



**ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO**

**GESTIÓN DE TECNOLOGÍA LIMPIA PARA EL TRATAMIENTO Y REÚSO DE  
AGUAS RESIDUALES EN LIMA-CALLAO**

**Línea de investigación:**

**Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación**

Tesis para optar el grado académico de Maestra en Gestión Ambiental

**Autora:**

Mejía Marcacuzco, Neli Elizabeth

**Asesor:**

Lescano Sandoval, Jorge  
(ORCID: 0000-0001-7683-7227)

**Jurado:**

Coveñas Lalupu, José  
Bazán Ramírez, Wilfredo  
Bazán Briceño, José Luis

**Lima - Perú**

**2021**



**Referencia:**

Mejía, N. (2021). *Gestión de tecnología limpia para el tratamiento y reúso de aguas residuales en Lima-Callao*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/6276>



**Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)**

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

GESTIÓN DE TECNOLOGÍA LIMPIA PARA EL TRATAMIENTO Y REÚSO DE  
AGUAS RESIDUALES EN LIMA-CALLAO

**Línea de investigación:**

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación

Tesis para optar el grado académico de  
Maestra en Gestión Ambiental

**Autor:**

Mejía Marcacuzco, Neli Elizabeth

**Asesor:**

Lescano Sandoval, Jorge  
(ORCID: 0000-0001-7683-7227)

**Jurado:**

Coveñas Lalupu, José  
Bazán Ramírez, Wilfredo  
Bazán Briceño, José Luis

Lima – Perú  
2021

**DEDICATORIA**

A la memoria de mis padres, mis hermanos, amigos por su apoyo permanente y su comprensión en todo este difícil camino de la superación.

## **RECONOCIMIENTO**

Mi especial reconocimiento para los distinguidos Miembros del Jurado:

Dr. Coveñas Lalupu, José

Dr. Bazán Ramírez, Wilfredo

Mg. Bazán Briceño José Luis

Por su criterio objetivo en la evaluación de este trabajo de investigación.

Asimismo, mi reconocimiento para mi asesor:

Dr. Lescano Sandoval, Jorge

Por las sugerencias recibidas para el mejoramiento de este trabajo.

Muchas gracias para todos.

## INDICE

<b>PORTADA</b> .....		<b>i</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....		<b>ii</b>
<b>RECONOCIMIENTO</b> .....		<b>iii</b>
<b>INDICE</b> .....		<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b> .....		<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....		<b>xii</b>
<b>I.</b>	<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
	<b>1.1. Planteamiento del problema</b> .....	<b>2</b>
	<b>1.2. Descripción del problema</b> .....	<b>3</b>
	<b>1.3. Formulación del Problema</b> .....	<b>4</b>
	<b>1.3.1. Problema general</b> .....	<b>4</b>
	<b>1.3.2. Problemas específicos</b> .....	<b>4</b>
	<b>1.4. Antecedentes</b> .....	<b>5</b>
	<b>1.4.1. Antecedentes internacionales</b> .....	<b>5</b>
	<b>1.4.2. Antecedentes nacionales</b> .....	<b>7</b>
	<b>1.5. Justificación de la Investigación</b> .....	<b>9</b>
	<b>1.6. Limitaciones de la investigación</b> .....	<b>12</b>
	<b>1.7. Objetivos</b> .....	<b>12</b>
	<b>1.7.1. Objetivo general</b> .....	<b>12</b>
	<b>1.7.2. Objetivos específicos</b> .....	<b>12</b>
	<b>1.8. Hipótesis</b> .....	<b>13</b>
	<b>1.8.1. Hipótesis General</b> .....	<b>13</b>
	<b>1.8.2. Hipótesis Específicas</b> .....	<b>13</b>
<b>II.</b>	<b>Marco Teórico</b> .....	<b>14</b>
	<b>2.1. Marco Conceptual</b> .....	<b>14</b>

2.1.1. Tecnología limpia o ecoeficiencia.....	14
2.1.2. La Norma S.090 .....	15
2.1.3. Calidad de las aguas residuales y los procesos de tratamiento .....	17
2.1.4. Desarrollo sostenible .....	19
2.1.5. Desempeño sustentable .....	20
2.1.6. Tecnología y contaminación .....	22
2.1.7. Conciencia ambiental.....	23
2.1.8. Gestión de calidad ambiental .....	25
2.1.9. Modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en procesos.....	26
2.1.10. Norma Ambiental ISO 14001:2015.....	27
2.1.11. Objetivo de un sistema de gestión ambiental.....	28
2.1.12. Actores de éxito .....	28
2.1.13. Enfoque PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) .....	29
2.1.14. Política ambiental.....	30
2.1.15. Roles de la organización, responsabilidades y autoridades.....	32
2.1.16. Correlación de ISO 14001:2004 a ISO 14001:2015 .....	40
2.2. Bases teóricas especializadas.....	42
2.2.1. Análisis de la sensibilidad en la implantación de tecnología limpia en las plantas de tratamiento .....	42
2.2.2. Ecoeficiencia financiera .....	44
2.2.3. Inversiones con asociaciones público-privadas.....	46
2.2.4. Financiación de las tecnologías de energías renovables.....	48
2.2.5. Transferencia financiera de tecnologías limpias .....	50
2.2.6. Resultado de la calidad de aguas servidas en plantas de tratamiento convencionales: .....	51

Caso estudio PTAR San Bartolo.....	51
2.2.7. Caso de estudio: Implementación de tecnología limpia en una planta de tratamiento en la zona de Lima - Callao .....	52
2.2.7.1. Descripción del proyecto .....	52
2.2.8. Evaluación económica de las opciones de tratamiento y reúso .....	65
III. Método .....	74
3.1. Tipo de Investigación.....	74
3.2. Población y Muestra .....	74
3.3. Operacionalización de las Variables .....	76
3.4. Instrumentos.....	77
3.5. Procedimientos .....	77
3.6. Análisis de datos.....	77
3.7. Consideraciones éticas .....	78
IV. Resultados.....	79
V. Discusión de Resultados .....	96
VI. Conclusiones .....	99
VII. Recomendaciones .....	100
VIII. Referencias .....	101
IX. Anexos .....	105
Anexo A. Matriz de consistencia.....	106
Anexo B. Instrumento de recolección de datos.....	108
Anexo C. Confiabilidad del instrumento .....	109
Anexo D. Definición de términos .....	111

## Índice de tablas

Tabla 1 Resumen requisitos del nivel del servicio de agua para promover la salud .....	18
Tabla 2 Resultados de Monitoreo 2013-2014 de PTAR CALLAO existente .....	59
Tabla 3 Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR .....	77
Tabla 4 Costo del nuevo sistema de tratamiento y reúso e ingreso (US\$/HA/AÑO).....	77
Tabla 5 Programa de inversiones (miles de US\$).....	79
Tabla 6 Inversión y costos operativos de implementación del plan de gestión ambiental (miles de US\$) .....	80
Tabla 7 Flujo de fondos (miles de US\$) .....	81
Tabla 8 Indicadores de rentabilidad .....	66
Tabla 9 Flujo económico .....	67
Tabla 10 Indicadores de rentabilidad - Análisis de sensibilidad 1.....	67
Tabla 11 Características de las fuentes de financiamiento .....	68
Tabla 12 Programa de financiamiento del proyecto (miles de US\$).....	87
Tabla 13 Flujo de fondos (miles de US\$).....	88
Tabla 14 Indicadores de rentabilidad .....	90
Tabla 15 Prueba chi-cuadrada para hipótesis general.....	99
Tabla 16 Prueba chi-cuadrada para hipótesis específico (a).....	87
Tabla 17 Prueba chi-cuadrada para hipótesis específico (b).....	88
Tabla 18 Prueba chi-cuadrada para hipótesis específico (c) .....	89
Tabla 19 Nivel de percepción de la población respecto a la incidencia de una Gestión de Tecnología Limpia en el tratamiento y reúso de aguas residuales.....	90
Tabla 20 Incidencia de la tecnología limpia en la calidad de agua tratada.....	91
Tabla 21 Eficiencia en uso de espacio y tiempo en el tratamiento de agua residual .....	92
Tabla 22 Calificación de Capital Water en el uso de tecnología limpia.....	93

Tabla 23	Calificación de la eficiencia de una Gestión de Tecnología Limpia en el tratamiento y reúso de aguas residuales .....	94
Tabla 24	Reducción de la contaminación ambiental por uso de tecnología limpia.....	110
Tabla 25	Calificación del costo de uso de tecnología limpia.....	111
Tabla 26	Calificación sobre requerimiento de personal especializado.....	112
Tabla 27	Conocimiento de la participación de la empresa privada y estado en implementación de tecnología limpia.....	113
Tabla 28	Percepción de la población acerca de la capacidad de control, seguimiento y mejora continua de la planta de tratamiento con una gestión de tecnología limpia.....	114

## Índice de figuras

Figura 1 Consumo promedio de agua potable en Lima Metropolitana .....	19
Figura 2 Daño de la contaminación.....	37
Figura 3 La mejora continua relacionada con la medición y seguimiento de procesos.....	41
Figura 4 Alcances del Sistema de Gestión Ambiental.....	30
Figura 5 Matriz de correlación de ISO 14001:2004 A 14001:2015 .....	41
Figura 6 Nivel de cumplimiento del parámetro Coliformes Termotolerantes PTAR San Bartolo-SEDAPAL-Periodo2017.....	69
Figura 7 Nivel de cumplimiento del parámetro demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno PTAR San Bartolo-SEDAPAL-Periodo 2017.....	69
Figura 8 Nivel de percepción de la población respecto a la incidencia de una Gestión de Tecnología Limpia en el tratamiento y reúso de aguas residuales .....	105
Figura 9 Incidencia de la tecnología limpia en la calidad del agua tratada .....	87
Figura 10 Eficiencia en uso de espacio y tiempo en el tratamiento de agua residual.....	107
Figura 11 Calificación de Capital Water en el uso de tecnología limpia.....	108
Figura 12 Calificación de la eficiencia de una Gestión de Tecnología Limpia en el tratamiento y reúso de aguas residuales .....	109
Figura 13 Reducción de la contaminación ambiental por uso de tecnología limpia .....	91
Figura 14 Calificación del costo de uso de tecnología limpia.....	111
Figura 15 Calificación sobre requerimiento de personal especializado.....	112
Figura 16 Conocimiento de la participación de la empresa privada y estado en implementación de tecnología limpia.....	94
Figura 17 Percepción de la población acerca de la capacidad de control, seguimiento y mejora continua de la planta de tratamiento con una gestión de tecnología limpia.....	114

## RESUMEN

El presente trabajo, de carácter descriptivo y aplicativo, consiste en analizar la incidencia de la Gestión de Tecnología Limpia en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima – Callao. Para ello se tomó como referencia a la PTAR Callao- Playa Rimac, implementada con tecnología del reactor de lecho móvil (MBBR) que permite obtener variables e indicadores en los procesos de la industria del agua, sistemas de control referente al uso y cuidado sostenible del agua, que a su vez tienen que ver con las medidas preventivas y eficiencia en el tratamiento de aguas residuales. De acuerdo a los resultados obtenidos se ha podido establecer que una gestión de Tecnología Limpia incide positivamente en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima – Callao. Un 67.7%, de las personas encuestadas, indican un nivel alto respecto incidencia de una gestión de tecnología limpia en el tratamiento y reúso de aguas residuales; el 77.4% de los encuestados consideran que la incidencia en la calidad del agua tratada mediante una gestión de tecnología limpia es alta y cumple con los estándares de calidad para riego de parques y jardines. El 75% de los encuestados consideran que una gestión con tecnología permite un alto grado el control, seguimiento y mejora continua de la planta de tratamiento de aguas residuales. En la actualidad las empresas trabajan bajo un sistema de gestión ambiental eficaz que satisfacen las necesidades de las partes interesadas como el ISO 14001:2015.

***Palabras claves:*** tecnología limpia, aguas residuales, calidad del agua.

## ABSTRACT

This descriptive and applicative work consists of analyzing the incidence of Clean Technology Management in the treatment and reuse of wastewater in the urban area of Lima - Callao. For this, the Callao-Playa Rimac WWTP was taken as a reference, implemented with mobile bed reactor technology (MBBR) that allows obtaining variables and indicators in the processes of the water industry, control systems regarding the use and sustainable care of the water, which in turn have to do with preventive measures and efficiency in wastewater treatment. According to the results obtained, it has been established that Clean Technology management has a positive impact on the treatment and reuse of wastewater in the urban area of Lima - Callao. 67.7% of the people surveyed indicate a high level regarding the incidence of clean technology management in the treatment and reuse of wastewater; 77.4% of those surveyed consider that the impact on the quality of the treated water through clean technology management is high and meets the quality standards for irrigation of parks and gardens. 75% of those surveyed consider that management with technology allows a high degree of control, monitoring and continuous improvement of the wastewater treatment plant. Currently, companies work under an effective environmental management system that meets the needs of stakeholders such as ISO 14001: 2015.

**Keywords:** clean technology, wastewater, water quality.

## I. Introducción

En la región de Lima Metropolitana existen dos mega plantas de tratamiento de aguas residuales (Taboada y La Chira) que operarían el 85% de los desagües recolectados en Lima, al parecer realizarían solo un tratamiento primario de remoción de sólidos para disponer las aguas residuales en el mar a través de emisarios submarinos. Una debilidad identificada es que SEDAPAL ha orientado el tratamiento exclusivamente al saneamiento, que implica una disposición adecuada de los efluentes en un cuerpo receptor como el río y el mar, sin tener en cuenta que en la realidad una buena cantidad del agua residual es destinada para el riego agrícola y de áreas verdes. Las restricciones en sus competencias han determinado que a lo más permita la derivación del agua tratada para el riego de las áreas aledañas al sistema de descarga final, sin asumir ninguna responsabilidad sobre este reuso.

Según el INEI las plantas de tratamiento en Lima Metropolitana son 18, y se presentan de acuerdo con la distribución que tiene SEDAPAL en 5 zonas comerciales: Centro, Norte, Este, Sur y Callao. Si bien la cobertura de tratamiento de las aguas residuales en Lima es insuficiente, se vienen haciendo esfuerzos para mejorar e incrementar la cobertura.

La normatividad peruana de saneamiento S.090 para las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales contempla el desarrollo de nuevas tecnologías, gestión de la continuidad operativa, gestión de riesgos de desastres, entre otros. Las innovaciones tecnológicas en las plantas de Tratamiento y reuso de aguas residuales conllevan a ser más amigables con el medio ambiente, por lo que en el presente estudio se propone de demostrar las ventajas de Tecnologías Limpias en el tratamiento de aguas residuales y su posterior reuso del agua tratada para el riego de parques y jardines de la zona urbana de Lima-Callao.

A través de la presente investigación se pretende identificar las deficiencias en la gestión de plantas de tratamiento de aguas residuales de la zona urbana de Lima-Callao y

proponer una estrategia para futuras construcciones e implementación con Sistemas de Tecnología Limpia de plantas de tratamiento.

La presente investigación es de tipo descriptiva y aplicada con información obtenida en forma documental y analítica, entrevistas y encuestas con participación de profesionales de empresas privadas y vecinos de la zona de estudio y tiene como objetivo principal analizar la incidencia de la Gestión de Tecnología Limpia en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima - Callao. Los resultados obtenidos han permitido establecer que una gestión de Tecnología Limpia incide positivamente en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima – Callao.

El desarrollo integral de la investigación consta de nueve capítulos, los cuales se describen: Planteamiento, descripción y formulación del problema, los antecedentes nacionales e internacionales, justificación, limitaciones, objetivos e hipótesis de la investigación que comprendió la elaboración de la tesis. Así mismo comprende al marco teórico el cual abarca el desarrollo de la temática correspondiente al tema y la definición conceptual de la terminología.

El método que corresponde al análisis de la hipótesis del trabajo, se muestran los resultados. Se observarán las discusiones, las conclusiones y recomendaciones. Además, las referencias bibliográficas empleadas que contemplan la investigación y que han facilitado el desarrollo de la tesis, como también la recolección de datos y los anexos.

### **1.1. Planteamiento del problema**

En la actualidad se vive una crisis ambiental por efecto del calentamiento global que constituye un problema grave, este fenómeno ocurre por la acumulación de ciertos gases en la atmósfera, los que no dejan fluir la energía proveniente de la corteza terrestre hacia el espacio, con ello, el incremento de la temperatura en la tierra, constituyendo este problema en la disponibilidad del agua el cual está en reducción cada día.

Asimismo, el incremento de la población es otro factor para la demanda del agua, lo que conlleva la necesidad del reúso de aguas tratadas.

Bravo (2015) indica, que en la zona Agropecuaria de Villa el Salvador (ZAVES) se viene regando sus cultivos con las aguas tratadas de la Planta de Tratamiento Huáscar, cuyo volumen es de 100 lt/s.

El reúso de las aguas residuales tratadas con estándares de calidad por debajo de los LMP es muy importante como fuente adicional para cubrir la demanda del recurso hídrico, debido a la disponibilidad limitada del agua para cubrir las necesidades básicas de la población y riego de cultivos.

Las tecnologías convencionales de tratamiento de aguas residuales brindan una solución parcial por lo que es importante ver otras alternativas de procesos de Tecnologías Limpias en el tratamiento de aguas residuales con fines de aprovechamiento en el riego de jardines sin que éstos causen un impacto negativo al medio ambiente.

## **1.2. Descripción del problema**

Desde el año 1997 el Perú cuenta con una 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. Esta norma se mantiene vigente sin ninguna revisión ni modificación hasta la fecha y contempla el desarrollo de nuevas tecnologías, gestión de la continuidad operativa, gestión de riesgos de desastres, entre otros.

Como antecedente en lo que se refiere al saneamiento y alcantarillado se puede mencionar que en Lima Metropolitana existen dos mega plantas de tratamiento de aguas

residuales (Taboada y La Chira) que operarían el 85% de los desagües recolectados en Lima, al parecer realizarían solo un tratamiento primario de remoción de sólidos para disponer las aguas residuales en el mar a través de emisarios submarinos.

Una debilidad identificada es que SEDAPAL ha orientado el tratamiento exclusivamente al saneamiento, que implica una disposición adecuada de los efluentes en un cuerpo receptor como el río y el mar, sin tener en cuenta que en la realidad una buena cantidad del agua residual es destinada para el riego agrícola y de áreas verdes. Las restricciones en sus competencias han determinado que a lo más permita la derivación del agua tratada para el riego de las áreas aledañas al sistema de descarga final, sin asumir ninguna responsabilidad sobre este reuso.

En encuestas realizadas a los pobladores de la zona del Callao manifiestan que la municipalidad sigue regando con agua potable los parques y jardines, ignorando que hoy en día existen Tecnologías Limpias para el tratamiento de aguas residuales con mayores beneficios y reuso de las aguas tratadas.

### **1.3. Formulación del Problema**

#### ***1.3.1. Problema general***

¿De qué manera la gestión de Tecnología Limpia incide en el tratamiento y reuso de aguas residuales en la zona urbana de Lima - Callao?

#### ***1.3.2. Problemas específicos***

- ¿En qué medida la Gestión de Tecnología Limpia incide en la calidad del agua residual tratada en la zona urbana de Lima – Callao?

- ¿De qué manera la gestión de Tecnología Limpia incide en la eficiencia del tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima – Callao?
  
- ¿De qué manera la Gestión de Tecnología Limpia permite realizar el control, seguimiento y de mejora continua de la planta de tratamiento en la zona urbana de Lima – Callao?

## **1.4. Antecedentes**

### ***1.4.1. Antecedentes internacionales***

Según Howard y Bartram, (2003). Mencionan que los requerimientos de agua relacionado con la salud que permita satisfacer las necesidades de consumo (para bebida y preparación de alimentos) e higiene básica, indica el servicio agua óptimo de una persona es por la cantidad de 100 l/r/d y más (p. 3).

**Tabla 1***Resumen requisitos del nivel del servicio de agua para promover la salud*

<b>Nivel del servicio</b>	<b>Medición del acceso</b>	<b>Necesidades atendidas</b>	<b>Nivel del efecto en la salud</b>
Sin acceso (cantidad recolectada generalmente menor de 5 l/r/d)	Más de 1.000 m ó 30 minutos de tiempo total de recolección	Consumo – no se puede garantizar Higiene – no es posible (a no ser que se practique en la fuente)	Muy alto
Acceso básico (la cantidad promedio no puede superar 20l/r/d)	Entre 100 y 1.000 m ó de 5 a 20 minutos de tiempo total de recolección	Consumo – se debe asegurar Higiene – el lavado de manos y la higiene básica de la alimentación es posible; es difícil garantizar la lavandería y el baño a no ser que se practique en la fuente	Alto
Acceso intermedio (cantidad promedio de aproximadamente 50 l/r/d)	Agua abastecida a través de un grifo público (o dentro de 100 m ó 5 minutos del tiempo total de recolección)	Consumo – asegurado Higiene – la higiene básica personal y de los alimentos está asegurada; se debe asegurar también la lavandería y el baño	Bajo
Acceso óptimo (cantidad promedio de 100 l/r/d y más)	Agua abastecida de manera continua a través de varios grifos	Consumo – se atienden todas las necesidades Higiene – se deben atender todas las necesidades	Muy bajo

Fuente: Howard y Bartram (2003, p.3)

En el ámbito internacional la Municipalidad de Murcia España mediante La Ley 6/2006, establecerá el incremento de las medidas de ahorro y conservación en el consumo de agua como la instalación de dispositivos y adopción de hábitos para el ahorro de agua, la instalación de sistemas de riego adecuados y la utilización de especies autóctonas con bajos requerimientos hídricos en jardines y el correcto mantenimiento del agua de las piscinas. Se ha logrado ahorrar con estas acciones el 12 % del agua potable consumida en la red a lo largo de los últimos 6 años (Municipio de Murcia, 2011).

#### 1.4.2. Antecedentes nacionales

SEDAPAL dio a conocer que en el distrito de San Isidro cada habitante consume 346 litros de agua potable en sus necesidades como alimentación y aseo, seguido por Miraflores, San Borja, Pueblo Libre y Magdalena del Mar. En Villa El Salvador el consumo por persona es de 70 litros de agua potable por día. Lo siguen San Juan de Lurigancho, Villa María del Triunfo, San Juan de Miraflores y San Martín de Porres.

**Figura 1**

*Consumo promedio de agua potable en Lima Metropolitana*



Fuente: SEDAPAL (2017)

En el ámbito nacional, existen pocos estudios específicos sobre gestión de tecnologías limpias para el tratamiento y reúso de aguas residuales, existiendo solamente investigaciones con el enfoque tradicional y no preventivo referente a la eficiencia en el uso sustentable del agua.

