

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales



## “Diseño de una Planta de Tratamiento para los Efluentes Líquidos Domésticos del Distrito de Chancay”

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE  
RECURSOS NATURALES

Presentado por:

JEAN LOUIS MARTIN CASANOVA ÁLVAREZ

KATHERINE ADELINA HUAMANÍ CONTRERAS

Asesor:

Mg. MÁXIMO FIDEL BACA NEGLIA

CALLAO – PERÚ

2014.

## **DEDICATORIA**

A Dios por darnos la vida, salud y cuidar siempre de Nosotros.

A nuestros Padres, Madres, Abuelos y Hermanos, por su apoyo constante e incondicional.

A los docentes universitarios quienes con su ejemplo de perseverancia, y respeto por las personas; nos inspiraron a desarrollar la presente investigación.

## **AGRADECIMIENTOS**

A cada uno de los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao.

Al Mg. Máximo Fidel Baca Neglia, quien a pesar de las múltiples funciones que desempeña como Docente de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao, aceptó la designación como asesor de la presente tesis; gracias por sus acertadas observaciones y la contribución para que la presente investigación sea más rigurosa.

A todos aquellos que de manera directa o indirecta contribuyeron a que la planeación, ejecución y realización del presente informe de investigación; pudiera ser culminado exitosamente.

**Bach. Jean Louis Martin Casanova Álvarez**

**Bach. Katherine Adelina Huamaní Contreras.**

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>3</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>8</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>I. MARCO TEORICO</b> .....	<b>10</b>
1.1 ANTECEDENTES.-.....	10
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.- .....	13
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN. ....	14
1.3.1 <i>Objetivo general.</i> .....	14
1.3.2 <i>Objetivos específicos.</i> .....	14
1.4 HIPÓTESIS.....	14
1.5 VARIABLES E INDICADORES.....	15
1.5.1 <i>Variables.</i> .....	15
1.5.2 <i>Indicadores.-</i> .....	16
1.6 CONSIDERACIONES GENERALES.-.....	17
1.6.1 <i>Estándares de Calidad Ambiental.-</i> .....	17
1.6.2 <i>Límites Máximos Permisibles.-</i> .....	18
1.6.3 <i>Planta de Tratamiento de Efluentes Líquidos Domésticos.-</i> .....	19
1.6.4 <i>Efluentes Líquidos Domésticos.-</i> .....	20
1.7 PARÁMETROS CONTAMINANTES EN LOS EFLUENTES LÍQUIDOS DOMÉSTICOS.-.....	20
1.7.1 <i>Demanda Bioquímica de Oxígeno.-</i> .....	21
1.7.2 <i>Cantidad de Sólidos Suspendidos Totales-</i> .....	21
1.7.3 <i>Nivel de Aceites y Grasas.-</i> .....	21
1.7.4 <i>Cantidad de Coliformes Fecales.-</i> .....	21
1.8 DISTRITO DE CHANCAY.-.....	22
1.8.1 <i>Ubicación.-</i> .....	22
1.8.2 <i>Aspectos físicos.-</i> .....	22
1.8.3 <i>Contaminación de la Bahía de Chancay.-</i> .....	24
1.8.4 <i>Vertimientos de Aguas Residuales Domésticas en Chancay.-</i> .....	24
1.8.5 <i>Viviendas en el Distrito de Chancay.-</i> .....	25

