTO DE  
**AGUAS RESIDUALES**

Conoce nuestro Biodigestor un producto que desarrollamos para mejorar el saneamiento y la prevención sustentable del agua en el campo



## BIODIGESTOR PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES

- > Evita la contaminación de los mantos freáticos
- > Sustituye de manera más eficiente el uso de fosas sépticas
- > Ahorra costos de mantenimiento al ser autolimpiante
- > Mejora el tratamiento de las aguas residuales domésticas



Avisos colocados como campaña en los Baños de la Institución



**¡Cuida tu  
Biodigestor!**



**Bio-USDG**