La Empresa Peruana “Mercurio Industria y Comercio S.A.C.” es una PYME que se dedica a la producción de insumos para la fundición y la metalurgia. En el año 2003, inició la implementación de un proyecto de prevención de la contaminación con las siguientes acciones y resultados: control de consumo de agua, se colocaron arandelas reductoras de caudal, se reparó el sistema de inodoros, consiguiendo un beneficio económico de S/. 1 200 anuales (CONAM, 2006).

La investigación realizada por la Universidad Nacional Agraria propuso un plan de ecoeficiencia para el uso del agua potable en sus diferentes áreas académicas y administrativas en base al análisis de calidad de las aguas; formulando finalmente propuestas para un mejor manejo y recomendaciones tanto sociales, culturales, medioambientales y económicos, indicando: “Que todos los valores deben ser considerados a la hora de elaborar políticas y programas relacionados con el agua, si se pretende conseguir una gestión de los recursos hídricos que sea equitativa, eficiente y sostenible” (Advíncula *et al.*, 2014).

En el país también se puede mencionar que existe una experiencia de consumo de agua potable desarrollada por el MINAM en el 2008, en catorce entidades del sector público determinó un consumo promedio de 29.97 m<sup>3</sup>/año/trabajador, donde el consumo mínimo promedio fue registrado en el Ministerio de Economía y Finanzas con 12.8 m<sup>3</sup> /año/trabajador y el máximo fue para el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones con 69.80 m<sup>3</sup> /año/trabajador MINAM, (2009). Por otra parte, estudios de ecoeficiencia del agua no se han evidenciado pese que se cuenta con treinta y cinco universidades públicas que existen a nivel nacional que a pesar de estar comprometidas por la normatividad vigente.

Según los estudios del Proyecto Liwa señala que actualmente el 80,6% de la población de Lima está conectada a la red de agua potable; el 19,4% restante (que vive principalmente en las colinas en las afueras de la ciudad) es abastecido por camiones cisterna. Alrededor del 77% de las personas están conectadas a la red de eliminación de aguas residuales. Solo se limpia alrededor del 17% de las aguas residuales. La mayor parte de las aguas residuales se descargan en los ríos o en el Océano Pacífico, solo el 5% de las aguas residuales tratadas se reutilizan con fines de riego (Liwa, 2008).

El Perú es un país que se encuentra en desarrollo en términos de servicio de alcantarillado, es por eso que es importante el tratamiento de aguas residuales y el establecer una visión de su reusó. La gestión adecuada de las aguas residuales en el país traerá consigo mejoras en la salud, el desarrollo económico y el medio ambiente. (Banco Mundial, 2017)

### **1.5. Justificación de la Investigación**

Las innovaciones tecnológicas en las plantas de Tratamiento y reúso de aguas residuales conllevan a ser más amigables con el medio ambiente, por lo que en el presente estudio se propone de demostrar las ventajas de Tecnologías Limpias en el tratamiento de aguas residuales y su posterior reúso del agua tratada para el riego de parques y jardines de la zona urbana de Lima-Callao.

Según el INEI las plantas de tratamiento en Lima Metropolitana son 18, y se presentan de acuerdo con la distribución que tiene SEDAPAL en 5 zonas comerciales: Centro, Norte, Este, Sur y Callao. Si bien la cobertura de tratamiento de las aguas residuales en Lima es insuficiente, se vienen haciendo esfuerzos para mejorar e incrementar la cobertura.

### ***1.5.1 Justificación práctica***

Se reconocerán las deficiencias para proponer una estrategia para futuras construcciones e implementación con Sistemas de Tecnología Limpia de plantas de tratamiento en la zona urbana de Lima-Callao.

¿Para qué sirve?

Sirve de referencia para mejorar la gestión de las plantas de tratamiento existentes y nuevas por construirse, partiendo del concepto de tecnología limpia con mayor beneficio y menos contaminación.

¿Qué importancia tiene para el país?

La importancia radica en la necesidad de mejorar la gestión de plantas de tratamiento de aguas residuales en momentos en que la calidad de agua y su saneamiento son problemas latentes en el país.

¿Cuál es la relevancia para el estado o sociedad en general?

La relevancia para el estado radica en adoptar tecnologías limpias para el tratamiento de aguas residuales y la transferencia de tecnología.

¿Quiénes se beneficiarán con los resultados?

Los beneficiarios directos son los pobladores de la zona urbana del Callao, los gobiernos locales y el gobierno regional del Callao.

¿Ayudará a resolver un problema práctico?

Si porque, genera el conocimiento adecuado para el control, implementación a las plantas de tratamiento ya existentes, así como de las estrategias necesarias para la toma de decisiones.

### **1.5.2 Justificación teórica**

¿Se llenará algún vacío en el conocimiento?

Sí, porque el uso de Tecnología Limpia, en el tratamiento de aguas residuales, es una innovación tecnológica acorde con las necesidades actuales de la población.

¿Se podrán generalizar los resultados a principios más amplios?

Sí, porque el análisis de un caso específico puede generalizarse para otros casos existentes y nuevos.

¿La información que se obtenga puede servir para comentar, desarrollar y apoyar una teoría?

No, porque solo es un caso particular y no abarca diversidad de casos y categorías que permita apoyar una teoría.

¿Se podrá conocer en mayor medida la profundidad de las variables en estudio?

Sí, las variables estarán relacionados con los mecanismos de transferencia de tecnología en lo que se refiere a plantas de tratamiento de aguas residuales y el reúso del agua tratada en el riego de parques y jardines.

¿Qué se espera saber con los resultados obtenidos?

Saber utilizar la información sobre el uso de Tecnologías Limpias, para una buena gestión de plantas de tratamiento de aguas residuales y el reúso del agua tratada en el riego de parques y jardines.

¿Puede sugerir ideas, recomendaciones o hipótesis para futuros estudios?

Se pueden desprender ideas de investigación respecto al uso de nuevas tecnologías de tratamiento de aguas residuales en las diferentes regiones del país en función del número de habitantes y del clima.

## **1.6. Limitaciones de la investigación**

La investigación es aplicada, los aspectos y situaciones encontrados han sido correlacionados con las bases teóricas, haciendo práctico en la medida que se va analizando los diferentes aspectos del problema como una alternativa de gestión desde la entrada hasta su disposición final de tal manera que con la aplicación de la nueva tecnología en estudio se minimice la contaminación tanto en la planta de tratamiento como también por la parte beneficiaria que es la población. En lo que respecta a la limitación de información de estudio es restringida como es notorio por tratarse de una empresa privada por tener información reservada de exclusividad de la empresa. Pero no relevante para la tesis, se ha conseguido al azar los objetivos planteados. Teniendo en cuenta sus dimensiones e indicadores correspondientes y obtención de los datos de los mismos. En lo que respecta al uso de Tecnologías donde existen antecedentes de muchas organizaciones que han sido favorecidas al cambiar este tipo de tecnología, implicando un alto potencial innovador, determinando cuáles son las tecnologías que se deben reemplazar y cuál es el nivel actual de aplicación de esta tecnología. Una de las grandes limitaciones para muchas organizaciones para comenzar aplicar tecnologías limpias son las financieras ya que en muchos casos estos proyectos se perciben de alto riesgo.

## **1.7. Objetivos**

### ***1.7.1. Objetivo general***

Analizar la incidencia de la Gestión de Tecnología Limpia en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima - Callao.

### ***1.7.2. Objetivos específicos***

- Determinar la incidencia de la Gestión de Tecnología Limpia en la calidad del agua residual tratada en la zona urbana de Lima – Callao.

- Determinar la incidencia de la Gestión de Tecnología Limpia en la eficiencia del tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima – Callao.
- Determinar la incidencia de la Gestión de Tecnología Limpia en el control, seguimiento y de mejora continua en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima – Callao.

## **1.8. Hipótesis**

### ***1.8.1. Hipótesis General***

La Gestión de Tecnología Limpia incide positivamente en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima - Callao.

### ***1.8.2. Hipótesis Específicas***

- La Gestión de Tecnología Limpia incide positivamente en la calidad del agua residual tratada en la zona urbana de Lima – Callao.
- La Gestión de Tecnología Limpia incide positivamente en la eficiencia del tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima – Callao.
- La Gestión de Tecnología Limpia permite realizar el control, seguimiento y de mejora continua de la planta de tratamiento en la zona urbana de Lima – Callao.

## II. Marco Teórico

### 2.1. Marco Conceptual

#### 2.1.1. *Tecnología limpia o ecoeficiencia*

“La eco-eficiencia se obtiene por medio del suministro de bienes y servicios a precios competitivos, que satisfagan las necesidades humanas y proporcionen calidad de vida, mientras progresivamente reducen los impactos ecológicos y el consumo de recursos a lo largo de su ciclo de vida, por lo menos hasta un nivel acorde con la capacidad de carga estimada de la Tierra.” (Lehni, 2000, p. 13).

Como afirma Lehni (2000) “Los Gobiernos pueden contribuir con la formulación de políticas económicas e industriales que estimulen la eco-eficiencia en las empresas, así como la reducción en los consumos de energía y recursos en toda la economía” (p. 19).

Según el Informe Anual 2016 por el Ministerio del Ambiente respecto a las Instituciones Públicas Ecoeficientes informa que 219 locales reportaron medidas de ecoeficiencia en el consumo de agua, con un ahorro de 432 885,67 m<sup>3</sup>, que representa 1 726 311,31 soles respecto al año 2015. Con respecto al consumo por colaborador para cada año y los ahorros relacionados; en 2016 respecto al 2015, se han ahorrado 6,29 m<sup>3</sup>/persona y 25,09 soles/persona,

Pese a que Lima se encuentra asentada en un desierto y los costos para realizar el trasvase de agua, desde la región Junín, son elevados, la SUNASS reveló que la tarifa de agua potable de la capital, es una de las más bajas en la región latinoamericana. Además, existe una gran diferencia entre el pago que realiza una familia con acceso a este servicio y otra que no lo tiene. Un usuario que carece de agua llega a pagar hasta S/20.00 el metro cúbico a los revendedores, quienes distribuyen el recurso en cisternas y sin garantía sanitaria (Llanos, 2017).

### **2.1.2. La Norma S.090**

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 contempla todas las tecnologías que actualmente se utilizan en el tratamiento de las aguas residuales.

De la Norma S.090, las disposiciones más relevantes de las diferentes tecnologías establecen una serie de disposiciones generales que se indican a continuación:

- El objetivo del tratamiento, mejorar la calidad de las aguas residuales para cumplir con las normas de calidad del cuerpo receptor o de reutilización, requisito previo al diseño de la planta, efectuar un estudio del cuerpo receptor, porque el grado de tratamiento estará de acuerdo con las normas de calidad del cuerpo receptor.
- Para el aprovechamiento del efluente, el grado de tratamiento estará en función de las normas de calidad establecidas para cada tipo de aprovechamiento. Según el tamaño o importancia del sistema de tratamiento, el diseño de la planta se efectuará a nivel de factibilidad o definitivo.
- El diseño se realizará para un horizonte entre 20 y 30 años, que incluya las condiciones actuales y las futuras cada cinco años, en el diseño de plantas para más de 25,000 habitantes se deberá considerar la Infraestructura complementaria necesaria, tal como casetas de vigilancia, almacén, Laboratorio, etc. Todas las plantas deberán contar con cerco perimétrico y medidas de Seguridad.

- En la caracterización del agua residual cruda se medirá como mínimo sólidos totales en suspensión y sedimentables, nitrógeno amoniacal y orgánico, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (BDO) en 5 días y a 20°, coliformes totales y fecales, y parásitos nematodos intestinales.
- Esta caracterización se realizará en cada descarga importante, mediante cinco campañas de medición en diferentes días de la semana. El muestreo será horario Durante las 24 horas, midiendo paralelamente caudal y temperatura del agua. En caso de existir descargas industriales al sistema de alcantarillado, estos serán caracterizados en forma separada de los desagües domésticos.
- En sistemas nuevos se determinará el caudal medio de diseño tomando como base la Población servida, las dotaciones de agua para consumo humano y los factores de Contribución (80%), además de aporte por infiltración e industriales.
- El caudal de diseño de las obras de llegada y tratamientos preliminares será el máximo horario calculado sin el aporte pluvial, por lo que se deberá incluir un rebose para derivar el exceso de agua cuando se tengan alcantarillados combinados.
- Una vez determinado el grado de tratamiento, se procederá a seleccionar los procesos, Se analizarán diferentes alternativas en relación con el tipo de tecnología y los requerimientos de terreno, equipos, energía, personal especializado para la operación, confiabilidad en las operaciones de mantenimiento y situaciones de emergencia.
- Se realizará un análisis económico para comparar las diferentes opciones, teniendo en cuenta los costos directos, indirectos y de operación y mantenimiento, así como sus Impactos sobre la tarifa.
- Los estudios deberán estar acompañados de evaluaciones de impacto ambiental y de Vulnerabilidad ante desastres, así como las medidas de mitigación correspondientes.

### **2.1.3. Calidad de las aguas residuales y los procesos de tratamiento**

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son un conjunto integrado de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos, que se utilizan con la finalidad de depurar las aguas residuales hasta un nivel tal que permita alcanzar la calidad requerida para su disposición final, o su aprovechamiento mediante el reúso MINAM, (2009) que a continuación se describe las consideraciones que caracteriza cada nivel.

- **Pretratamiento o tratamiento preliminar:** Tiene como objetivo la retención de sólidos gruesos y sólidos finos con densidad mayor al agua y arenas, con el fin de facilitar el tratamiento posterior. Son usuales el empleo de canales con rejas gruesas y finas, desarenadores, y en casos especiales se emplean tamices. Estas unidades, en ocasiones obviadas en el diseño de plantas de tratamiento, son necesarias para evitar problemas por el paso de arena, basura, plásticos, etc., hacia los procesos de tratamiento propiamente dichos.
- **Tratamiento primario:** Se considera como unidad de tratamiento primario a todo sistema que permite remover material en suspensión, excepto material coloidal o sustancias disueltas presentes en el agua. Así, la remoción del tratamiento primario permite quitar entre el 60 a 70% de sólidos suspendidos totales y hasta un 30% de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) orgánica sedimentable presente en el agua residual.
- **Tratamiento secundario:** El fundamento del tratamiento secundario es la inclusión de procesos biológicos en los que predominan las reacciones bioquímicas, generadas por microorganismos que logran eficientes resultados en la remoción de entre el 50% y el 95% de la DBO.

- **El tratamiento de nivel terciario:** tiene como objetivo lograr fundamentalmente la remoción de nutrientes como nitrógeno y fósforo. Usualmente, la finalidad del tratamiento de nivel terciario es evitar que la descarga del agua residual, tratada previamente, ocasione la eutroficación o crecimiento generalizado de algas en lagos, lagunas o cuerpos de agua de baja circulación, ya que ello desencadena el consumo de oxígeno disuelto con los consecuentes impactos sobre la vida acuática del cuerpo de agua receptor.
- **Procesamiento de fangos y material sólido**

Los elementos sólidos provenientes de los procesos primario y secundario son enviados a un digestor anaerobio que produce como principales subproductos, lodos digeridos/estabilizados, biogás (metano y CO<sub>2</sub>) y agua. Los lodos digeridos se envían a vertederos o incineradores o se utiliza en agricultura como fertilizante o como enriquecimiento del suelo.

A pesar de que las aguas residuales sin tratar se usan frecuentemente en agricultura en muchos lugares, también es típica la reutilización de efluentes tratados, al menos a un nivel secundario. Como se mencionó en la sección 1.6, esto puede solucionar problemas de salud pública, con limitaciones apropiadas de uso y medidas preventivas. El efluente tratado a un nivel secundario aún contiene nutrientes de valor para los agricultores, mientras que algunos tratamientos terciarios eliminan el nitrógeno y el fósforo que son ingredientes fundamentales para la fertilización.

El efluente de aguas residuales tiene un contenido salino excesivamente alto, que es necesario eliminar para que sea útil para los agricultores. En este caso específico, se instaló una unidad de Electrodiálisis Inversa (EDR, por sus siglas en inglés) para entregar un tratamiento adicional del efluente que llega a las fincas.

La elección del grado de tratamiento de las aguas residuales normalmente se efectúa de acuerdo con razones ambientales, recreativas y de salud pública. Sin embargo, cuando se considera el uso de un tratamiento adicional como parte de un proyecto de reutilización, es recomendable minimizar los costos empleando tecnologías que puedan ofrecer una operación fiable en el largo plazo, que supongan bajos costos de operación y mantenimiento, que minimicen el uso de sustancias químicas y que sean lo más compactas posible Sorgini, (2007). Cuando el espacio lo permite, se pueden construir instalaciones adicionales dentro de las instalaciones existentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

#### **2.1.4. Desarrollo sostenible**

Este concepto surgió en la década de los años 80, con la celebración de la primera reunión mundial sobre medio ambiente llamada “Conferencia sobre el medio humano” celebrada en Estocolmo. La idea del desarrollo sostenible fue planteada primero por la Unión Internacional para la conservación de la naturaleza (IUEN), en 1980, Cuando se dio a conocer la Estrategia Según el informe de ' Estadística poblacional 2018' Mundial de Conservación, lo cual puntualizaba la sostenibilidad en términos ecológicos, pero muy poco énfasis en el desarrollo económico, por lo que fue tachada de antidesarrollista.

La concepción de “desarrollo sustentable” aparece por primera vez en la Declaración de Estocolmo (1972) significando que es un “proceso por el cual se preservan los recursos naturales en beneficio de las generaciones presentes y futuras”. Posteriormente, se consideró luego de la presentación del Informe Brundtland (1987) el término de “desarrollo sustentable” pasa a otra etapa superior, el de “desarrollo sostenible” capaz de satisfacer las necesidades en un principio, mínimas, del ser humano. Posteriormente, ya en una instancia superior y desde la Declaración de Johannesburgo sobre el desarrollo sostenible (2002); “Desarrollo Sostenible se entiende como el Proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades económicas, sociales,

de diversidad cultural y de un medio ambiente sano de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de las mismas a las generaciones futuras” Equipo PAS UNLZ, (2017).

Otra definición parecida a la anterior más puntual y técnica según Goodland y Ledec (1987) mencionado por (Enkerlim, Cano, Garza, & Vogel, 1997) la cual indica que “*el desarrollo es un patrón de transformaciones sociales y económicas que optimizan los beneficios económicos y sociales disponibles en el presente sin poner en peligro el probable potencial de beneficios similares en el futuro*”. Asimismo, ambos autores definen en términos económicos, el desarrollo sostenible como “el sistema económico en el cual un número de personas y una cantidad de bienes y servicios mantienen un nivel constante, siendo ecológicamente sostenibles en el tiempo, y cubriendo al menos las necesidades básicas de esa población”. En esta definición se hace énfasis en el sistema económico, y se introduce el concepto de “economías de Estado estable”, basadas no en un crecimiento rápido, sino en la estabilidad y la gradual distribución de los bienes y servicios (p. 512).

Según Enkerlim et al. (1997). Señalan que el uso del término “Sustentable” es una palabra que se utiliza como equivalente, traducción literal del término en inglés *sustainable*, y es también un término con amplia aceptación en el ámbito político. Para fines prácticos, ambas palabras son, y quieren decir, lo mismo (p. 510).

#### **2.1.5. Desempeño sustentable**

Índice de Sustentabilidad permite agrupar a empresas que demuestren un elevado desempeño a partir de tres criterios: ambiental, social y de gobierno corporativo. Los cuales demuestran el grado de compromiso y acciones hacia la sustentabilidad de las organizaciones. Dándoles reconocimiento por sus prácticas sustentables, en el ámbito nacional e internacional, además de que se identifican con menores riesgos, ya que la empresa gestiona de manera adecuada diversos indicadores.

Al demostrar resultados positivos en estos tres criterios podrán acceder a capital de inversionistas preocupados por el futuro que analizan posibles oportunidades de inversión.

Permitiendo:

- Reconocer empresas para la inversión responsable.
  - Ser una herramienta para la investigación de empresas responsables.
  - Ser un marco de referencia y comparación con otras empresas.
  - Identificar áreas de oportunidad en cuestiones de sustentabilidad
- Incentivar a las emisoras a comprometerse con la sustentabilidad.

Existen varias experiencias exitosas de índices de sustentabilidad: Dow Jones Sustainability Indexes (1999), FTSE4Good Series (2001) y el Índice de Sustentabilidad Empresarial de la Bolsa de Brasil (2005). Se calcula que son 3 trillones de dólares indizados a este tipo de indicadores. La inversión socialmente responsable viene creciendo a tasas mayores, por lo que en México se ha decidido incursionar con dicho producto. Con ello, la Bolsa Mexicana de Valores busca que más empresas se adhieran a los 10 principios del Pacto Mundial de la ONU, los cuales sirven como guía objetiva y confiable para enfocar los esfuerzos hacia la sustentabilidad.

Para evaluar el desempeño sustentable de la empresa, existen compañías de monitoreo que cuentan con metodología para analizar el comportamiento de la empresa a partir de su desarrollo de acciones ambientales, sociales y de gobierno corporativo. Para lo cual utilizan fuentes públicas de información de las empresas que les permiten conocer el grado de avance que presentan en los tres pilares del análisis. Principalmente se analizan los reportes anuales, reportes de sustentabilidad o de responsabilidad social corporativa, los reportes de la fundación o las fundaciones en caso de trabajar con varias.

### **2.1.6. Tecnología y contaminación**

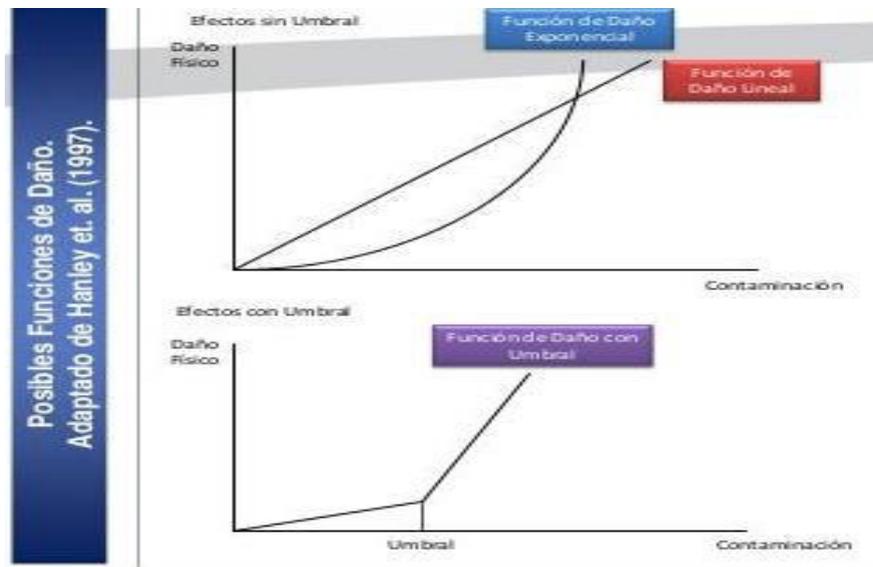
La principal responsabilidad del gerente de producción, está en el planeamiento, diseño, organización, control de las operaciones, así como también del mantenimiento de la “tecnología” para convertir insumos (materias primas, energía, etc.) en resultados (productos útiles y servicios, etc.).

El nivel de producción de desperdicios y contaminantes, es una medida burda de ineficacia de la tecnología utilizada en la producción. A mayor desperdicio generado, mayor ineficiencia de la tecnología.

- a. Los contaminantes representan desperdicio de materiales y recursos energéticos y pérdidas de ganancias para la empresa.
- b. El nivel de contaminación que puede ser tolerado depende de los tipos de organismos afectados y de los tipos de contaminantes generados. Los contaminantes son básicamente de dos tipos:
  - **Agentes sin umbral**, tales como el mercurio, el plomo, el cadmio, etc., los cuales son peligrosos aún en pequeñas cantidades, y
  - **Agentes con umbral**, tales como plaguicidas, sulfatos, desperdicios orgánicos, fósforo, carbón y compuestos de nitrógeno, etc., los cuales son sustancias que contaminan y son peligrosos si están por encima de cierto nivel.

## Figura 2

### *Daño de la contaminación*



Fuente: adaptado de Hanley et.al., (1997)

- c. Algunas veces, el daño combinado de dos contaminantes es mayor que al actuar individualmente, sus efectos son sinérgicos. Otras veces los contaminantes son antagónicos en cuanto a que el efecto de uno neutraliza el de otro, pero es menos común.
- d. La prevención de la contaminación es preferible a la reducción; algunas veces, la prevención de la contaminación es rentable, siempre que sea adecuadamente administrada.

### **2.1.7. Conciencia ambiental**

El término de conciencia ambiental se encuentra formado por: "Conciencia" que proviene del latín consciencia, el cual se define como el conocimiento que el ser humano tiene de sí mismo y de su entorno, mientras que "ambiente", integra todo el entorno que nos rodea, incluyendo a los seres vivos e inertes, así como la sociedad y sus elementos existentes. Sin embargo, este concepto ha ido variando con el paso de los años, no solo por las distintas

culturas que emergen, sino también por los cambios climáticos que experimentamos y las distintas conductas que las personas van adoptando en consecuencia a estos.

Los conceptos sobre la Conciencia ambiental, que están relacionados con cambios de hábitos y actitudes sencillas que, de alguna manera, contribuyen con la reducción del deterioro de nuestro planeta, así como como el cuidado constante de este mismo, luego de haber comprendido la importancia que merece una actitud positiva con el entorno que nos rodea. Tal como señala la ONG El mundo de Ania (2007), “se requieren cambios radicales en nuestros comportamientos y valores en relación a cómo tratamos la naturaleza”. Y todo esto está referido a la transformación que es tan necesaria en las personas, y mucho más en los niños. La conciencia ambiental, no sólo implica un concepto teórico, pues este merece que sea llevado a la práctica por medio de acciones que impliquen un contacto más cercano de cada una de las personas con la naturaleza. Proceso para la toma de Conciencia Ambiental. El haber delimitado los conceptos y objetivos de conciencia y Educación Ambiental, nos permite comprender que la toma de conciencia es el objetivo principal de un proceso de Educación Ambiental y por lo tanto, su implementación debe estar orientada a cumplir con dicho objetivo. Sin embargo, retomando lo que señalaba Smith-Sebasto (1997) no se puede enseñar Educación Ambiental, por lo que el proceso de toma de conciencia ambiental resulta sumamente difícil, pues implica querer desarrollar en las personas un elemento que sólo ellos mismos pueden lograr. Sin embargo, es posible incentivar y promover esta toma de conciencia por medio de un proceso. Este proceso está compuesto por diferentes niveles, que implican que las personas y/o alumnos, vayan adquiriendo diversos conocimientos y actitudes que les permitan ir formando una postura propia frente a los problemas medioambientales. Esto les permitirá pensar de manera crítica y actuar proactivamente para recuperar el equilibrio ecológico. Sin embargo, esta concientización está ligada a la formación social, ética y política, por lo que resulta un proceso complejo. Los niveles que integran este proceso son: Sensibilización, Conocimiento,

Interacción, Valoración y Acción. Aunque algunos autores discrepan sobre la existencia de cuatro o cinco niveles, (retirando el nivel de “interacción”) Se ha considerado pertinente describir los niveles propuestos por Morachimo, citado por Piscoya (2005) complementado la información con las definiciones propuestas por la Carta de Belgrado Young & McElhone, (1994) y el documento del Ministerio de Educación del Perú a la Educación Ambiental como tema transversal en el año 2007.

### ***2.1.8. Gestión de calidad ambiental***

Los elementos centrales del sistema de Gestión de Calidad Ambiental, son la elaboración de objetivos en materia de calidad por parte de la dirección de la empresa, la organización y elaboración de un manual de gestión de calidad. Estos aspectos son los puntos centrales de la auditoría de la calidad. Respecto de la gestión de calidad en comparación con la gestión medioambiental, las normas legales son mucho más importantes. Además, en el caso del sistema de aseguramiento de la calidad prevalece la orientación hacia el cliente. En cambio, los sistemas de gestión medioambiental tienen como referencia las necesidades ambientales, entre ambos sistemas existen también puntos en común que permiten un enfoque integrado. Ambos sistemas de gestión exigen la deducción de objetivos, la elaboración de manuales de gestión, estructuras organizativas y listas de verificación. En particular, en razón de la reducción del riesgo en cuanto a la responsabilidad del producto, los seguros se muestran interesados en la introducción de sistemas de gestión de calidad. Por dar un ejemplo en el país de Alemania hasta hora, aproximadamente el 10 por ciento de las 750,000 empresas-taller que existen en Alemania ha obtenido la certificación según DIN EN ISO. También en este país en el sector público está obligado a introducir sistemas de gestión de calidad porque un creciente número de hospitales, cantinas de las fuerzas armadas y otras instituciones, etcétera, sólo aceptan panaderos certificados según las normas ISO 9000. En particular en la gestión de

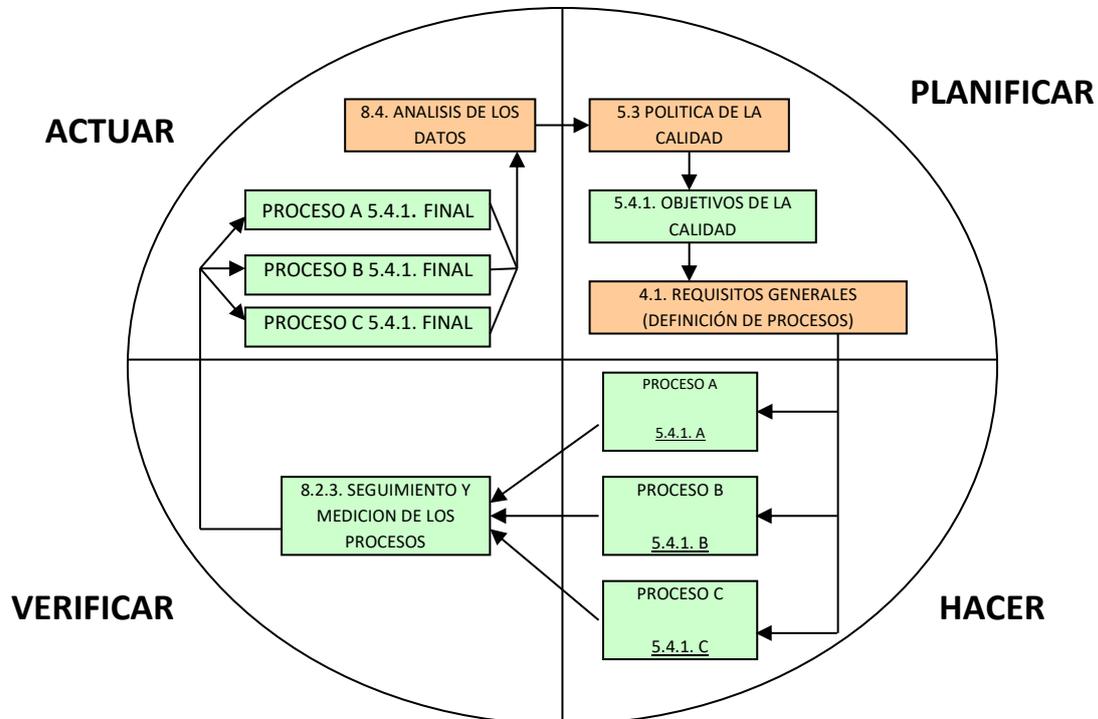
residuos se aprecian crecientes esfuerzos por introducir sistemas de aseguramiento de la calidad y de obtener la certificación según DIN EN ISO 9000. Estas medidas son una reacción ante los requerimientos del sector público y las expectativas sobre todo de la municipalidad, como cliente. Cabe destacar que la gestión ambiental a nivel de empresa se complementa con la gestión de calidad. En la introducción de un sistema, se pueden aprovechar partes del otro, en caso de haber sido implementado. También se puede pensar en la posibilidad de introducir ambos sistemas al mismo tiempo. En todas las consideraciones que se hagan respecto de la instalación de los sistemas, los costos y las exigencias del mercado en cuanto a la instalación de los sistemas serán siempre un factor de importancia decisiva.

#### ***2.1.9. Modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en procesos***

La filosofía de la Norma ISO 9000 se basa en la gestión por procesos o enfoque a procesos. En la parte superior del gráfico, la responsabilidad de la dirección abarca el conjunto de procesos vinculados a la planificación y el establecimiento de objetivos, de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización. En la gestión de los recursos abarca los procesos necesarios para asegurar la disponibilidad de los recursos apropiados para cada actividad. Siguiendo el flujo está el conjunto de procesos de realización del producto, que culminan con la entrega al cliente. Al mismo tiempo, el flujo continúa hacia la Medición, Análisis y Mejora, cuyos procesos evalúan los resultados obtenidos (en particular, la satisfacción del cliente) y establecen acciones de mejora, enlazando de nuevo con la etapa inicial, y cerrando el ciclo que se conoce como “PDCA” (Planificar, Hacer, Controlar, Actuar). Con la iteración continua de esta rueda, se consigue la mejora continua del sistema de gestión de la calidad.

**Figura 3**

*La mejora continua relacionada con la medición y seguimiento de los procesos*



Fuente: Elaboración propia

### 2.1.10. Norma Ambiental ISO 14001:2015

Conseguir el equilibrio entre el medio ambiente, la sociedad y la economía está considerado como algo esencial para satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de futuras generaciones a la hora de satisfacer sus necesidades. El desarrollo sostenible es un objetivo que se consigue gracias al equilibrio de los tres pilares de sostenibilidad.

Las expectativas sociales para el desarrollo sostenible, la transparencia y la rendición de cuentas se desarrolla gracias a la estricta legislación que existe ahora, presiones sociales sobre la contaminación, utilización ineficiente de los recursos naturales, mala gestión de los residuos, etc.

### **2.1.11. Objetivo de un sistema de gestión ambiental**

La norma ISO 14001 proporciona a las organizaciones un marco con el que proteger el medio ambiente y responder a las condiciones ambientales cambiantes, siempre guardando el equilibrio con las necesidades socioeconómicas. Se especifican todos los requisitos para establecer un Sistema de Gestión Ambiental eficiente, que permite a la empresa conseguir los resultados deseados.

Establecer un enfoque sistémico para gestionar el medio ambiente puede generar que la gerencia de la organización tenga información suficiente para construirlo a largo plazo con éxito. Existen diferentes opciones que contribuyen con el desarrollo mediante:

- Protección del medio ambiente utilizando la prevención
- Mitigación de los impactos ambientales
- Mitigarlos efectos secundarios según las condiciones ambientales de la empresa
- Ayuda a la empresa a cumplir con la legislación
- Controla la forma en la que se diseñan los productos y servicios que ofrece la organización
- Consigue beneficios financieros y operaciones que pueden resultar de aplicar alternativas ambientales relacionadas que fortalecen el posicionamiento del mercado
- Comunica la información ambiental a las partes interesadas

Esta norma, al igual que otras muchas, no tiene la función de aumentar los requisitos legales de la organización.

### **2.1.12. Actores de éxito**

El éxito de un Sistema de Gestión Ambiental depende del compromiso que tengan las personas que integran la organización a todos los niveles, liderados por la alta dirección. Las

empresas pueden aprovechar las oportunidades que existen para prevenir o mitigar los impactos ambientales adversos, además de mejorar los impactos ambientales que sean beneficiosos, de una forma particular los que tienen relación con las implicaciones estratégicas y competitivas.

La dirección de la organización puede abordar de forma eficaz todos sus riesgos y oportunidades según la integración de la gestión ambiental de los procesos de negocio, estrategia y toma de decisiones. Alineándolos con otras prioridades del negocio. Se demuestra que la implantación de forma exista de la norma se puede utilizar para asegurar las partes interesadas en un Sistema de Gestión Ambiental.

Aplicar la norma ISO 14001 será diferente en cada organización, ya que depende del contexto en el que se encuentre la empresa. Dos empresas pueden realizar actividades similares, pero pueden tener diferentes obligaciones de cumplimiento, compromisos con su política ambiental, tecnologías ambientales y metas de desempeño ambiental, aunque también se pueden cumplir los requisitos de dicha norma internacional.

### ***2.1.13. Enfoque PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar)***

El modelo PHVA promueve un proceso interactivo usando las organizaciones para conseguir la mejora continua. Se puede aplicar en un Sistema de Gestión Ambiental completo y en cada uno de los elementos individuales. Se puede realizar una descripción breve:

- **Planificar:** establece todos los objetivos ambientales y los procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con la política ambiental de la empresa.
- **Hacer:** implantar los procesos como se encontraba prevista.
- **Verificar:** establece procesos de seguimiento y medir la política ambiental, incluyendo los compromisos, los objetivos ambientales y los criterios de operación.
- **Actuar:** establecer decisiones para mejorar de forma continua.

**Figura 4***Alcances del Sistema de Gestión Ambiental*

Fuente: Estructura De NTC ISO 14001:2015

**2.1.14. Política ambiental**

Se plasman las intenciones de la empresa y debe ser aprobada por la dirección de la organización (3.1.4) se encuentra relacionada con el desempeño ambiental (4.3.11), se expresa de manera formal por la gerencia de la organización (3.1.5).

- Contexto de la organización
- Comprensión de la organización y su contexto

La empresa tiene que determinar las cuestiones externas e internas que son relevantes para el propósito perseguido que afecta a la capacidad de conseguir los resultados deseados en el Sistema de Gestión Ambiental. Los resultados tienen que incluir ciertas condiciones ambientales que son afectadas por o capaces de afectar a la organización.

Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas La empresa tiene que establecer:

- Las partes interesadas que sean relevantes
- Las necesidades y expectativas relevantes

- Las necesidades y expectativas que se convierten en obligaciones de cumplimiento
- Determinar el alcance del Sistema de Gestión Ambiental

La empresa tiene que establecer ciertos límites para determinar el alcance. La organización debe considerar:

- Cuestiones externas e internas
- Obligaciones de cumplimiento
- Unidad organizativa
- Actividades, productos y servicios
- Autoridad y capacidad para ejercer control e influencia

Cuando se ha definido el alcance, las actividades, productos y servicios de la empresa dentro de este ámbito deben ser incluidas en el alcance del Sistema de Gestión Ambiental.

La gerencia de la organización establece, implementa y mantiene una política ambiental que: Es apropiada para el propósito y el contexto de la empresa, en la que se incluye la naturaleza, los impactos ambientales, etc.

- Proporciona un marco para establecer los objetivos ambientales
- Incluye cierto compromiso para la protección del medio ambiente
- Incluye el compromiso necesario para cumplir con todas las obligaciones
- Incluye el compromiso de realizar la mejora continua del Sistema de Gestión Ambiental mejorando su desempeño ambiental.

La política ambiental debe mantenerse como información documentada, ser comunicada dentro de la empresa y estar en disposición de las partes interesadas.

### ***2.1.15. Roles de la organización, responsabilidades y autoridades***

La gerencia de la organización tiene que asegurarse de que las responsabilidades y las autoridades son asignadas y comunicadas dentro de la organización. La alta dirección debe asignar cierta responsabilidad y autoridad para:

- Garantizar que el Sistema de Gestión Ambiental está conforme con los requisitos de dicha norma internacional
- Informar a la gerencia sobre el desempeño del Sistema de Gestión Ambiental, en el que se incluye el desempeño ambiental.

#### **Planificación**

Acciones para tratar el riesgo y las oportunidades.

#### **Generalidades**

La organización tiene que establecer, implantar y mantener los procesos necesarios para cumplir ciertos requisitos.

En el marco del Sistema de Gestión Ambiental, la organización tiene que determinar situaciones potenciales de emergencia, en las que se incluyen las que pueden generar un impacto ambiental. La empresa tiene que mantener la información documentadas de sus riesgos y oportunidades, y de los procesos necesarios.

#### **Aspectos ambientales**

Dentro del alcance definido por el Sistema de Gestión Ambiental la empresa debe:

- Determinar los aspectos ambientales
- Controlar las actividades, servicios o productos que puedan influir
- Conocer los impactos ambientales asociados
- Tener en cuenta el ciclo de vida

La empresa debe determinar los aspectos ambientales significativos y comunicarlos entre los diferentes niveles de la organización. La empresa debe mantener la información documentada de:

- Aspectos ambientales y los impactos ambientales.
- Criterios utilizados para determinar los aspectos ambientales

**Obligaciones de cumplimiento La empresa debe:**

- Determinar y tener acceso a las obligaciones de cumplimiento relacionado con los aspectos ambientales
- Determinar todas las obligaciones de cumplimiento que se aplican a la organización.
- Tener en cuenta las obligaciones de cumplimiento al establecer, implantar, mantener y continuamente la mejora del Sistema de Gestión Ambiental.
- La empresa debe mantener la información documentada de sus obligaciones.

**Planificación de acciones :**

- Toma de decisiones para hacer frente a los aspectos ambientales significativa, obligaciones cumplimiento, riesgo y oportunidades.
- La forma de integrar e implementar las acciones en los procesos del Sistema de Gestión Ambiental.
- Objetivos ambientales y planificación para alcanzarlos
- Objetivos ambientales
- La empresa debe establecer todos los objetivos ambientales en las funciones y niveles pertinentes, teniendo en cuenta todos los aspectos ambientales significativos de la organización y sus obligaciones de cumplimiento asociados,

además de considerar sus riesgos. Los objetivos ambientales tienen que ser coherentes, medibles, monitoreados, comunicados, actualizados, etc.

- Planificación de acciones para alcanzar los objetivos ambientales.
- Al planificar la forma de conseguir los objetivos ambientales, la empresa debe determinar, lo que se hará, los recursos necesarios, quién será la persona responsable, cuando se completará, cómo se evalúan todos los resultados, etc.
- La empresa debe considerar acciones para alcanzar los objetivos ambientales que pueden integrarse en los procesos de negocio.

### **Recursos**

La empresa debe determinar y proporcionar los recursos necesarios para establecer, implementar, mantener y mejorar de forma continua el Sistema de Gestión Ambiental.

### **Competencia, la empresa debe:**

Determinar la competencia necesaria para cada persona que realiza el trabajo bajo el control que afecta a su desempeño ambiental.

Asegurarse de que son personas competentes en base a la educación,

- Formación o experiencia que tenga.
- Determinar la necesidad de formación asociada a los aspectos ambientales.
- Conocer cuando es aplicable y tomar las acciones necesarias para adquirir las competencias necesarias.

### **Conciencia**

La empresa se debe asegurar de que las personas realizan su trabajo bajo el control de la organización.

### **Comunicación, generalidades**

La empresa debe establecer, implementar y mantener los procesos necesarios para las comunicaciones internas y externas pertinentes para el Sistema de Gestión Ambiental.

### **La comunicación interna**

La organización tiene que comunicar internamente información pertinente al Sistema de Gestión Ambiental entre los diferentes niveles y funciones de la empresa, en la que se incluyen los cambios en el SGA, según sea necesario.

### **Comunicación externa**

La organización debe comunicar de forma externa la información relevante para el Sistema de Gestión Ambiental, según lo que establecen los procesos de comunicación de la organización.

### **Información Documentada**

#### **Generalidades**

El SGA de la organización debe incluir:

La información documentada requerida por esta norma internacional

Información documentada determinada por la organización

#### **Creación y actualización**

Al crear y actualizar la información documentada de la empresa debe asegurarse según sea apropiado la identificación y descripción, el formato y los medios de comunicación.

#### **Control de la información documentada**

La información documentada requerida por el Sistema de Gestión Ambiental y por esta norma interna se deben controlar para asegurar que:

- Se encuentra disponible para su uso
- Que se encuentre protegida de forma adecuada

Para controlar la información documentada, la empresa debe realizar las siguientes actividades:

- Distribución, acceso, recuperación y utilización
- Almacenamiento y conservación
- Control de cambios
- Retención y disposición

### **Planificación y control operacional**

La empresa debe establecer, implementar, controlar y mantener los procesos necesarios para cumplir con los requisitos del Sistema de Gestión ambiental.

La empresa tiene que realizar un control de la planificación y revisar las consecuencias de los cambios no deseados, adoptar medidas para mitigar los efectos adversos, etc. La organización tiene que asegurarse que los procesos externos son controlados e influenciados. El tipo y la extensión del control que se aplica a los procesos que deben ser definidos dentro del SGA.

Según la perspectiva del ciclo de vida, la empresa debe:

- Determinar controles
- Determinar los requisitos
- Comunicar los requisitos
- Considerar la necesidad de proporcionar información sobre los potenciales impactos ambientales

La organización debe mantener la información documentada en la medida necesaria para tener confianza de que los procesos han sido llevado a cabo como estaba previsto.

### **Preparación y respuesta de emergencia**

La organización debe establecer, implantar y mantener los procesos necesarios como prepara para responder a las situaciones de emergencias. La empresa debe:

- Prepararse para responder por la planificación de acciones para prevenir impactos ambientales
- Responder a situaciones actuales de emergencia
- Tomar medidas para prevenir las consecuencias de las situaciones de emergencia
- Evaluar periódicamente las acciones de respuesta planificadas
- Revisar periódicamente y revisar los procesos y las respuesta planificadas

## **Evaluación del desempeño**

- Seguimiento, medición, análisis y evaluación

### **Generalidades**

La empresa debe seguir, medir, analizar y evaluar el desempeño ambiental. La organización debe determinar que se necesita para seguir y medir los métodos de seguimiento, medición, análisis y evaluación.

La organización debe asegurarse de que los equipos de seguimiento y medición se encuentran calibrados, se usan y se mantienen según sea apropiado.

La organización debe evaluar su desempeño ambiental y la eficacia del sistema de gestión ambiental. Debe comunicar su desempeño ambiental tanto interna como externamente, según lo determinado por su proceso de comunicación y como lo requieren sus obligaciones de cumplimiento.

### **Evaluar el cumplimiento**

La organización debe establecer, implantar y mantener los procesos necesarios para evaluar el cumplimiento de sus obligaciones. La empresa debe:

Determinar la frecuencia con la que se evaluará el cumplimiento

- Evaluar el cumplimiento y tomar medidas si es necesario
- Mantener el conocimiento y la comprensión de su cumplimiento

### **Auditoría interna, Generalidades**

La empresa tiene que llevar a cabo auditorías internas a intervalos planificados para proporcionar información sobre si el Sistema de Gestión Ambiental cumple todos los requisitos del SGA se ha implantado y mantenido de forma eficiente.

### **Programa de auditoría interna**

La organización tiene que establecer, implementar y mantener un programa de auditoría interna, incluyendo la frecuencia, métodos, responsabilidades, requisitos de planificación y reporte de informes de auditorías internas.

- Cuando se establece el programa de auditoría interna, la organización debe tener en cuenta la importancia ambiental de los procesos concernientes, los cambios que afectan a la organización y los resultados de auditorías previas.
- La organización tiene que:
  - Definir los criterios de auditoría y el alcance de cada auditoría
  - Seleccionar los auditores y conducir las auditorías asegurándose la objetividad e imparcialidad del proceso de auditoría
  - Asegurar que los resultados de las auditorías se informan a la dirección pertinente.

### **Revisión por la Dirección**

La gerencia de la dirección debe revisar el Sistema de Gestión Ambiental de la organización, en intervalos de tiempo planificados, para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia. La revisión por la dirección debe incluir la consideración de:

- El estado de las acciones de las revisiones por la dirección
- Grado en que los objetivos ambientales se han alcanzado
- Información sobre el desempeño ambiental de la organización.

### **Generalidades**

La organización tiene que determinar todas las oportunidades de mejora y poner en marcha las acciones necesarias para alcanzar los resultados esperados en el Sistema de Gestión Ambiental.

### **No conformidad y acciones correctivas**

Cuando se produce una No conformidad, la organización debe:

- Reaccionar ante la no conformidad
- Evaluar la necesidad de tomar acciones para eliminar las causas de la conformidad.
- Implementar cualquier acción correctiva necesaria
- Revisar la eficacia de las medidas correctivas adoptadas
- Realizar cambios en el Sistema de Gestión Ambiental

### **Mejora continua**

La empresa debe mejorar de forma continua la idoneidad, adecuación y eficacia del Sistema de Gestión Ambiental para mejorar el desempeño ambiental.

La norma ISO 14001, entro en vigor desde 2004, y actualmente está en proceso de Actualmente existe un borrador de norma ISO/DIS 14001:2015 (Draft International Standard) en proceso de discusión e introducción de cambios pero que nos sirve para orientar sobre posibles futuros cambios. Al estar en pleno proceso de discusión y participación, es bastante aventurado dar válidos los cambios actuales que se presentan, sin bien, hay líneas generales que parece que serán definitivas la versión del año 2015.

Entre las novedades más destacadas se encuentra la introducción de conceptos más avanzados y ambiciosos para la gestión ambiental, como, por ejemplo:

- Responsabilidad social corporativa
- Desarrollo sostenible
- Comportamiento ambiental demostrable
- Insistencia en el cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos
- Integración como resto de normas ISO
- Toma de conciencia por el entorno en el que opera la organización
- Expectativas de las partes interesadas

- Gestión del riesgo
- Identificación de oportunidades
- Integración de la gestión ambiental en la estrategia de negocio
- Introducción de indicadores
- Comunicación externa proactiva
- Análisis de Ciclo de Vida
- Simplificación
- Transparencia
- Menos burocracia para ser más efectivos
- Menor costo de implantación.
- 

#### ***2.1.16. Correlación de ISO 14001:2004 a ISO 14001:2015***

Con el fin de integrar mejor todas las normas y que se realice una mayor comprensión del enfoque a procesos se han reestructurado los capítulos de la norma en 10 bloques, donde los requisitos normativos están del 4º al 10º. Esta estructura de normas se denomina HLS (estructura de alto nivel, en sus siglas en inglés) y será común para las nuevas normas y actualizaciones.

**Figura 5**

*Matriz de correlación de ISO 14001:2004 A 14001:2015*

ISO 14001:2004	ISO 14001:2015
0. Introducción	0. Introducción
1. Objeto y campo de Aplicación	1. Objeto y campo de Aplicación
2. Normas para consulta	2. Normas para consulta
3. Términos y definiciones	3. Términos y definiciones
<b>ISO 14001:2004</b>	<b>ISO 14001:2015</b>
4.1. Requisitos generales	4.3 Determinación del alcance del sistema de gestión ambiental
	4.4 Sistema de gestión ambiental
	10.2 Mejora continua
4.2. Política ambiental	5.2 Política ambiental
4.3 Planificación	6 Planificación
	6.1 Acciones para tratar riesgos asociados con amenazas y oportunidades
4.3.1. Aspectos ambientales	6.1.1 Generalidades
	6.1.2 Aspectos ambientales significativos
4.3.2. Requisitos legales y otros requisitos	6.1.4 Riesgo asociado con amenazas y oportunidades
4.3.3. Objetivos, metas y programas	6.1.3 Obligaciones de cumplimiento
	6.2 Objetivos ambientales y planificación para lograrlos
	6.2.1 Objetivos ambientales
	6.2.2 Planificación de acciones para cumplir los objetivos ambientales

Fuente: Gestión Ambiental – Nueva ISO 14001 Versión 2015

### **Acción proactiva para la protección del medio ambiente**

Se espera que las organizaciones certificadas en **ISO 14001** tengan iniciativa suficiente para la prevención de la contaminación, el uso sostenible de recursos, la mitigación del cambio climático y la adaptación, la protección de la biodiversidad y de los ecosistemas, etc.

### **Desempeño ambiental**

Se le da mayor presencia al concepto de indicador y a la mejora del desempeño ambiental.

**Enfoque de ciclo de vida**, bastará con gestionar aspectos ambientales asociados con las compras y subcontratación, sino que se requiere ir más allá influyendo positivamente sobre los impactos ambientales asociados con las compras, el diseño del producto, la propia producción o prestación del servicio, y el uso posterior de esos productos por parte del cliente, hasta el final de su vida útil.

### **Comunicación transparente y proactiva**

La comunicación externa deja de ser una opción y se convierte en la práctica en una obligación si es requerida por la administración o las expectativas de sus partes interesadas. La información debe ser fiable, verificable y coherente.

### **La gestión del riesgo y la acción preventiva**

La gestión del riesgo supone un diseño preventivo del sistema de gestión, desapareciendo el apartado específico “acción preventiva”. Se pide a las organizaciones que identifiquen el contexto en el que operan y localice los riesgos y oportunidades que deben ser tratadas, aunque no se define con mucho detalle metodológico cómo documentar este requisito, pero que sí que debe ser base para el diseño del sistema de gestión. Depende de la organización determinar la naturaleza y nivel de detalle de la información documentada que desarrolla.

## **2.2. Bases teóricas especializadas**

### ***2.2.1. Análisis de la sensibilidad en la implantación de tecnología limpia en las plantas de tratamiento***

El análisis de costos en la implementación de las innovaciones tecnológicas es de gran importancia en la actualidad, lo que conlleva a ser más amigable con el medio ambiente, en el presente caso se analizara la sensibilidad económica que involucra la implantación de una planta de tratamiento empleando el uso de tecnologías limpias para el rehusó de aguas residuales agua.

Por otro lado, encontrar los fondos necesarios para costear las tecnologías ecológicas es una cuestión decisiva. Es un problema para las pequeñas empresas de las economías industrializadas, especialmente cuando se reorientan hacia una producción menos contaminante. También es una ardua tarea para las empresas de todo tamaño de los países en desarrollo, estrechamente relacionada con la cuestión de la transferencia de tecnología. Se han propuesto diversas soluciones para remediar las deficiencias de la financiación, y si bien se dispone de recursos financieros, la magnitud del problema no deja de ser preocupante.

Encontrar financiación para las tecnologías ecológicas tanto a efectos de luchar contra la contaminación como de conseguir una producción menos contaminante es un serio problema para los países en desarrollo. El mercado de estas tecnologías en general sigue siendo incipiente, y la Comisión de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible ha señalado que los proyectos o las transacciones concretamente orientados hacia la transferencia de tecnologías ecológicas son pocos y muy excepcionales. En realidad, la mayor parte de estas tecnologías se transfieren, y financian, en el marco de grandes proyectos de infraestructura antes que, a pequeñas y medianas empresas, aun cuando estas empresas representan una gran parte del sector industrial.

Las empresas de los países en desarrollo tropiezan con obstáculos aún mayores a la hora de financiar métodos de producción menos contaminante. Este tipo de producción es desconocido o todavía no se considera viable para resolver los problemas de contaminación grave y crónica de las industrias locales. Ello se debe en parte a que son muy pocos los países que tienen proyectos de demostración que permiten apreciar lo que puede lograrse. Otro problema es que los créditos de las inversiones en producción menos contaminante pueden no ser inmediatos y las empresas (particularmente las pequeñas y medianas empresas) suelen carecer de la flexibilidad financiera necesaria para esperar esos beneficios. Además, los préstamos que muchas empresas necesitan son sencillamente demasiado pequeños como para

interesar a los grandes prestamistas. Los programas también pueden verse desvirtuados por decisiones económicas y de política social, por ejemplo, subvenciones a los precios de la energía, las materias primas o los productos, y apoyo a empresas antieconómicas, a menudo contaminantes. Agravan el problema la debilidad de la legislación ambiental (cuando existe) y su escaso cumplimiento.

La Comisión sobre el Desarrollo Sostenible ha propuesto diversas soluciones, en particular una mayor utilización de las corrientes internacionales de capital, la inversión extranjera directa, la privatización, las asociaciones del sector público y el privado, los intermediarios financieros, los arreglos de construcción-operación-transferencia, los fondos de capital riesgo, y los contratos de arrendamiento con opción de compra (leasing). También pueden facilitar financiación el Banco Mundial, otras instituciones financieras, organizaciones intergubernamentales y los distintos gobiernos donantes.

### **2.2.2. *Ecoeficiencia financiera***

Según el Banco Mundial, el costo de la adopción de tecnologías ecológicas puede ser alto; a veces demasiado alto, especialmente para las pequeñas empresas. Ciertamente, las industrias y empresas de los países desarrollados han invertido enormes sumas en la lucha contra la contaminación y, cada vez más, en su prevención, y continúan haciéndolo. Las inversiones de capital para la reducción de la contaminación representaron el 5% de la inversión total en Alemania, el Japón y los Estados Unidos a fines del decenio de 1970 y primeros años 80, y en el caso del Japón habían llegado hasta el 17% a principios de la década de 1970.

Ahora bien, el Banco Mundial indica que la carga no tiene por qué ser tan pesada para las industrias de los países en desarrollo, al menos para las grandes fábricas, puesto que las emisiones a menudo se pueden reducir sensiblemente sin costo adicional instalando tecnologías que ya se utilizan ordinariamente en los países industrializados. En realidad, las industrias de

los países en desarrollo tienen la ventaja de hacer inversiones nuevas en vez de reemplazar equipo antiguo. Como es difícil, a veces imposible, realizar cambios básicos en los procesos de producción de las plantas existentes, los países industrializados por lo general han procurado controlar las emisiones principalmente añadiendo tecnologías. Pero cuando se construye una nueva fábrica, suele ser más eficaz en función del costo adoptar procesos de producción menos contaminante que permitan reciclar residuos o generar menos desechos.

Teóricamente, los países en desarrollo utilizarán menos controles de etapa final a medida que se expanda su sector industrial, porque cada nueva inversión ofrece la oportunidad de incorporar tecnologías de producción menos contaminante, eficaces con relación al costo, que les permiten dejar atrás el uso estricto de métodos de etapa final.

Combinando procesos de escasa generación de desechos y controles de etapa final, los países en desarrollo podrían reducir las emisiones de las grandes plantas industriales, incrementando al mismo tiempo la producción, a más bajo costo que los países industrializados.

El costo de los controles internos y de etapa final para reducir efluentes y emisiones y la implantación de prácticas de producción menos contaminante varía de un sector a otro y según las circunstancias del caso, lo que hace difícil asignar una cifra concreta a la factura total. No obstante, el Banco Mundial ha calculado el costo que podría suponer para los países en desarrollo la implantación de tecnologías ecológicas de etapa final en la misma escala que los grandes países industrializados. Si el gasto de los países en desarrollo en controles de la contaminación rondara entre el 2% y el 3% de las inversiones, estos países podrían reducir sensiblemente la contaminación industrial y evitar ulteriores gastos de limpieza de la contaminación. Los costos adicionales, según el Banco Mundial, se elevarían a entre 10.000 y 15.000 millones de dólares por año (o sea, apenas entre el 0,2% y el 0,3% del producto interno bruto, PIB) a fines del decenio. Si bien estos costos son altos en valores absolutos, el Banco

Mundial entiende que son pequeños en relación con los ingresos adicionales que genera una buena gestión económica.

### ***2.2.3. Inversiones con asociaciones público-privadas***

Las asociaciones de los sectores público y privado son otro medio eficaz de financiar la transferencia de tecnologías ecológicas. La participación conjunta del sector público gobiernos nacionales, regionales y locales, así como organismos internacionales de ayuda y bancos de desarrollo- y el sector privado en los proyectos puede ser decisiva para la adopción de tecnologías ecológicas. Hay cuatro motivos principales que justifican la participación del sector público:

A menudo es necesario mitigar los riesgos políticos y comerciales, potenciales o reales, para dar entrada al capital privado y la tecnología; puede ser preciso demostrar que las tecnologías ecológicas aportan beneficios reales y eficaces en función del costo a los usuarios finales antes de que las tecnologías que puedan difundir ampliamente valiéndose de los mecanismos del mercado; puede ser necesaria una innovación financiera a relación con la transferencia de tecnologías ecológicas que requiera, al menos la conducción del sector público: algunas tecnologías ecológicas tal vez no sean comercialmente competitivas con otras alternativas, pero por fuertes razones de interés público puede que sea necesario subvencionarlas.

A corto plazo, el objetivo de la colaboración entre el sector público y el privado es utilizar recursos públicos para movilizar capital privado y aprovechar las fuerzas del mercado en la mayor medida posible. Lo que se espera es que el sector privado quiera y pueda emprender el proceso de transferencia de tecnologías ecológicas sin participación del sector público a largo plazo. Varios países han utilizado arreglos de construcción-operación-transferencia como alternativa al crédito externo o la financiación pública. El sector privado tiene a su cargo la

financiación y ejecución del proyecto, que se transfiere al sector público una vez puesto en funcionamiento. Se observan proyectos de este tipo principalmente en los sectores de la energía eléctrica, el transporte y el agua. En 1993 hubo alrededor de 400 de estos proyectos.

Un enfoque innovador de la financiación, la ejecución de proyectos relacionados con las tecnologías ecológicas o eficaces para el medio ambiente con la participación de los sectores público y privado es el que anima a la organización Sustainable Project Management - SPM (Gestión sostenible de proyectos).

La SPM fue creada en 1994 bajo los auspicios del entonces Consejo de las Empresas para un Desarrollo Sostenible, participa actualmente en más de 20 proyectos en todo el mundo, inclusive en algunos con el Programa: Las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Banco Mundial. Los proyectos se refieren a la infraestructura urbana y tienen que ver con el agua, los desechos y el rendimiento energético, y 9 organización se concentra en planes de pequeña a mediana escala cuyo costo normalmente oscila entre 5 y 50 millones de dólares. Tradicionalmente ha sido responsabilidad exclusiva de las autoridades municipales, pero según: SPM, este sistema se ve desbordado por la afluencia masiva de personas a 3 ciudades, la falta de fondos para mejorar y desarrollar los servicios y la dificultad de obtener nuevas tecnologías ecológicas.

La SPM fija cuatro criterios fundamentales para cada proyecto:

El proyecto debe contar con la plena participación de los sectores público y privado desde el comienzo; Los costos de desarrollo deben compartirse equitativamente entre los sectores público y privado, y fuentes de financiación externa como el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo o entidades nacionales de desarrollo.

El proyecto debe tener rentabilidad interna para que la empresa operadora atraiga la participación del sector privado; en los proyectos se utilizarán tecnologías ecológicas y/o tecnologías limpias. El objetivo es evitar la tradicional situación en la que el sector privado

espera a que el sector público seleccione un proyecto y lo ponga a licitación, proceso que a menudo supone la designación de asesores externos para ayudar al sector público a definir un marco al que el sector privado pueda avenirse. Así pues, sólo cuando el proyecto está medio cocinado por costosos "chefs" interviene efectivamente el sector privado. Luego, el proceso supone un largo e interminable juego en el que el sector privado trata de obtener el mayor provecho posible, dice Hugh Faulkner, Presidente Ejecutivo de la SPM.

En cambio, en los proyectos de la SPM, los sectores privado y público se sientan desde el principio a la misma mesa y trabajan juntos en cada etapa. La tarea consiste en seleccionar los asociados financieros y tecnológicos, las opciones tecnológicas, las tecnologías ecológicas concretas, y lo que es muy importante, resolver las cuestiones relativas a la creación de capacidad, la formación, la transferencia de tecnología o la cooperación. Los interlocutores forman una empresa operadora mixta encargada de administrar el proyecto.

La SPM no invierte en ningún proyecto. Su función se limita a determinar planes apropiados, identificar potenciales inversores del sector privado, ponerlos en relación con las partes del sector público, actuar como honesto intermediario en sus negociaciones, y ayudar a reunir los componentes financieros y tecnológicos del proyecto.

#### ***2.2.4. Financiación de las tecnologías de energías renovables***

Las tecnologías de energías renovables cometen considerables beneficios económicos y ambientales a los países en desarrollo. Pero necesitan financiación. El Instituto de los Recursos Mundiales, con sede en los Estados Unidos, sostiene que esas tecnologías han sido desechadas en asistencia para el desarrollo y ha cedido encarecidamente a los donantes o se reconsideren su actitud a fin de acuitar a los países en desarrollo la transición a las energías renovables.

Los donantes, dice el Instituto, estuvieron muy equivocados en los años 70 y 80 al apoyar proyectos excepcionales demasiado centrados en el equipo y los servicios técnicos, y no lo suficiente en la reacción de capacidad para gestionar el cambio. Con harta frecuencia, se promovieron tecnologías inmaduras, no se intentó armonizar las necesidades energéticas de uso final con los recursos o cales; y los centros de investigación sobre energías renovables trabajaron "dependientemente del sector privado. En consecuencia, muchos donantes se sintieron decepcionados y muchos destinatarios de la ayuda llegaron a censar que esas tecnologías ecológicas con técnicas de segunda clase que los propios países industrializados no estaban dispuestos a adoptar.

El Instituto de los Recursos Mundiales hace cuatro recomendaciones:

- Los donantes y las entidades internacionales de préstamo deben incorporar a su acción tecnologías de energías renovables que sean competitivas en relación con su costo;
- Los organismos multilaterales y bilaterales y los países en desarrollo deberían aplicar estrategias conjuntas de comercialización de la energía;
- Los donantes deberían atribuir más alta prioridad a las estrategias a largo plazo encaminadas a crear mercados para las energías renovables, que a la competencia por las exportaciones;
- Los organismos multilaterales y bilaterales deberían dirigir preferentemente los programas de energías renovables a los países que permiten a estas últimas competir en igualdad de condiciones con otras tecnologías.
- Las tecnologías de energías renovables que combinan bajo costo y mayor producción son excelentes candidatas para un programa multilateral coordinado en cuyo marco se podría:

- Armonizar la tecnología con las características de los recursos de energía renovable tanto en los países miembros de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) como en los que no lo son;
- Ayudar a las empresas de servicios públicos y a otros potenciales agentes de desarrollo a determinar aplicaciones apropiadas para la tecnología;
- Estructurar las necesidades de los distintos países en una cemente global de pedidos;
- Publicar avisos de licitaciones abiertas a proveedores potenciales de cualquier país;
- Adjudicar contratos sobre la base de un precio máximo admisible que descendería a lo largo del tiempo.
- El Instituto de los Recursos Mundiales señala que ninguna institución multilateral está lista en este momento para desempeñar esa función catalítica de desarrollo comercial.

### ***2.2.5. Transferencia financiera de tecnologías limpias***

La financiación de tecnologías limpias, y particularmente su transferencia a los países en desarrollo sigue siendo un intrincado problema, y fuente de fricción entre el Norte y el Sur. Según el Banco Mundial, ello obedece a una excesiva dependencia de los fondos públicos o de la asistencia oficial para el desarrollo, mientras que las corrientes de capital privado se han reglamentado en vez de haberse canalizado y catalizado. El Banco Mundial insiste en que los enfoques de la financiación deben modificarse.

El Banco Mundial ha defendido la necesidad de apoyar todo programa de reformas en tres pilares centrales: el aumento del nivel de la financiación; la modificación del modelo de financiación existente; y la reducción de la necesidad de financiación adicional. Las buenas noticias, añade, son que casi todas estas ideas se están ensayando en alguna parte. Lo malo es que no se someten a prueba en suficientes lugares. 'Hasta que ese problema se resuelva y se

resuelva también la cuestión de la financiación de las tecnologías ecológicas, la adopción de nuevas tecnologías ecológicas y de producción menos contaminante seguirá estando a la zaga de las necesidades.

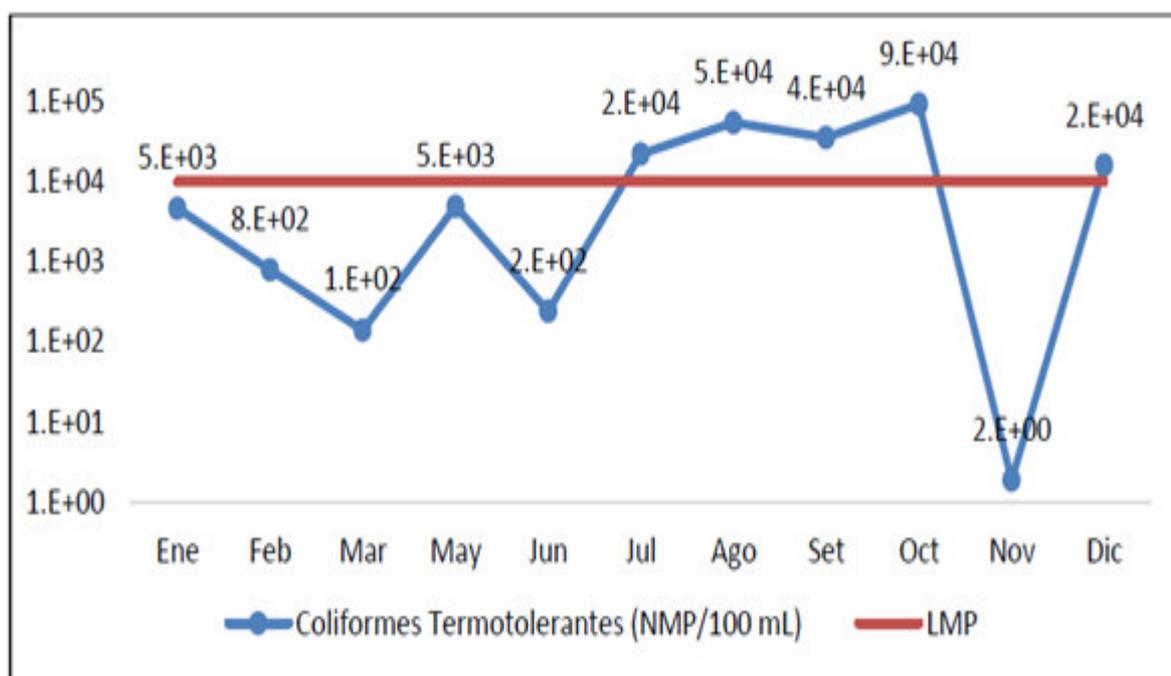
### 2.2.6. Resultado de la calidad de aguas servidas en plantas de tratamiento convencionales:

#### Caso estudio PTAR San Bartolo

De acuerdo al Informe Estadístico Anual – 2017 de la Dirección General de Asuntos Ambientales del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la calidad del agua tratada en la PTAR San Bartolo, son las siguientes:

#### Figura 6

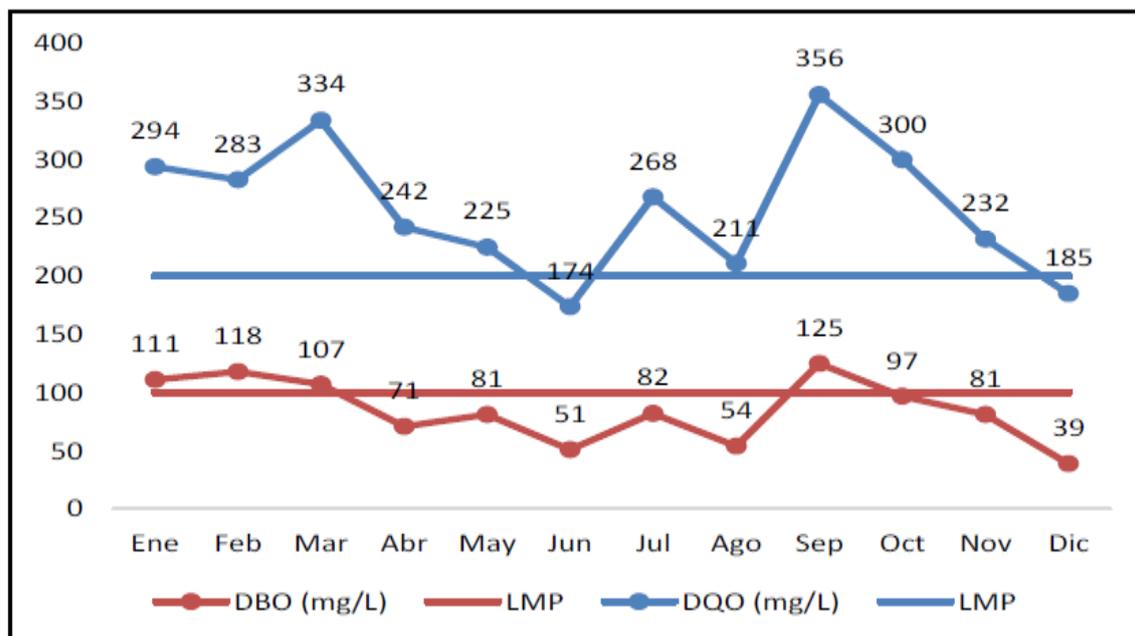
Nivel de cumplimiento del parámetro Coliformes Termotolerantes PTAR San Bartolo – SEDAPAL - Periodo 2017



Fuente: Ministerio de Vivienda (2017)

**Figura 7**

*Nivel de cumplimiento del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) PTAR San Bartolo – SEDAPAL - Periodo 2017*



Fuente: Ministerio de Vivienda (2017)

### **2.2.7. Caso de estudio: Implementación de tecnología limpia en una planta de tratamiento en la zona de Lima - Callao**

#### **2.2.7.1. Descripción del proyecto**

Actualmente existe una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) con una capacidad de 1,200m<sup>3</sup> por día (la misma que será ampliada en 1100 m<sup>3</sup>/día adicionales). La PTAR se ubica a la altura de la cuadra 19 de la Av. Elmer Faucett (cruce de la Av. 2 de Mayo con la Av. Elmer Faucett, en la Urb. Playa Rímac del distrito del Callao), Provincia Constitucional del Callao. Actualmente esta área cuenta con aproximadamente 5000 m<sup>2</sup>. El área de la Planta se encuentra en la cota promedio de 45.00 msnm.

Cabe recalcar que la PTAR cuenta con autorización Vigente para reúso de Aguas Residuales expedido por la Autoridad Nacional del Agua-ANA según consta en la Resolución Directoral N° 269-ANA-AAA-CAÑETE-FORTALEZA del 07 de Agosto del 2013 y con una Certificación Ambiental otorgado por la Dirección Nacional de Saneamiento mediante Resolución Directoral N° 017-2010-VIVIENDAA/MCS-DNS de fecha 25 de Marzo del 2010, en la Categoría de Declaración de Impacto Ambiental (DIA).

Las aguas residuales domésticas son captadas y conducidas hacia la PTAR por bombeo. El sistema instalado es del tipo Biológico, a través de un reactor de biopelícula de lecho móvil - Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). La planta de tratamiento de Aguas Residuales Doméstica está constituida por los siguientes componentes:

- Caja de captación, rejas de limpieza mecánica,
- cámara de bombeo,
- línea de impulsión de agua residual cruda,
- unidades de pre-tratamiento (desarenador, trampa de grasas).
- cámara de equalización u homogenización,
- reactor biológico (MBBR) de dos fases,
- unidad de sedimentación o clarificación,
- sistema de filtración,
- sistema de cloración y almacenamiento de agua residual tratada.

A continuación, se describe los componentes de la PTAR existente los mismos que se encuentran en funcionamiento:

### **Captación y cámara de bombeo de agua residual cruda**

El punto de captación de aguas residuales para la planta de tratamiento existente se realiza desde el colector de 850 mm de diámetro donde se ha instalado una caja de captación,

rejas de limpieza mecánica y cámara de bombeo. La zona de captación se ubica al lado oeste del área de ubicación de todo el conjunto de planta.

La caja de captación desde donde se conduce el agua residual por gravedad a través de una tubería de PVC de 250 mm de diámetro y con una pendiente de 5% hacia una cámara de rejas de limpieza mecánica. El agua residual, después de atravesar el sistema de rejas mecánico, se conduce a una cámara de bombeo desde donde se impulsa el agua residual cruda a través de una tubería de 160 mm de diámetro hasta la unidad de pretratamiento.

Este conjunto de caja de captación, rejas de limpieza mecánica y cámara de bombeo forma parte del tratamiento preliminar en cuya cámara cuenta con dos bombas sumergibles de funcionamiento alterno de 50 m<sup>3</sup>/h de capacidad y con una altura dinámica total de 11.5 m. esta zona de captación está cercada con cerco de mallas de 3 m de altura.

### **Unidad de Pre-tratamiento**

La unidad de pre-tratamiento es mecanizada y cuenta con un equipo compacto que realiza las funciones de desbaste, desarenado y remoción de grasas. Está instalada sobre una losa de concreto en la cota 45,20 msnm.

Los desechos sólidos arenas y grasas removidas en esta unidad son almacenarán en recipientes y posteriormente se disponen en un relleno sanitario autorizado. El efluente de la unidad de pre-tratamiento se conduce por gravedad hacia la unidad de ecualización por medio de una tubería de polietileno de 200 mm de diámetro. También cuenta con una línea bypass entre la captación y la unidad de ecualización.

### **Tanque de Ecualización**

Se ha instalado un tanque de ecualización cuya función es homogenizar el agua residual cruda. Esta unidad es de concreto armado y tiene un volumen útil de 300 m<sup>3</sup>. Asimismo, tiene por dimensiones útiles 7,50 m x 8,00 m x 5,00 m de altura, con un volumen útil equivalente a

un tiempo de retención de seis (6) horas de operación de la planta. Esta unidad cuenta con un agitador que garantiza que los sólidos se mantengan en suspensión y logra absorber los picos de concentración de carga y entrega una concentración constante durante todo el día. Se encuentra semienterrada y a 2.00 m sobre el nivel del terreno.

La tubería de impulsión hacia el reactor es de acero de SCH 40 galvanizado de 4" de diámetro. Esta línea de Impulsión cuenta con un medidor electromagnético de 4" de diámetro.

### **Reactor Biológico**

Son unidades de concreto armado constituidas por dos cámaras o etapas de 136 m<sup>3</sup> cada una. Las dimensiones útiles de cada una de estas cámaras son de 8.00 m x 3.40 m x 5.00 m de altura. El volumen de cada cámara es equivalente a un período de retención de 2.7 horas de operación de la planta. El pase de las aguas residuales de una cámara a otra es por gravedad. Al tratarse de un proceso biológico aerobio, la cámara cuenta una parrilla de tuberías que conduce aire, aplicándose al agua residual a través de difusores de burbuja fina ubicados en el fondo de cada cámara. En la primera cámara se instaló 24 difusores, mientras que en la segunda cámara se instaló 16 difusores.

En cada una de las etapas del reactor biológico se ha previsto rebose de 200 mm de diámetro que descarga hacia una caja de registro de 0.60 x 0.60 m. Asimismo, en cada una de estas cámaras o etapas se ha provisto una caja en la losa de fondo de 0.50 X 0.50 m x 0.30 m de profundidad para instalar una bomba sumergible con el propósito de vaciar completamente la unidad.

### **Cámara de Floculación**

El efluente del reactor biológico sale a través de un vertedero regulable descargando las aguas hacia la unidad de floculación. Esta unidad tiene dos cámaras de mezcla: una primera de 0.50 x 0.50 x 2.04 m de altura, la segunda tiene las siguientes dimensiones útiles de 2.00 x 2.00

x 1.84 m de altura. En cada una de estas cámaras se instalará un agitador mecánico para promover la mezcla y floculación. En estas cámaras se aplica coagulante a fin de mejorar las características físicas de sedimentabilidad de las partículas floculentas generadas en el reactor biológico. El coagulante que se utiliza es el cloruro férrico y para la dosificación se dispone de dos tanques, siendo que en uno de ellos se encuentra el cloruro férrico al 40% y en el otro se prepara la solución de cloruro férrico para ser dosificada a través de la bomba dosificadora correspondiente. El efluente de la cámara de floculación se conducirá por gravedad hacia la unidad de sedimentación o clarificación.

### **Unidad de Sedimentación**

La unidad de sedimentación es circular, de 10.00 m de diámetro y 4 m de profundidad. Es de flujo ascendente recolectando el agua sedimentada por la parte superior a través de una canaleta de concreto perimetral. Los lodos son recolectados en el fondo a través de un barrelos y evacuados por gravedad hacia un buzón donde son conducidos por gravedad hacia la red de alcantarillado público. Previo a la descarga de los lodos se ha instalado un medidor de caudal.

El efluente de la unidad de sedimentación se descarga por gravedad hacia la cámara de bombeo de agua sedimentada a la unidad de filtración. Esta línea de conducción es de acero galvanizado de 200 mm de diámetro instalada a 0.30 m de profundidad y protegida con un dado de concreto en la zona de cruce con la pista antes de su llegada a la cámara de bombeo de agua filtrada, la cual está provista de una válvula de purga de 110 mm que descarga a la caja de desagüe.

### **Cámara de bombeo de agua sedimentada a la unidad de Filtración**

La cámara de agua sedimentada es de concreto armado y tiene un volumen útil de 11.87 m<sup>3</sup> con dimensiones útiles de 2.5 x 2.5 x 1.90 m de altura. El volumen útil de esta cámara equivale a un periodo de retención de 14.2 minutos y se alimenta a través de dos electrobombas sumergibles (el agua tratada y sedimentada hacia los filtros a presión). Estas electrobombas operan alternadamente y tienen una capacidad de 50 m<sup>3</sup>/hora con 20 m de altura dinámica total. La línea de impulsión hacia los filtros es de polietileno y de 160 mm de diámetro. Esta cámara de bombeo tiene una tubería de rebose de 200 mm de PVC que descarga a una caja de 0.60 x 0.60 m.

### **Filtros a Presión**

El agua sedimentada es sometida a un tratamiento terciario compuesto por una batería de cinco tanques para garantizar la remoción de huevos de Helmintos. La unidad de filtración está compuesta por una cama de arena (arena sílice, grava, carbón activado). El efluente de estas unidades se descarga hacia un tanque o reservorio con capacidad de 2400 m<sup>3</sup>. El efluente del retrolavado de filtros se conduce por gravedad hacia la red de desagüe de la planta para su posterior evacuación a la red de alcantarillado público.

### **Cloración**

A efecto de garantizar la calidad bacteriológica del agua filtrada se cuenta con una cloración en línea a través de una bomba dosificadora y un tanque de 1100 lts, donde se receptiona la solución de Hipoclorito de Sodio al 10%. Una vez que se ha aplicado el cloro al agua filtrada en la tubería de salida del agua filtrada de la batería de filtros, ésta se conduce hacia el reservorio de capacidad de 2400 m<sup>3</sup> que será la cámara de contacto.

### **Almacenamiento de Agua Tratada (tanque de efluentes)**

El almacenamiento de agua residual tratada se realiza en el reservorio de concreto armado, de sección circular de 22.6 m de diámetro y una altura útil de 6.00 m. La capacidad útil de almacenamiento es de 2400 m<sup>3</sup> y corresponde a un periodo de producción de 48 horas de la planta. Este tanque se encuentra semienterrado y a 3.70 m sobre el nivel del terreno.

El reservorio cuenta con dos bombas centrifugas de 50 m<sup>3</sup>/hora y altura dinámica de 8.00 m que se utiliza para llenar los Camiones cisterna que transportan el agua residual tratada hacia las áreas de riego. Este tanque cuenta con una línea de rebose a través de una tubería de 200 mm de diámetro de PVG que descarga a la red de desagüe público.

### **Resultados de Monitoreo de PTAR existente**

La PTAR existente, es monitoreada mensualmente por una empresa registrada en INDECOPI y se analizan los siguientes parámetros:

DB05

Sólidos Totales en Suspensión.

Coliformes Termotolerantes

Coliformes Totales.

En la Tabla 2 se presenta los resultados de los parámetros analizados durante el año 2013 así como de los meses de enero y febrero del 2014.

**Tabla 2***Resultados de Monitoreo 2013-2014 de PTAR CALLAO existente*

Parámetros	Unidad	AÑO 2013										AÑO 2014		ECA 03 DS-02-2008
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Set	Oct	Nov	Ene	Feb	
DBO5	mg/L	N.D.	2.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	7.0	7.0	8.0	N.D.	3	15.0
Solidos totales en suspensión	mg/L	N.D.	1.0	N.D.	3.0	8.0	10.0	4.0	10.0	8.0	5.0	7	7	
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	<1.8	33.0	4.0	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	13.0	<1.8	<1.8	7	2	1000.0
Coliformes totales	NMP/100 ml	2.0	330.0	170.0	170.0	<1.8	<1.8	<1.8	700.0	<1.8	<1.8		4.5	5000.0

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014)

**Tabla 3***Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR*

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Solidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	< 35

Fuente: D.S. N° 003-2010-MINAM

Se observa que los resultados cumplen con los estándares de calidad contemplada en el DS-02-2008-MINAM, con lo cual se demuestra que la planta está funcionando muy bien.

**Tabla 4***Costo del nuevo sistema de tratamiento y reúso e ingreso (US\$/HA/AÑO)*

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costo del nuevo sistema	637,47	637,47	1.813,73	1.719,63	1.719,63	1.625,53	1.531,42	1.437,32	1.343,22	72,86
Ingreso disponible *	4.846	4.874	4.964	5.053	5.053	5.053	5.053	5.053	5.053	5.053
Ingreso neto **	4.208,58	4.236,58	3.149,85	3.333,49	3.333,49	3.427,60	3.521,70	3.615,80	3.709,90	4.980,26

\* Ingreso de ventas menos costos de producción de los cultivos; no considera los costos de implementar el nuevo sistema.

\*\* Ingreso después de asumir los costos de implementación y operación del nuevo sistema.

Como se muestra en la Tabla N° 4, el ingreso neto después de asumir el costo de implementar y operar el nuevo sistema es US\$ 3.149,85 y US\$ 4.980,26 en el tercer y décimo año, respectivamente. Entre estos valores fluctúa el ingreso neto por año de la zona de estudio en el horizonte de 10 años. Se deduce que la zona de estudio tiene la capacidad de asumir los costos de implementar el nuevo sistema de tratamiento y reúso. Que es el valor a pagar por el tratamiento de las aguas con la calidad adecuada para el uso de parques y jardines.

La inversión fija incluye el terreno, la planta de tratamiento, el sistema de riego, el revestimiento de canales y los estudios realizados. El capital de trabajo corresponde a los gastos de operación de la planta de tratamiento, la capacitación para implementar el nuevo sistema de tratamiento y reúso, de aguas en parques y jardines para el abastecimiento diario y haciendo un corte anual.

En la Tabla N° 5 se muestra la inversión y costos de operación del plan de gestión ambiental. Se pueden apreciar los rubros de construcción de la planta de tratamiento, por parte de la empresa, el mejoramiento del sistema de riego, el fortalecimiento de las organizaciones locales y la capacitación para la operación del sistema integrado, lo que fortalecerá el desarrollo sostenible de la localidad y la resiliencia de la población ante la escasez del agua.



**Tabla 6***Inversión y costos operativos de implementación del plan de gestión ambiental (miles de US\$)*

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>A. Actividades preventivas</b>	2,44	2,44	1,44	1,44	1,4 4	1,4 4	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44
- Fortalecer organización local	1,00	1,00									
- Programa de monitoreo	1,44	1,44	1,44	1,44	1,4 4	1,4 4	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44
<b>B. Actividades de adecuación</b>	2.434,1 3	6,20	1,20	1,20	1,2 0	1,2 0	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
- Construcción planta tratamiento	1.616,4 9										
- Mejoramiento sistema de riego	812,64										
- Manejo de lodos		1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2'
- Capacitación para el nuevo sistema	5,00	5,00									
<b>Total</b>	2.436,5 7	8,64	2,64	2,64	2,6 4	2,6 4	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64

**Tabla 7***Flujo de fondos (miles de US\$)*

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>A. Ingresos</b>		<b>5.886,47</b>	<b>5.927,21</b>	<b>5.967,95</b>	<b>6.008,69</b>	<b>6.008,69</b>	<b>6.008,69</b>	<b>6.008,69</b>	<b>6.008,69</b>	<b>6.008,69</b>	<b>11.953,35</b>
<b>A.1 Cultivos temporales</b>		5.833,03	5.833,03	5.833,03	5.833,03	5.833,03	5.833,03	5.833,03	5.833,03	5.833,03	<b>5.833,03</b>
<b>A.2 Valor de recupero</b>											<b>5.944,66</b>
<b>- Terrenos</b>											<b>2.910,00</b>
<b>- Instalación</b>											<b>1.728,92</b>
<b>- Capital de trabajo</b>											<b>1.305,75</b>
<b>A.3 Impacto Ambiental*</b>		53,44	94,18	134,92	175,66	175,66	175,66	175,66	175,66	175,66	<b>175,66</b>
<b>B. Egresos</b>	<b>-7.395,85</b>	<b>-3.701,98</b>	<b>-3.701,9</b>								
<b>B.1 Inversión</b>	7.394,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
<b>B.2 Costos Operativos</b>		-3.699,34	-3.699,34	-3.699,34	-3.699,34	-3.699,34	-3.699,34	-3.699,34	-3.699,34	-3.699,34	<b>-3.699,3</b>
<b>- Planta de tratamiento</b>		-19,12	-19,12	-19,12	-19,12	-19,12	-19,12	-19,12	-19,12	-19,12	<b>-19,12</b>
<b>- Cultivos temporales</b>		-3.668,83	-3.668,83	-3.668,83	-3.668,83	-3.668,83	-3.668,83	-3.668,83	-3.668,83	-3.668,83	<b>-3.668,8</b>
<b>- Mantenimiento sistema</b>		-11,40	-11,40	-11,40	-11,40	-11,40	-11,40	-11,40	-11,40	-11,40	<b>-11,40</b>
<b>B.3 Plan gestión ambiental</b>	-1,44	-2,64	-2,64	-2,64	-2,64	-2,64	-2,64	-2,64	-2,64	-2,64	<b>-2,64</b>
<b>C. Flujo económico</b>	<b>-7.395,85</b>	<b>2.184,49</b>	<b>2.225,23</b>	<b>2.265,97</b>	<b>2.306,71</b>	<b>2.306,71</b>	<b>2.306,71</b>	<b>2.306,71</b>	<b>2.306,71</b>	<b>2.306,71</b>	<b>8.251,37</b>

\* Ahorro en enfermedades parasitarias más ahorro en plaguicidas (5, 10, 15 y 20 % por año, en el 1o, 2o, 3o y 4o año, respectivamente)

El flujo económico se obtiene de la suma de los ingresos y egresos del Proyecto, incluido como egreso en el año 0 a la inversión total. Los ingresos comprenden la venta del agua tratada y los impactos ambientales positivos. También incluyen los valores del terreno, implementación, operación, mantenimiento de la planta y el capital de trabajo del último año. Estos valores son calculados al 100% en el caso de los equipos (aun cuando se espera que se deprecie y el valor final sea mayor) y el capital de trabajo, mientras que el valor de todo el proceso se estima en función a una vida útil de 25 años para el caso de canales y planta de tratamiento, mientras que para el sistema de riego se calcula una vida útil de 10- 20 años, de los cuales han transcurrido en décimo año.

Los egresos (todos consignados con valores negativos) comprenden la inversión y los costos operativos de la planta de tratamiento, capacitación, control de monitoreo por terceros. La inversión consignada en el año cero comprende la inversión fija que se ha realizado antes de la puesta en marcha del proyecto y el capital de trabajo para operar el primer año, del agua tratada (1200 m<sup>3</sup>/día), que sólo incluyen los gastos para la primera campaña de ese año. Los egresos de los siguientes años corresponden a los gastos operativos anuales.

#### ***2.2.8. Evaluación económica de las opciones de tratamiento y reúso***

Además de la opción concreta de tratamiento y reúso, se está considerando también una opción con una variación en el valor del terreno. Es importante precisar los siguientes datos que se tomaron en cuenta al realizar la evaluación económica:

- En los impactos ambientales no se incluye la valoración contingente de los mismos. Solo se incluye la pérdida de horas hombre y costo de las enfermedades.
- La tasa de descuento es de 13% al año y es la que usa el Estado peruano para los proyectos sociales; la define el MEF (Ministerio de Economía y Finanzas).

De mantenerse la producción contemplada y teniendo en cuenta los flujos de fondos antes mencionados, el sistema integrado de tratamiento y uso de aguas residuales de la empresa en concesión logrará los índices de rentabilidad que se indican en la siguiente Tabla.

**Tabla 8**

*Indicadores de rentabilidad*

<b>Índice</b>	<b>Valor</b>
<b>VANE (miles de US\$)</b>	<b>5.904,37</b>
<b>TIRE (%)</b>	<b>30,03</b>
<b>Beneficio/costo</b>	<b>1,70</b>
<b>Tasa de descuento (%)</b>	<b>13</b>

El valor actual neto económico (VANE) indica que se tiene un excedente neto de US\$ 5 904 370 al cabo de 10 años. La tasa interna de retorno económica (TIRE) de 30% indica que el proyecto está a 17 puntos por encima de la tasa de descuento establecida 13%.

(13%). Por último, la relación beneficio/costo de 1,70 indica que el proyecto tendrá un retorno de US\$ 1,70 por cada dólar invertido, es decir, una ganancia de 0,70. En suma, estos índices de rentabilidad económica muestran que el proyecto es muy rentable.

Haciendo un análisis de sensibilidad, resulta que la variable más sensible es el precio del terreno, por tal motivo ideamos dos escenarios en los que esta variable se modifica.

### **1. Escenario para análisis de sensibilidad**

Las mismas condiciones del escenario 1, pero con un valor de terreno de US\$ 25,501/ha. Obviamente, estas condiciones hacen que cambie la estructura del flujo de fondos económico, pues se modifica la inversión en lo que respecta a terrenos. En resumen, el flujo económico neto quedaría, como se muestra en la Tabla N° 9.

**Tabla 9***Flujo económico*

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>C. Flujo Económico</b>	- 16.853,83	2.184,49	2.225,23	2.265,97	2.306,71	2.306,71	2.306,71	2.306,71	2.306,71	2.306,71	17.709,3

Los indicadores de rentabilidad para este escenario se muestran en la Tabla 10.

**Tabla 10***Indicadores de rentabilidad - Análisis de sensibilidad 1*

Índice	Valor
VANE (miles de US\$)	0,00
TIRE (%)	13,00
Tasa de descuento (%)	13,00

Como se puede apreciar en este escenario, todos los indicadores muestran que el proyecto tiene rentabilidad cero. Con ese valor del terreno es indiferente financiar o no el proyecto y para cualquier valor del terreno menor de US\$ 25.501/ha, el proyecto es rentable. La rentabilidad estimada del proyecto descansa entonces en la valoración de US\$ 6.000/ha, según la actividad. Como en este caso para el riego de parques y jardines.

## 2. Análisis de las opciones de financiamiento

En la Tabla 11 y 12 se muestran las características de la fuente de financiamiento, la cual será definida en la mesa de negociación que organizará la OPS/CEPIS a fines de 2002. Para este tipo de proyectos, lo más probable es que se trate de un organismo extranjero, cuya línea de crédito tendrá las condiciones que se muestran en la Tabla N° 11.

**Tabla 11**

*Características de las fuentes de financiamiento*

<b>Fuente de crédito</b>	<b>Organismo extranjero</b>
Monto a financiar (miles de US\$)	3.211,20
Estructura deuda / capital (%)	43,42
Tasa de interés (%)	8
Plazo de pago (años)	8
Periodo de gracia (años)	2
Tasa de riesgo (%)	5
Inflación (%)	3

En la Tabla 12 se muestra el programa de financiamiento, en función de las condiciones de la línea de crédito anteriormente descrita.

**Tabla 12***Programa de financiamiento del proyecto (miles de US\$)*

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>A. Inversión año 0</b>	8.214,95										
<b>B. Aporte propio</b>	4.184,63										
<b>C. Préstamo</b>	4.030,32										
<b>C.1 Principal</b>	4.030,32	4.030,32	4.030,32	4.030,32	3.358,60	2.686,88	2.015,16	1.343,44	671,72		
<b>C.2 Amortización</b>		0,00	0,00	671,72	671,72	671,72	671,72	671,72	671,72	671,72	
<b>C.3 Intereses</b>		322,43	322,43	322,43	268,69	214,95	161,21	107,48	53,74		
<b>C.4 Anualidades</b>		322,43	, 322,43	994,14	940,41	886,67	832,93	779,19	725,46		

La Tabla 12 muestra el flujo de fondos para la evaluación financiera en un horizonte de 10 años.



Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B.2 Costos Operativos		3658,60	3617,86	3577,12	3536,38	3536,38	3536,38	3536,38	3536,38	3536,38	-3536,38
- Planta de Tratamiento		-19,12	-19,12	-19,12	-19,12	-19,12	-19,12	-19,12	-19,12	-19,12	-19,12
- Capacitar Sist. Riego											
- Cultivos temporales		-3628,09	-3587,35	-3546,61	-3505,87	-3505,87	-3505,87	-3505,87	-3505,87	-3505,87	-3505,87
- Mantenimiento del sistema de riego		-11,40	-11,40	-11,40	-11,40	-11,40	-11,40	-11,40	-11,40	-11,40	-11,40
B.3 Plan gestión ambiental	-1,44	-2,64	-2,64	-2,64	-2,64	-2,64	-2,64	-2,64	-2,64	-2,64	-2,64
C. Flujo económico	-7397,27	2171,80	2184,54	2225,28	2266,02	2266,02	2266,02	2266,02	2266,02	2266,02	8212,11
D. Servicio de la deuda		-256,90	-256,90	-792,10	-749,28	-706,46	-663,65	-620,83	-578,02		
- Amortización				-535,20	-535,20	-535,20	-535,20	-535,20	-535,20		
- Intereses		-256,90	-256,90	-256,90	-214,08	-171,26	-128,45	-85,63	-42,82		
E. Flujo financiero	-4184,63	1914,90	1927,64	1433,18	1516,74	1559,56	1602,37	1645,19	1688,00	2266,02	8212,11

### 3. Evaluación financiera

Si se logra cumplir con la producción propuesta en los estudios de preinversión y de acuerdo con el flujo de fondos, el sistema de tratamiento y rehusó de aguas residuales de la empresa a concesionar alcanzara los indicadores de rentabilidad que se aprecian en la Tabla N° 14.

**Tabla 14**

*Indicadores de rentabilidad*

Índice	Valor
VANF (miles de US\$)	4.683,64
TIRF (%)	43,42
Beneficio / costo	1,69
Tasa de descuento (%)	16,35

El valor actual neto financiero (VANF) indica que los US\$ 4.184.630 aportados por los pobladores de la zona san Agustín, después de pagar la deuda y los costos por los intereses del préstamo y del capital propio, del riesgo y de la inflación, les permitirá obtener un préstamo y del capital propio, del riesgo y de la inflación, les permitirá obtener un excedente neto de US\$ 4.683.640 al cabo de 10 años.

La tasa interna de retorno financiera (TIRF) de 43,4% indica que el proyecto está 26 Puntos Por encima de la tasa de descuento establecida (16,4%) que da un margen considerable para afrontar eventuales costos mayores. La relación beneficio/costo de 1,69% muestra que el proyecto tendrá un beneficio de US\$ 1,69 por cada dólar invertido. Estos índices de rentabilidad financiera muestran que el proyecto es muy rentable, por lo que resulta atractivo su financiamiento.

**Justificación de la mejor opción de tratamiento y reúso**

Debido al problema permanente de parásitos y a la demanda de un sistema de alta replicabilidad y de bajo costo, la única alternativa analizada ha sido la de tratamiento mediante lagunas de estabilización.

Del mismo modo, la alta rentabilidad alcanzada mediante la actividad de riego de parques y jardines desarrollada durante casi 100 años en la zona del Callao, han determinado que no se realicen modificaciones en el reúso, salvo la mejor aplicación de las aguas residuales mediante un cambio gradual en la tecnología de riego mejorado por aspersión.

### **III. Método**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

La investigación fue de tipo aplicada, por cuanto los aspectos son teorizados, pero sus alcances fueron prácticos en la medida que se esté analizando la situación problemática, se propone como alternativa un sistema de tecnología limpia para las plantas de tratamiento. En este sentido la investigación tuvo el nivel de descriptiva-explicativa, por lo que se describió los procesos, procedimientos, evaluaciones de control, así como la implementación de variables, instrumentos en todo el proceso de la investigación y obteniendo como resultado la medición de la Ecoeficiencia en las plantas de tratamiento.

#### **Diseño de la investigación**

El diseño descriptivo que se aplicó en el trabajo, tuvo como objetivo determinar la eficiencia en la calidad y reúso del agua tratada.

El diseño de investigación correlativo – causal sirvió para relacionar dos o más categorías, conceptos y variables en un determinado proceso y emplear la estadística aplicada para su evaluación.

#### **3.2. Población y Muestra**

La población de estudio fue el área de influencia de la planta de tratamiento PTAR Callao localizado en Playa Rimac Callao, constituido de 122 personas con diferentes niveles de educación con criterios sobre aspectos del problema de agua residual.,

La información necesaria, para el presente trabajo, fue obtenida mediante encuestas a los diferentes estratos de la población, que representaron de manera significativa al mismo, a fin de poder tener mayor representatividad en los análisis que se hicieron.

La determinación del tamaño de la muestra se hizo mediante la fórmula estadística para poblaciones menores a 31,000; obteniéndose **93** participantes.

$$n = \frac{N \cdot p \cdot q \cdot Z^2}{(E)^2 (N-1) + (Z)^2 PQ}$$

$$n = \frac{(0.5) (1.96)^2 \cdot 122}{[(0.05)^2 \times 121] + [(0.5)(0.5)(1.96)^2]} = 93$$

Dónde:

- n Es el tamaño de la muestra que se va tomar en cuenta para el trabajo de campo. Es la Variable que se desea determinar.
- p y q Representan la probabilidad de la población de estar o no incluidas en la muestra. De acuerdo a la doctrina, cuando no se conoce esta probabilidad por estudios estadísticos, se asume que p y q tienen el valor de 0.5 cada uno.
- Z Representa las Unidades de desviación estándar que en la curva normal definen una probabilidad de error = 0.05, lo que equivale a un intervalo de confianza del 95% en la estimación de la muestra, por tanto el valor Z = 1.96
- N El total de la población. En este caso 122 personas considerando a aquellas personas que tienen elementos para responder por los temas de investigación a realizar.
- E Representa el error estándar de la estimación, de acuerdo a la doctrina, debe ser 0.09 o menos. En este caso se ha tomado 0.05 (5.00%).

### 3.3. Operacionalización de las Variables

Variables e Indicadores de la Hipótesis General

Variable Independiente (X)	Indicadores	Índice
Gestión de Tecnología Limpia	X1: Conocimiento técnico	$\leq 60\%$ Minimiz. $\geq 60\%$ Optimiz.
	X2: Educación ambiental	PI-P2=C%
	X3: Impacto Ambiental	E1-E2 $\geq$ 60%
Variable Dependiente (Y)	Indicadores	Índice
Tratamiento y reúso de agua residual	Y1: Nivel de Eficiencia	(%) Categoría I,II y III

Variables e Indicadores de la Hipótesis Específicas

Variable Independiente (X)	Indicadores	Índice
Gestión de Tecnología Limpia	X1: Conocimiento de tecnología limpia	T1-T2=60% Minimiz.
	X2: Educación ambiental	% optimización
	X3: Impacto ambiental	R1-R2= % de reduc. de contaminación.
Variable Dependiente (Y)	Indicadores	Índice
Y1: Calidad del agua residual tratada	Y1: Estándar de Calidad Ambiental	D1-D2=Daño Amb. (+) = Umbral bajo (-)= Umbral alto
Y2: Eficiencia del tratamiento y reúso del agua residual	Y2: Nivel de eficiencia e impacto ambiental	
Y3: Indicadores de control y mejora continua	Y3: Certificación de ISO 14001	
		% $\geq$ 60 deficiencia % $\leq$ 60 mantenimiento para la obtención de estándares.

Fuente: Elaboración propia

### **3.4. Instrumentos**

Los principales instrumentos que se utilizó en la investigación fueron:

- Estudio de casos
- Cuestionario a técnicos y personas del área de influencia de la planta de tratamiento en la zona urbana de Lima - Callao.

### **3.5. Procedimientos**

El estudio recoge información proveniente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), ubicada en la Urbanización Playa Rímac del distrito del Callao y la metodología empleada podría ser aplicada en los tres grandes sectores: La gran empresa, mediana y pequeña empresa dependiendo de la evaluación por niveles. Los dos productos resultantes fueron: el diagnóstico y la asistencia técnica, hoy reconocidos como un estudio de (EIA).

### **3.6. Análisis de datos**

El análisis de las muestras de agua, para el presente estudio, toman en cuenta los parámetros: DBO5, sólidos totales en suspensión, coliformes termotolerantes y coliformes totales, cuyos resultados obtenidos por PTAR - Callao se muestran en la Tabla N°2

Las técnicas utilizadas, en la presente investigación, son las siguientes:

- Entrevistas
- Encuestas
- Análisis documental
- Observación

### 3.7. Consideraciones éticas

Los aspectos éticos son:

- (a) La tesis cumple con el esquema de la Universidad Nacional Federico Villarreal;
- (b) El objetivo fundamental de la tesis es generar el nuevo conocimiento;
- (c) La tesis es original y auténtica por parte del investigador;
- (d) Los resultados son reales no hubo manipulación de la misma;
- (e) Toda la información es citada respetando la autoría.

## IV. Resultados

### 4.1. Contrastación de hipótesis

#### 4.1.1. Hipótesis general

##### **Ho (hipótesis nula):**

La Gestión de Tecnología Limpia incide positivamente en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima - Callao.

##### **H1 (hipótesis alternativa):**

La Gestión de Tecnología Limpia no incide positivamente en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima - Callao.

Para realizar la contrastación de Hipótesis se hizo uso de la técnica Estadística de la Prueba Chi-Cuadrado, toda vez que se trata de demostrar la relación o no de las variables, el cual representa a un amplio conjunto de observaciones sobre un único acontecimiento o variable.

Para ello se ha realizado los siguientes pasos:

1. Se buscó en la tabla estadística con  $\alpha = 0.01$  y 6 grados de libertad, y se obtuvo un valor de Chi-Cuadrado tabular igual a 16.812
2. Con los resultados de la encuesta acerca de la incidencia de una gestión de Tecnología Limpia acerca de la incidencia positiva de la planta de tratamiento en la zona urbana de Lima – Callao, se obtiene el valor de Chi-Cuadrado calculado:

Tabla 15

Prueba chi-cuadrada para hipótesis general

FRECUENCIA OBSERVADA					
	Bajo	Regular	Alto	Muy alto	Total
OE1: Calidad	4	17	68	4	93
OE2: Eficiente	4	19	62	8	93
OE3: Control	5	18	62	8	93
Total	13	54	192	20	279

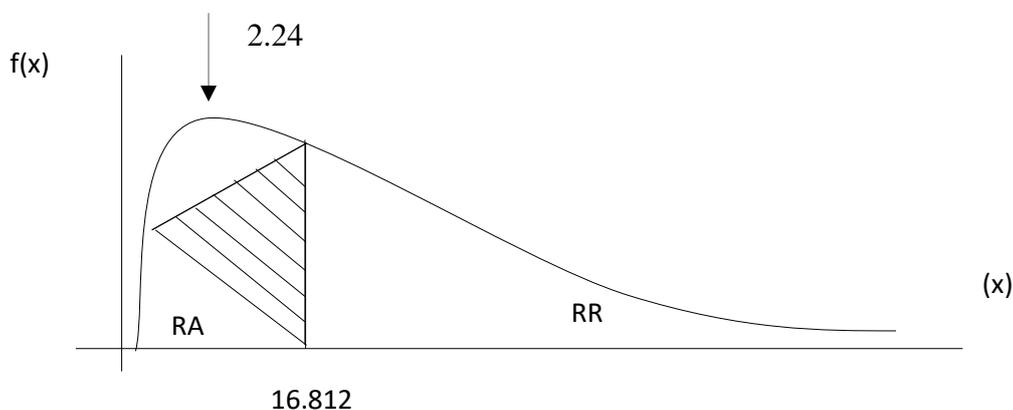
FRECUENCIA ESPERADA					
	Bajo	Regular	Alto	Muy alto	Total
OE1: Calidad	4.33	18.00	64.00	6.67	93
OE2: Eficiente	4.33	18.00	64.00	6.67	93
OE3: Control	4.33	18.00	64.00	6.67	93
Total	13	54	192	20	279

$$\chi^2 = \frac{\sum (f_o - f_e)^2}{f_e} = \frac{(4-4.33)^2}{4.33} + \frac{(17-18)^2}{18} + \frac{(68-64)^2}{64} + \frac{(4-6.67)^2}{6.67} +$$

$$\frac{(4-4.33)^2}{4.33} + \frac{(19-18)^2}{18} + \frac{(62-64)^2}{64} + \frac{(8-6.67)^2}{6.67} +$$

$$\frac{(5-4.33)^2}{4.33} + \frac{(18-18)^2}{18} + \frac{(62-64)^2}{64} + \frac{(8-6.67)^2}{6.67} = 2.24$$

1. Identificamos la Región de Aceptación (RA) Hipótesis Nula y Región de Rechazo (RR) de la Hipótesis Alternativa.



- 3 El valor de  $\chi^2$  calculado pertenece a la Región de aceptación, en otras palabras, es menor que el  $\chi^2$  tabular de 16.812 obtenido con un nivel de significación  $\alpha = 0.01$ , GL = 6. Por lo tanto aceptamos la Hipótesis Nula ( $H_0$ ) que una Gestión de Tecnología Limpia incide positivamente en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima - Callao y rechazamos la Hipótesis alternativa ( $H_1$ ).

#### 4.1.2. Hipótesis específicas

##### **Hipótesis (a):**

##### **$H_0$ (hipótesis nula):**

La Gestión de Tecnología Limpia **incide positivamente** en la calidad del agua residual tratada, en la zona urbana de Lima – Callao.

##### **$H_1$ (hipótesis alternativa):**

La Gestión de Tecnología Limpia **no incide positivamente** en la calidad del agua residual tratada, en la zona urbana de Lima – Callao.

Para realizar la contratación de Hipótesis se hizo uso de la técnica Estadística de la Prueba Chi-Cuadrada, toda vez que se trata de demostrar que la gestión de Tecnología Limpia en el tratamiento de aguas residuales incide en la calidad del agua tratada. Para ello se ha realizado los siguientes pasos:

1. Se buscó en la tabla estadística con  $\alpha = 0.01$  y 6 grados de libertad, y se obtuvo un valor de Chi-Cuadrado tabular igual a 16.812

2. Con los resultados de la encuesta acerca de la incidencia de una gestión de Tecnología Limpia en la calidad del agua tratada, se obtiene el valor de Chi-Cuadrado calculado:

**Tabla 16**

*Prueba chi-cuadrada para hipótesis específico (a)*

	<b>Bajo</b>	<b>Regular</b>	<b>Alto</b>	<b>Muy alto</b>	<b>Total</b>
<b>fo</b>	4	17	68	4	<b>93</b>
<b>fe</b>	4.33	18	64	6.67	<b>93</b>

$$\chi^2 = \frac{\sum (fo - fe)^2}{fe} = \frac{(4-4.33)^2}{4.33} + \frac{(17-18)^2}{18} + \frac{(68-64)^2}{64} + \frac{(4-6.67)^2}{6.67} = 1.398$$

3. Identificamos la Región de Aceptación (RA) Hipótesis Nula. y Región de Rechazo (RR) de la Hipótesis Alternativa.
4. El valor de  $\chi^2$  calculado pertenece a la región de aceptación, por lo tanto aceptamos la Hipótesis Nula (Ho) y rechazamos la Hipótesis alternativa (H1), por tanto se demuestra que la gestión de aguas residuales, mediante Tecnología Limpia, incide positivamente en la calidad del agua tratada en la zona urbana de Lima – Callao.

**Hipótesis (b):**

**Ho (hipótesis nula):**

La Gestión de Tecnología Limpia incide positivamente en la eficiencia en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima – Callao.

**H1 (hipótesis alternativa):**

La Gestión de Tecnología Limpia no incide positivamente en la eficiencia en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima – Callao.

Para realizar la contratación de Hipótesis se hizo uso de la técnica Estadística de la Prueba Chi-Cuadrada, toda vez que se trata de demostrar que la gestión de Tecnología Limpia en el tratamiento de aguas residuales es eficiente en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima – Callao. Para ello se ha realizado los siguientes pasos:

1. Se buscó en la tabla estadística con  $\alpha = 0.01$  y 6 grados de libertad, y se obtuvo un valor de Chi-Cuadrado tabular igual a 16.812
2. Con los resultados de la encuesta acerca de la incidencia de una gestión de Tecnología Limpia en la eficiencia del tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima – Callao, se obtiene el valor de Chi-Cuadrado calculado:

**Tabla 17**

*Prueba chi-cuadrada para hipótesis específica (b)*

	Bajo	Regular	Alto	Muy alto	Total
fo	4	19	62	8	93
fe	4.33	18	64	6.67	93

$$\chi^2 = \frac{\sum (fo - fe)^2}{fe} = \frac{(4-4.33)^2}{4.33} + \frac{(19-18)^2}{18} + \frac{(62-64)^2}{64} + \frac{(8-6.67)^2}{6.67} = 0.410$$

3. Identificamos la Región de Aceptación (RA) Hipótesis Nula y Región de Rechazo (RR) de la Hipótesis Alternativa.

4. El valor de  $\chi^2$  calculado pertenece a la región de aceptación por lo tanto aceptamos la Hipótesis Nula ( $H_0$ ) y rechazamos la Hipótesis alternativa ( $H_1$ ). Por lo tanto, se demuestra que la gestión de aguas residuales, mediante Tecnología Limpia, incide positivamente en la eficiencia del tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima – Callao.

**Hipótesis (c):**

**$H_0$  (hipótesis nula)**

La gestión de Tecnología Limpia **permite** realizar el control, seguimiento y de mejora continua de la planta de tratamiento en la zona urbana de Lima – Callao.

**$H_1$  (hipótesis alternativa):**

La gestión de Tecnología Limpia **no permite** realizar el control, seguimiento y de mejora continua de la planta de tratamiento en la zona urbana de Lima – Callao.

Para realizar la contrastación de Hipótesis se hizo uso de la técnica Estadística de la Prueba Chi-Cuadrada, toda vez que se trata de demostrar que la gestión de Tecnología Limpia permite realizar el control, seguimiento y de mejora continua de la planta de tratamiento en la zona urbana de Lima – Callao. Para ello se ha realizado los siguientes pasos:

1. Se buscó en la tabla estadística con  $\alpha = 0.01$  y 6 grados de libertad, y se obtuvo un valor de Chi-Cuadrado tabular igual a 16.812
2. Con los resultados de la encuesta de que una gestión de Tecnología Limpia permite realizar el control, seguimiento y de mejora continua de la planta de tratamiento en la zona urbana de Lima – Callao. se obtiene el valor de Chi-Cuadrado calculado:

**Tabla 18***Prueba chi-cuadrada para hipótesis específico (c)*

	Bajo	Regular	Alto	Muy alto	Total
fo	5	18	62	8	<b>93</b>
fe	4.33	18	64	6.67	<b>93</b>

$$\chi^2 = \frac{\sum (fo - fe)^2}{fe} = \frac{(5 - 4.33)^2}{4.33} + \frac{(18 - 18)^2}{18} + \frac{(62 - 64)^2}{64} + \frac{(8 - 6.67)^2}{6.67} = 0.432$$

3. Identificamos la Región de Aceptación (RA) Hipótesis Nula y Región de Rechazo (RR) de la Hipótesis Alternativa.
4. El valor de  $\chi^2$  calculado pertenece a la región de aceptación por lo que aceptamos la Hipótesis Nula (Ho) y rechazamos la Hipótesis alternativa (H1). Por lo tanto, se demuestra que la gestión de aguas residuales, mediante Tecnología Limpia, permite realizar el control, seguimiento y de mejora continua de la planta de tratamiento en la zona urbana de Lima – Callao.

#### a. Análisis e interpretación

De acuerdo al cuestionario de preguntas realizadas a un grupo de 93 personas, deducidas por fórmula muestral, las personas encuestadas manifestaron lo siguiente sobre diferentes aspectos en relación al uso de tecnología limpia en el tratamiento de aguas residuales en la zona urbana de Lima –Callao.

1. Nivel de percepción de la población sobre la incidencia de una Gestión de Tecnología Limpia en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima - Calla

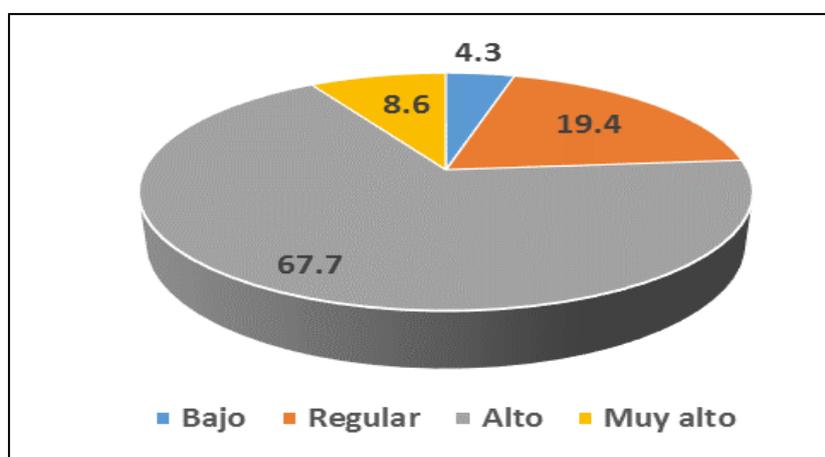
**Tabla 19**

*Nivel de percepción de la población respecto a la incidencia de una Gestión de Tecnología Limpia en el tratamiento y reúso de aguas residuales*

	Bajo	Regular	Alto	Muy alto	Total
<b>Frecuencia</b>	4	18	63	8	<b>93</b>
<b>Porcentaje</b>	4.3	19.4	67.7	8.6	<b>100</b>

**Figura 8**

*Nivel de percepción de la población respecto a la incidencia de una Gestión de Tecnología Limpia en el tratamiento y reúso de aguas residuales*



**Interpretación:** Según las personas encuestadas un 67.7% indican un nivel alto respecto a la competitividad y productividad de la planta de tratamiento con una gestión de tecnología limpia, mientras un 19.4% manifiestan un nivel de calificación regular por la falta de programas de cultura del agua y conciencia ambiental y un 4.3% bajo nivel el cual manifiestan no conocer respecto a la implementación de Tecnología Limpia.

2. Nivel de incidencia de una gestión de Tecnología Limpia en la calidad de agua residual tratada.

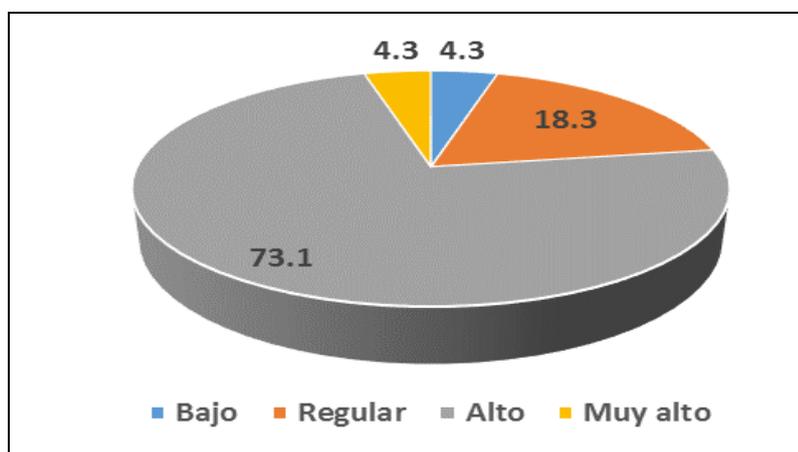
**Tabla 20**

*Incidencia de la tecnología limpia en la calidad del agua tratada*

	Bajo	Regular	Alto	Muy alto	Total
Frecuencia	4	17	68	4	<b>93</b>
Porcentaje	4.3	18.3	73.1	4.3	<b>100</b>

**Figura 9**

*Incidencia de la tecnología limpia en la calidad del agua tratada*



**Interpretación:** Según los encuestados el 4.3 % y 73.1 % consideran que la calidad del agua tratada mediante una gestión de tecnología limpia es muy alta y alta respectivamente y cumple con los estándares de calidad para riego de parques y jardines, mientras que el 18.3% manifiestan de regular calidad y un 4.3% de nivel bajo.

3. Eficiencia sobre el requerimiento de espacio y tiempo para el tratamiento de las aguas residuales, mediante tecnología limpia.

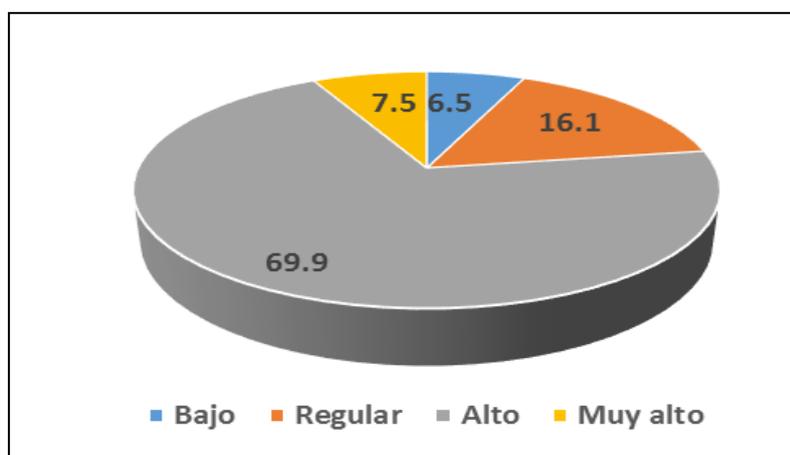
**Tabla 21**

*Eficiencia en uso de espacio y tiempo en el tratamiento de agua residual*

	Bajo	Regular	Alto	Muy alto	Total
Frecuencia	6	15	65	7	<b>93</b>
Porcentaje	6.5	16.1	69.9	7.5	<b>100</b>

**Figura 10**

*Eficiencia en uso de espacio y tiempo en el tratamiento de agua residual*



**Interpretación:** Según los resultados el 7.5% de los encuestados considera de muy alta eficiencia el uso de espacio en el tratamiento de aguas residuales mediante el uso de Tecnología Limpia, el 69.9% de alta, el 16.1 % manifiestan de regular y un 6.5% manifiestan de baja eficiencia debido a la falta de información.

4. Labor que viene desarrollando la empresa Capital Water en el uso de Tecnología Limpia para el tratamiento de aguas residuales en la zona urbana de Lima – Callao.

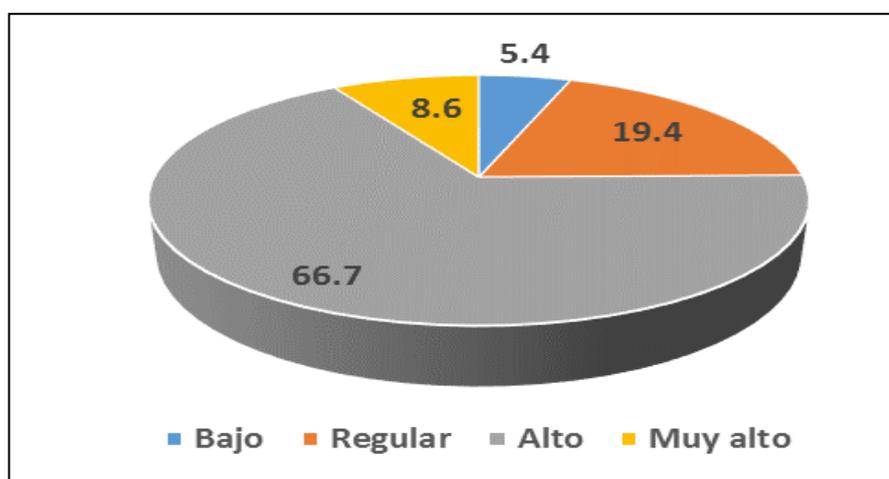
**Tabla 22**

*Calificación de PTAR Callao en el uso de tecnología limpia*

	Bajo	Regular	Alto	Muy alto	Total
Frecuencia	5	18	62	8	<b>93</b>
Porcentaje	5.4	19.4	66.7	8.6	<b>100</b>

**Figura 11**

*Calificación de PTAR Callao en el uso de tecnología limpia*



**Interpretación:** En relación a la pregunta, el 66.7% de los encuestados, manifiestan la aceptación de la población sobre el uso de Tecnología Limpia en el tratamiento de aguas residuales, implementada por PTAR Callao; el 19.4 % manifiestan de regular y un 5.4 % de nivel bajo por no poseer información.

Una Gestión de Tecnología Limpia **es eficiente** en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima – Callao.

5. Acerca de la eficiencia de una Gestión de Tecnología Limpia en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima – Callao.

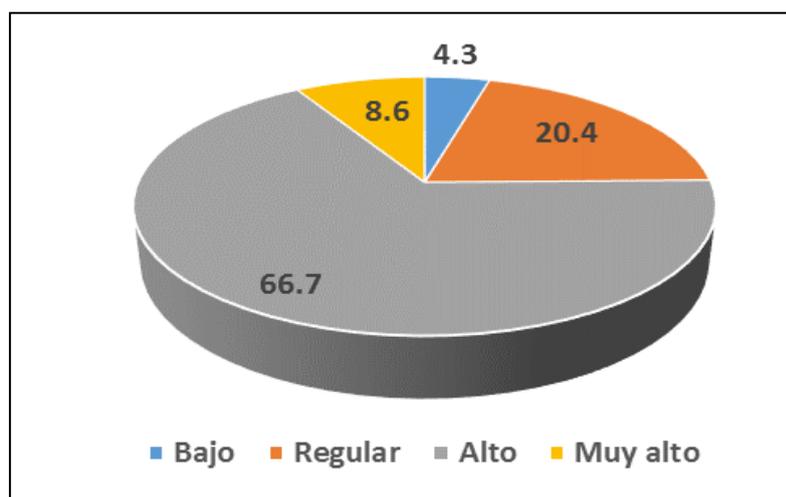
**Tabla 23**

*Calificación de la eficiencia de una Gestión de Tecnología Limpia en el tratamiento y reúso de aguas residuales*

	Bajo	Regular	Alto	Muy alto	Total
Frecuencia	4	19	62	8	<b>93</b>
Porcentaje	4.3	20.4	66.7	8.6	<b>100</b>

**Figura 12**

*Calificación de la eficiencia de una Gestión de Tecnología Limpia en el tratamiento y reúso de aguas residuales*



**Interpretación:** Según los resultados un 8.6% de los encuestados considera de muy alta la eficiencia de una Gestión de Tecnología Limpia en el tratamiento y reúso de aguas residuales, un 66.7% indican alta eficiencia, 20.4% de regular y un 4.3% de bajo por falta de cultura de agua, conocimiento de los pobladores de la zona de jurisdicción de Lima y Callao.

6. Reducción de la contaminación ambiental por el uso de Tecnología Limpia en el tratamiento de aguas residuales en la zona urbana de Lima – Callao.

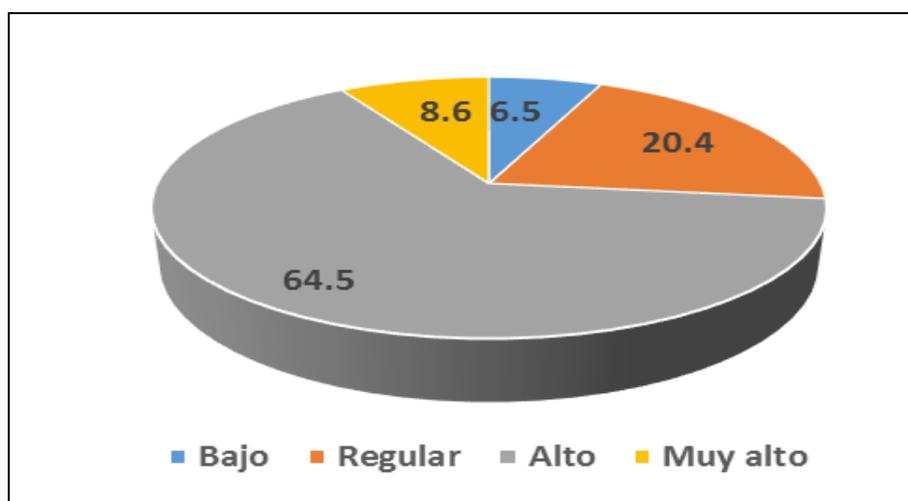
**Tabla 24**

*Reducción de la contaminación ambiental por uso de tecnología limpia*

	Bajo	Regular	Alto	Muy alto	Total
Frecuencia	6	19	60	8	<b>93</b>
Porcentaje	6.5	20.4	64.5	8.6	<b>100</b>

**Figura 13**

*Reducción de la contaminación ambiental por uso de tecnología limpia*



**Interpretación:** El 8.6% de los encuestados manifiestan de que la Gestión de Tecnología Limpia tendrá una alta incidencia en la reducción de la contaminación ambiental y en el reúso de las aguas residuales; el 66.7 % una alta incidencia, un 20.4 % manifiestan en forma regular y 6.5% de nivel bajo en la zona urbana de Lima - Callao.

7. Costo del uso de tecnología limpia y su aplicabilidad en el país, en el tratamiento de aguas residuales.

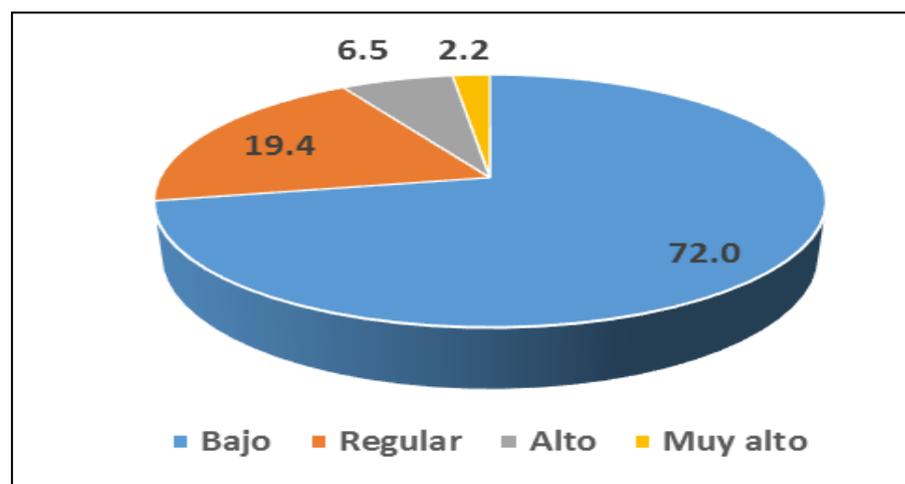
**Tabla 25**

*Calificación del costo de uso de tecnología limpia*

	Bajo	Regular	Alto	Muy alto	Total
Frecuencia	67	18	6	2	93
Porcentaje	72.0	19.4	6.5	2.2	100

**Figura 14**

*Calificación del costo de uso de tecnología limpia*



**Interpretación:** Respecto a la pregunta un 72% manifiesta que el uso de Gestión de Tecnología Limpia no es costoso lo cual incide con los resultados obtenidos en la investigación, mientras un 19.4 % manifiesta como regular respecto al costo y un 6.5 % manifiestan como de alto costo y un 2.2% de muy costoso.

8. Requerimiento de personal altamente especializado en la implementación del nuevo sistema en relación con las plantas de tratamiento tradicionales.

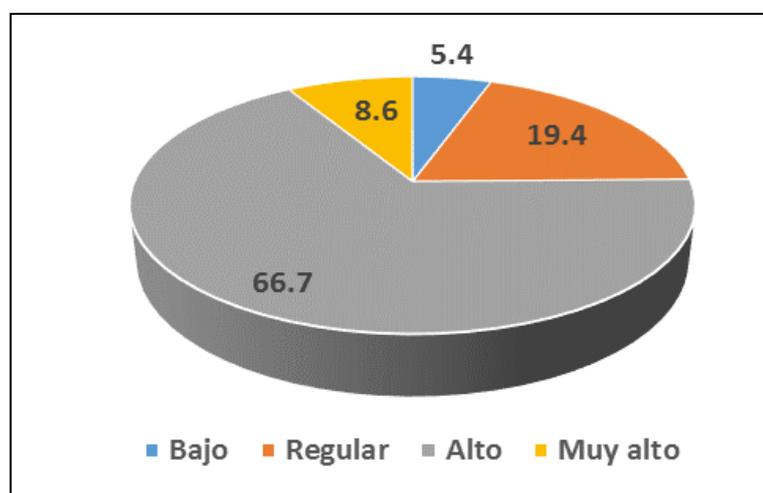
**Tabla 26**

*Calificación sobre requerimiento de personal especializado*

	Bajo	Regular	Alto	Muy alto	Total
Frecuencia	5	18	62	8	93
Porcentaje	5.4	19.4	66.7	8.6	100

**Figura 15**

*Calificación sobre requerimiento de personal especializado*



**Interpretación:** Un 66.7% de los encuestados opinan que el uso de gestión de tecnología limpia se necesita personal especializado ya que sus procesos son sistematizados, mientras un 19.4% de regular y nivel bajo en un 8.6%.

9. Conocimiento del nivel de intervención por parte de la empresa privada y el estado en la implementación de sistemas de tecnología limpia en el tratamiento de aguas residuales.

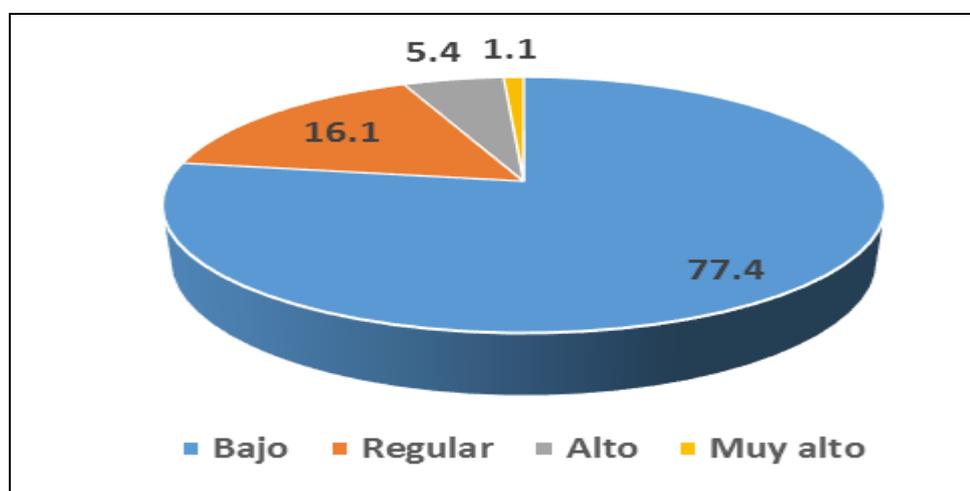
**Tabla 27**

*Conocimiento de la participación de la empresa privada y estado en implementación de tecnología limpia*

	Bajo	Regular	Alto	Muy alto	Total
Frecuencia	72	15	5	1	93
Porcentaje	77.4	16.1	5.4	1.1	100

**Figura 16**

*Conocimiento de la participación de la empresa privada y estado en implementación de tecnología limpia*



**Interpretación:** Un 77.4 % de los encuestados indican un nivel bajo de la implementación de plantas de tratamiento con uso de Tecnología Limpia tanto por el estado como por la empresa privada, mientras que un 16.1 % de regular, un 5.4% de nivel alto y un 1.1% de nivel muy alto respecto a la implementación de tecnología limpias en las plantas de tratamiento.

10. Acerca si una gestión de Tecnología Limpia permite realizar el control, seguimiento y de mejora continua de la planta de tratamiento en la zona urbana de Lima – Callao.

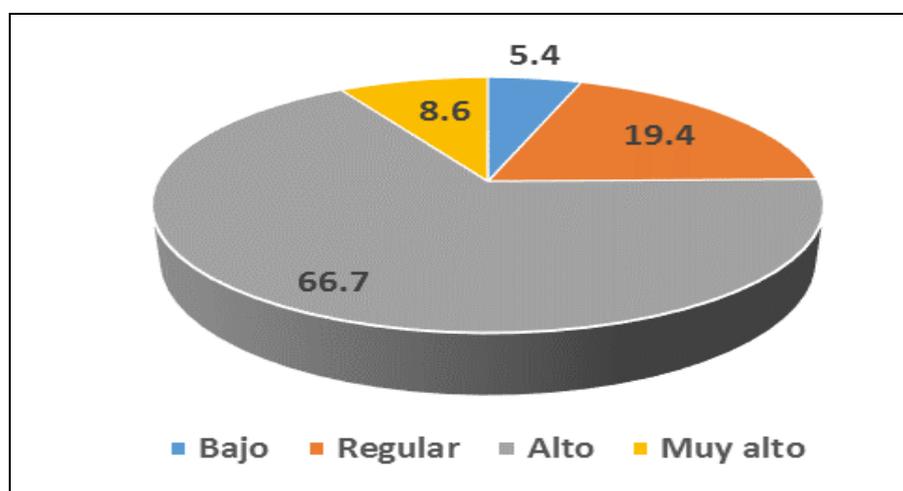
**Tabla 28**

*Percepción de la población acerca de la capacidad de control, seguimiento y mejora continua de la planta de tratamiento con una gestión de tecnología limpia*

	Bajo	Regular	Alto	Muy alto	Total
Frecuencia	5	18	62	8	<b>93</b>
Porcentaje	5.4	19.4	66.7	8.6	<b>100</b>

**Figura 17**

*Percepción de la población acerca de la capacidad de control, seguimiento y mejora continua de la planta de tratamiento con una gestión de tecnología limpia*



**Interpretación:** Un 8.6% de los encuestados considera que una gestión con tecnología permite en un alto grado el control, seguimiento y mejora continua de la planta de tratamiento de aguas residuales, un 66.7 % manifiestan de un nivel alto con respecto a los indicadores de desempeño, mientras un 19.4 % consideran de regular y un 5.3% de bajo por desconocimiento.

## V. Discusión de Resultados

De acuerdo con las investigaciones consultadas, el PTAR de Playa Rimac - Callao utiliza la tecnología de reactor de lecho móvil (MBBR) para el tratamiento de agua residual doméstica. El proceso utiliza soportes de plásticos suspendidos en continuo movimiento en el reactor, el cual es producido por aireación o agitación mecánica, mientras que en la superficie de los soportes crecen los microorganismos activos. La suspensión y distribución de los soportes crean una amplia área superficial y el movimiento evita el atascamiento, (Álvarez y Mavares, 2015)

Como ventajas de los reactores de lecho móvil frente a los procesos biológicos convencionales podemos citar: reducción del tamaño del reactor biológico (debido al empleo de soportes que proporcionan una alta superficie específica para el crecimiento de la biomasa), flexibilidad para modificar la superficie específica en función del porcentaje de soportes empleado, ausencia de recirculación de lodos al reactor biológico, sencillez en la operación y control del proceso, reducción de los atascamientos y operación a cargas elevadas. Desde el punto de vista microbiológico la principal ventaja de los sistemas de lecho móvil es el desarrollo de una biomasa muy especializada que puede adaptarse a diferentes condiciones de operación (aerobias, anaerobias y anóxicas).

Luego de recolectado la muestra aleatoria, se realizaron pruebas de hipótesis referido a los objetivos del trabajo en relación a la gestión de Tecnología Limpia, para el tratamiento y reúso de aguas residuales en zona urbana de Lima – Callao.

Respecto al objetivo general, se ha podido establecer que una gestión de Tecnología Limpia incide positivamente en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima – Callao. Los resultados de la investigación muestran que un 67.7%, de las personas

encuestadas, indican un nivel alto respecto incidencia de una gestión de tecnología limpia en el tratamiento y reúso de aguas residuales y un 19.4% manifiestan un nivel de calificación regular por la falta de programas de cultura del agua, conciencia ambiental y desconocimiento sobre Tecnología Limpia.

En relación a los objetivos específicos, siguiendo el mismo procedimiento anterior se establecen que:

- a. El 4.3 % y 73.1 %, de los encuestado, consideran que la incidencia en la calidad del agua tratada mediante una gestión de tecnología limpia es muy alta y alta respectivamente y cumple con los estándares de calidad para riego de parques y jardines.

Estos resultados son corroborados por los análisis de los efluentes de las aguas residuales tratadas provenientes de una PTAR convencional como es el caso de PTAR San Bartolo y la PTAR Callao de tecnología limpia de Playa Rimac. Los resultados, mostrados en las Figuras 6 y 7 y la tabla N° 2, sobre los coliformes termotolerantes y la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) muestran que los efluentes de una PTAR convencional superan los límites máximos permisibles, Tabla N° 3, mientras que los efluentes de una PTAR de tecnología limpia están muy por debajo de los límites permisibles (SEDAPAL 2018).

- b. Con relación al segundo objetivo específico, los resultados de la investigación muestran que un 8.6% de los encuestados considera de muy alta la eficiencia la Gestión de Tecnología Limpia en el tratamiento y reúso de aguas residuales y un 66.7% indican de alta eficiencia.

Lo descrito anteriormente es confirmado por los resultados del análisis del efluente de la PTAR de tecnología limpia, ubicada en Playa Rimac del Callao, que cumplen con

los estándares de calidad ambiental dados en el DS-02-2008 MINAM referido a estándares de calidad de agua - Categoría 3 para riego de vegetales. Así la DBO5 del efluente varía de 2 a 8 mg/l durante todo el año cuando el LMP es de 15. La cantidad de coliformes termotolerantes varía de 1.8 a 33 NMP/100 ml cuando el LMP es de 1000.

- c. La eficiencia de una gestión de Tecnología Limpia en el tratamiento de aguas residuales, está orientado también al uso del espacio y tiempo de tratamiento. Así la planta de tratamiento de tecnología limpia, ubicada en Playa Rimac, ocupa un espacio de 5000 m<sup>2</sup> de área superficial para todos sus procesos para una producción de 1200 m<sup>3</sup> de efluentes por día; mientras que una PTAR convencional, como el de Ventanilla requiere un área de 10.94 hectáreas para el tratamiento de 250 l/s de aguas servidas cuyo tiempo de retención puede superar una semana, dependiendo de las condiciones de la planta de tratamiento y otros factores.
- d. Acerca del tercer objetivo, los resultados de la investigación indican que un 8.6% de los encuestados considera que una gestión con tecnología permite en un alto grado el control, seguimiento y mejora continua de la planta de tratamiento de aguas residuales, un 66.7 % manifiestan de un nivel alto con respecto a los indicadores de desempeño, mientras un 19.4 % consideran de regular y un 5.3% de bajo por desconocimiento.

Una gestión de Tecnología Limpia implica la organización de la información gerencial en Indicadores de Gestión, para el control y seguimiento de la planta, la identificación de áreas críticas y la determinación de metas para el desarrollo futuro de los servicios, se ha venido imponiendo en tiempos recientes en todo el mundo. En la actualidad las empresas trabajan bajo un sistema de gestión ambiental eficaz que satisfacen las necesidades de las partes interesadas como el ISO 14001:2015.

## VI. Conclusiones

- Respecto al objetivo general, se ha podido establecer que una gestión de Tecnología Limpia incide positivamente en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima – Callao.
- Se concluye que una Gestión de Tecnología Limpia incide positivamente en la calidad del agua residual tratada en la zona urbana de Lima – Callao.
- Se concluye que una Gestión de Tecnología Limpia es eficiente en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima – Callao.
- Se concluye que una gestión de Tecnología Limpia permite definir indicadores para el control, seguimiento y de mejora continua de la planta de tratamiento en la zona urbana de Lima – Callao.

## **VII. Recomendaciones**

- Se recomienda implementar plantas de tratamiento de aguas residuales mediante tecnología limpia, de aguas servidas domésticas o municipales de grandes ciudades y alta densidad poblacional, porque tolera grandes cargas iniciales y produce efluentes de buena calidad ambiental y su reúso para el riego.
  
- Se recomienda realizar cambios en la normatividad vigente para nuevos modelos de gestión para reúso de aguas residuales tratadas, en riego de parques y jardines en el país.
  
- Se recomienda implementar Sistemas de Gestión Ambiental en base a la norma ISO 14001, relacionados con uso de tecnología limpia en el tratamiento de aguas residuales.

## VIII. Referencias

- Advíncula, O. (2014). Plan de ecoeficiencia en el uso del agua potable y análisis de su calidad en las áreas académicas y administrativas de la Universidad Nacional Agraria La Molina. *Ecología Aplicada*, 13(1), 43-55:  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34131158005>
- Álvarez, M. y Mavares, D. (2015). *Reactores Biopelícula de Lecho Móvil: Estado del Arte*. Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”, Vicerrectorado Barquisimeto
- Banco Mundial. (2017). *Perú, ¿un reflejo de la región? Tratamiento y reúso de las aguas residuales*.
- Bravo, A. (2015). *Técnicas de aprendizaje en el tratamiento de aguas residuales para desarrollar la conciencia ambiental de los alumnos de educación superior*. [Tesis de doctorado, Universidad de San Martín de Porres]. Repositorio Académico USMP.  
<https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/1206>
- Cereceda, R. (1992). *Agenda 21 Local*. Centro para nuestro futuro común y los demás acuerdos de Río de Janeiro. 1992 2002. USA: Ed. PNUD.
- Collazos, J. (2012). *Manual de Evaluación Ambiental de Proyectos*. Editorial Tercera.
- Concejo Nacional del Ambiente [CONAM]. (2006). *Premio Nacional CONAM a la producción más limpia y a la ecoeficiencia Edición 2006*. Concejo Nacional del Ambiente.
- Decreto Supremo N° 009-2009-MINAM. Medidas de ecoeficiencia para el sector público (15 de Mayo de 2009). Diario Oficial El Peruano.

Díaz, L. y Estrada, C. (2016). *Instituciones Públicas Ecoeficientes-Informe Anual 2016*.

MINAM.

Dirección General de Asuntos Ambientales (2017). *Informe Estadístico Anual*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Dirección General de Asuntos Ambientales (2014). *Resolución Directoral N° 016-2014-VIVIENDA-VMCS-DGAA*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento .

Enkerlin, EC., Cano, G., Garza, RA. y Vogel, E. (1997). *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*. International Thomson.

Guhl, N. (1992). *Medio Ambiente y Desarrollo*. Editorial Tercer Mundo.

Howard, G. y Bartram, J. (2003). *Cantidad de agua doméstica, nivel de servicio y salud*. Organización Mundial de la Salud.

Lehni, M. (2000). *Eco-Eficiencia*. North Yorkshire: World Business Council for Sustainable Development.

Ley N° 29289 Ley de Presupuesto del sector público para el año fiscal 2009. (11 de Diciembre de 2008). El Peruano.

Liwa. (2008). *Gestión sostenible del agua y las aguas residuales en centros de crecimiento urbano afrontando el cambio climático-conceptos para Lima Metropolitano*. Ministerio Federal de Educación e Investigación Alemania.

Llanos, G. (2017). *Tarifa de agua es una de las más bajas de región*. Diario Correo.

Mainstreaming the Environment. (1995). Banco Mundial. Responso of UNIDO to Agenda 2f.

- Mateo, J. (2017). *Manual de buenas prácticas para el uso seguro y productivo de las aguas residuales domésticas*. Autoridad Nacional del Agua.
- MINAM. (2009). *Manual para Municipios Ecoeficientes*. ENOTRIA S.A.
- Ministerio de Vivienda (2017). *Informe Estadístico Anual – 2017. Evaluación de los monitoreos de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, presentados por los Prestadores de los Servicios de Saneamiento para el periodo 2017*. Dirección General de Asuntos Ambientales. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Morales, V., Prieto, R., & Estrada, R. (2016). *Guía de Ecoeficiencia para Instituciones Públicas*. MINAM.
- Morgan, J. y Noyola, A. (1994). Procesos para el tratamiento de aguas residuales industriales y domésticas. En: *Nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable*. (pp. 21-28). Instituto de Ecología, A.C.
- Municipio Murcia (2011). *Estrategia local frente al cambio climático del municipio de Murcia (2008-2012)*. Concejalía del Medio Ambiente.
- Naciones Unidas. (2018). *Informe de los objetivos de desarrollo sostenible*.
- Organización Internacional de Normalización ISO. (2004). ISO 14001: 2004.
- Rocal, F. (2017). *Aguas residuales en el marco de la recuperación de recursos*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Ruiz-Canela, J. (2003). *La gestión por calidad total en la empresa moderna*. Editorial Ra-Ma.
- SEDAPAL. (2017). *Nota de Prensa N° 21*.

Sorgini, L. (2007). Water reuse. An evaluation of the technologies and their benefits. *Water Environment & Technology*, 19 (8):54-59.

Tirado, M., Vigo, E. y Meza, R. (1997). *Plantas de tratamiento de agua potable como ámbito para la educación y Gestión Ambiental*. Ediciones Paraísos

Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Programa nacional de formación en ética para el desarrollo. (2017). *Desarrollo Sustentable o Sostenible*.

## **IX. Anexos**

### Anexo A. Matriz de consistencia

#### Título: GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS PARA EL TRATAMIENTO Y REHÚSO DE AGUAS RESIDUALES

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	INDICADORES	INDICES	NIVEL DE INVESTIGACIÓN
<b>General</b> ¿De qué manera la gestión de Tecnología Limpia incide en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima - Callao?	<b>General</b> Analizar la incidencia de la Gestión de Tecnología Limpia en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima - Callao.	<b>General</b> La Gestión de Tecnología Limpia incide positivamente en el tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima - Callao.	VI Gestión de Tecnología Limpia	X <sub>1</sub> = conocimiento Técnico	≤ 60 % Minimiz. ≥ 60% Optimiz.	Descriptiva Aplicativa, Evaluativa para la Ecoeficiencia
				X <sub>2</sub> = Educación Ambiental	PI-P2= C%	
				X <sub>3</sub> =Impacto Ambiental	E1-E2≥ 60%	
					VD Tratamiento y reúso de agua residual	Y <sub>1</sub> = Eficiencia
<b>ESPECÍFICOS</b> a. ¿En qué medida la Gestión de Tecnología Limpia incide en la calidad del agua residual tratada en la zona urbana de Lima - Callao?	<b>ESPECÍFICOS</b> a) Determinar la incidencia de la Gestión de Tecnología Limpia en la calidad del agua residual tratada en la zona urbana de Lima - Callao.	<b>ESPECÍFICOS</b> a) La Gestión de Tecnología Limpia incide positivamente en la calidad del agua residual tratada en la zona urbana de Lima - Callao.	VI Gestión de Tecnología Limpia	X <sub>1</sub> =Conocimiento de Tecnología Limpia	T1-T2=60% Minimiza.	Secundario Hewitt Roberts Gary Robinson
				X <sub>2</sub> : Educación Ambiental	% Reglam. Cumplido	
				X <sub>3</sub> = Impacto ambiental	R1-R2= % de reduc. Descontaminación.	Descriptivo
			VD Y <sub>1</sub> : Calidad del agua residual tratada Y <sub>2</sub> : Eficiencia del tratamiento y reúso del agua residual Y <sub>3</sub> : Indicadores de control y mejora continua	Y <sub>1</sub> : Estándar de calidad Ambiental Y <sub>2</sub> : Nivel de eficiencia e impacto ambiental. Y <sub>3</sub> : Certificación de ISO 14001	D1-D2=nivel de contaminación. (+) = Umbral bajo (-)= Umbral alto  % ≥ 60 deficiencia % ≤ 60 mantenimiento para la obtención de estándares	

b. ¿De qué manera la Gestión de Tecnología Limpia incide en la eficiencia del tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima-Callao?	b) Determinar la incidencia de la Gestión de Tecnología Limpia en la eficiencia del tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima- Callao.	b) La Gestión de Tecnología Limpia incide positivamente en la eficiencia del tratamiento y reúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima – Callao.	VI Instrumentos y herramientas de Gestión	X <sub>1</sub> =Diagnósticos técnicos	T1-T2=60% Minimiza.	Secundario Hewitt Roberts Gary Robinson
			X <sub>2</sub> =cantidad de Políticas y Normas en Tecnología limpia	Número de Registros de reglamentos cumplidos		
			X <sub>3</sub> = Estudio de Impacto Ambiental	Magnitud de Impacto	Descriptivo	
			VD Nivel de Contaminación	Y <sub>1</sub> =Grado de contaminación	D1-D2=Daño Amb. (+) = Umbral bajo (-)= Umbral alto	Secundario Josef Thesing y Wilhelm Hofmeister
c. ¿De qué manera la Gestión de Tecnología Limpia permite definir indicadores para el control, seguimiento y de mejora continua de la planta de tratamiento en la zona urbana de Lima - Callao?	c) Determinar la incidencia de la Gestión de Tecnología Limpia en el control, seguimiento y de mejora continua en el tratamiento y rehúso de aguas residuales en la zona urbana de Lima – Callao.	c) La Gestión de Tecnología Limpia permite realizar el control, seguimiento y mejora continua de la planta de tratamiento en la zona urbana de Lima – Callao.	VI Categorización de Plantas de Tratamiento	X <sub>1</sub> : contaminación en procesos productivos	% de contaminación por	Secundario Hewitt Roberts Gary Robinson
			X <sub>2</sub> = Políticas y Normas en Tecnología limpia	%Registros de Reglam. Cumplido		
			X <sub>3</sub> =EIA	R1-R2= % de reduc. de contaminación.	Descriptivo	
			VD Garantía de sustentabilidad	Y <sub>1</sub> = Nivel de Categoría: I,II,III	D1-D2=Daño Amb. (+) = Umbral bajo (-)= Umbral alto	Secundario Josef Thesing y Wilhelm Hofmeister

### Anexo B. Instrumento de recolección de datos

Después de revisado el instrumento del cuestionario, la calificación es la siguiente:

No.	PREGUNTA	55	65	75	85	95	100
1	¿En qué porcentaje se logrará contrastar la hipótesis con este instrumento?					X	
2	¿En qué porcentaje considera que las preguntas están referidas a las variables, sub variables e indicadores de la investigación?					X	
3	¿Qué porcentaje de las interrogantes planteadas son suficientes para lograr el objetivo general de la investigación?						X
4	¿En qué porcentaje, las preguntas son de fácil comprensión?					X	
5	¿Qué porcentaje de preguntas siguen una secuencia lógica?				X		
6	¿En qué porcentaje se obtendrán datos similares con esta prueba aplicándolo en otras muestras?				X		

Dado que todas las preguntas del instrumento superan el parámetro del 75%.

El instrumento queda validado favorablemente por especialistas involucrados en el tema.

### **Anexo C. Confiabilidad del instrumento**

El Plan de tesis denominado: “Gestión de tecnologías limpias para el tratamiento y reúso de aguas residuales en Lima Metropolitana”.

Cuyo instrumento es factible de reproducción ya que se ha tomado en consideración en las encuestas iniciales, es decir la estructuración de los cuestionarios, la toma de datos será óptimo para los resultados que luego serán validados para la obtención del instrumento final, para la determinación de las variables para su desempeño y servirán para casos similares y no medir las mismas variables en condiciones idénticas. Este aspecto de razonable exactitud se denomina la confiabilidad del instrumento, la misma que se cumple con el instrumento para el presente plan de tesis.

Otra manera de aproximarse a la confiabilidad del instrumento es preguntarse:

¿Hasta dónde los resultados que se obtendrán con el instrumento constituirán la medida verdadera de las variables que se pretenden medir?

La acepción del término confiabilidad del instrumento es sinónimo de seguridad; la misma que es factible de lograr con el instrumento de este trabajo de investigación.

La confiabilidad del instrumento también puede ser enfocada como el grado de homogeneidad de los ítems del instrumento en relación con las variables. Es lo que se denomina la confiabilidad de consistencia interna u homogeneidad. En este trabajo de tiene un alto grado de homogeneidad.

Otra posibilidad de enfocar la confiabilidad del instrumento en esta etapa será de responder: ¿cuánto error está implícito en la medición del instrumento? Se entiende que un instrumento es menos confiable en la medida que hay un mayor margen de error implícito en la medición. De acuerdo con esto, la confiabilidad puede ser definida como la ausencia relativa de error de medición en el instrumento; es decir, en este contexto, el término confiabilidad es sinónimo de precisión. En este trabajo se ha establecido un margen de error del 5% que es un porcentaje generalmente aceptado por los investigadores; lo que le da un nivel razonable de precisión al instrumento.

## **Anexo D. Definición de términos**

### **Ecosistema**

Conjunto de todos los seres vivos que hay en un determinado lugar (animales, plantas, microorganismos), la suma de los factores en las que necesariamente se relacionan (clima, suelo, aire, etc.). Es cualquier relazo de la naturaleza delimitando de alguna manera por unas características más o menos definida.

### **Equidad**

Igualdad de oportunidades para todos los actores de un ámbito. Para lograr lo que se requiere en alto grado de justicia social, En los procedimientos de equidad está representado por el proceso de transacciones entre actores.

### **Desarrollo**

Valoración, extensión y aprovechamiento de todas las posibilidades internas guardando la armonía del conjunto

### **Sostenible**

Dicho de un proceso: Que puede mantenerse por sí mismo, como lo hace, p. ej., un desarrollo económico sin ayuda exterior ni merma de los recursos existentes. (Diccionario de la Real Lengua Española)

### **Sustentabilidad Ambiental**

El estado del medio ambiente el que este tiene la potencialidad para satisfacer las necesidades de existencia del ser humano en forma perdurable.

Se basa en: Capacidades de sustitución de individuos y recuperación que tienen los ecosistemas.

**Desarrollo Sustentable**

El principio de los derechos de desarrollo sustentable, señala que hay un vínculo estrecho entre desarrollo económico, social y medio ambiente (Conferencia de Estocolmo, Suecia del 5 al 16 de Junio de 1972, Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente humano.

**Desarrollo Sostenible**

Mejoramiento de la calidad de la vida humana dentro de la capacidad de carga de los sistemas sustentadores de vida.

**Sustentabilidad Ambiental**

El estado del medio ambiente el que este tiene la potencialidad para satisfacer las necesidades de existencia del ser humano en forma perdurable., Se basa en: Capacidades de sustitución de individuos y recuperación que tienen los ecosistemas.

**Sostenibilidad Social**

Beneficios y costos se distribuyen equitativamente entre los diferentes grupos y generaciones y se obtiene un grado de satisfacción que hace posible su continuación.

**Sostenibilidad Ambiental**

Los ecosistemas mantienen sus principales características que son fundamentales para su supervivencia en el largo plazo.

**Sostenibilidad Económica**

El manejo sostenible de los recursos naturales y los cambios introducidos por un proyecto produce una rentabilidad que hace atractiva su continuación.