1.9	CRITERIOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.-.....	25
1.10	MARCO LEGAL .....	26
1.11	OPERACIONES UNITARIAS DEL SISTEMAS DE TRATAMIENTO.- .....	27
1.11.1	<i>Tratamiento Preliminar.-</i> .....	27
1.11.2	<i>Tratamiento Primario.-</i> .....	28
1.11.3	<i>Tratamiento Secundario.-</i> .....	32
1.12	TIPOS DE TRATAMIENTO.- .....	40
1.13	MÉTODOS UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE LA PTAR.- .....	41
1.14	ESTRUCTURA GENERAL DE LA PLANTA.-.....	42
1.14.1	<i>Diseño de la obra de llegada.-</i> .....	42
1.14.2	<i>Consideraciones para la Remoción de Elementos Contaminantes.-</i> .....	49
<b>II.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>51</b>
2.1	UNIVERSO.....	51
2.2	MATERIALES Y MÉTODOS .....	51
2.2.1	<i>Identificación de parámetros de contaminantes a analizar.-</i> .....	51
2.2.2	<i>Muestreo de parámetros.-</i> .....	52
2.2.3	<i>Selección de PTAR.....</i>	52
<b>III.</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>53</b>
3.1	POBLACIÓN Y MUESTRA.- .....	53
3.2	CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES: .....	53
3.2.1	<i>Puntos de Monitoreo y Control .....</i>	53
3.3	MONITOREO DE PARÁMETROS CONTAMINANTES.- .....	54
3.4	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO .....	54
3.5	DISEÑO DE UNA PTAR PARA LOS EFLUENTES DOMÉSTICOS VERTIDOS EN LA BAHÍA DE CHANCAY.-.....	55
3.5.1	<i>Consideraciones para el Diseño.-</i> .....	56
3.5.2	<i>Periodo del Proyecto.-</i> .....	57
3.5.3	<i>Parámetro de diseño poblacional.-</i> .....	57
3.5.4	<i>Caudal máximo horario.-</i> .....	60
3.5.5	<i>Estructura de recepción del emisor.-</i> .....	61
3.5.6	<i>Dispositivo de desvío de la planta.-</i> .....	62
3.5.7	<i>Tratamiento Preliminar.....</i>	64

3.5.8	<i>Tratamiento Primario</i> .....	68
3.5.9	<i>Tratamiento Secundario</i> .....	69
3.6	REMOCIÓN DE ELEMENTOS CONTAMINANTES .....	70
3.7	EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA.-.....	71
<b>IV</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>73</b>
4.1	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	73
4.2	CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.-.....	73
4.3	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO. ....	74
4.4	DISEÑO DE LA PTAR. ....	74
4.4.1	<i>Parámetros de Diseño</i> .-.....	74
4.4.2	<i>Dispositivo de desvío de la Planta</i> .....	75
4.4.3	<i>Tratamiento Preliminar</i> : .....	75
4.4.4	<i>Tratamiento Primario</i> .....	76
4.4.5	<i>Tratamiento Secundario</i> .....	77
4.4.6	<i>Remoción de Elementos Contaminantes</i> .....	77
<b>V</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>79</b>
5.1	CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.-.....	79
5.1.1	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno</i> .-.....	79
5.1.2	<i>Sólidos Suspendidos Totales</i> .- .....	79
5.1.3	<i>Nivel de Aceites y Grasas</i> .-.....	80
5.1.4	<i>Cantidad de Coliformes Fecales</i> .-.....	80
5.2	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO. ....	81
5.3	DISEÑO DE PTAR. ....	81
5.4	REMOCIÓN DE ELEMENTOS CONTAMINANTES EN LA PTAR.-.....	81
5.5	COMPARACIÓN CON OTRAS EXPERIENCIAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.- .....	82
<b>VI</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>84</b>
6.1	CONCLUSIONES. ....	84
6.2	RECOMENDACIONES. ....	86
<b>VII</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>86</b>

<b>VIII.- APÉNDICE .....</b>	<b>91</b>
8.1. GALERÍA DE IMÁGENES. ....	91
8.2. PLANOS Y ESQUEMAS .....	93
8.3. MATRIZ DE CONSISTENCIA. ....	106
8.4. INFORME DE ENSAYO.....	109
8.5. GUÍA PARA LA TOMA DE MUESTRAS.....	122
8.6. TABLAS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA.....	127
8.7. REPORTE DE AVANCE EN LA ELABORACIÓN DE LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) A SETIEMBRE DE 2010.....	129
8.8. REPORTE DE AVANCE EN LA ELABORACIÓN DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP) A SETIEMBRE DE 2010.....	130
<b>IX ANEXOS .....</b>	<b>132</b>
9.1. CUADROS EXPLICATIVOS.....	132
9.2. FIGURAS ILUSTRATIVAS.....	140
9.3. GALERÍA DE IMÁGENES. ....	144

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado «DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LOS EFLUENTES LÍQUIDOS DOMÉSTICOS DEL DISTRITO DE CHANCAY», abarca la problemática de establecer un diseño adecuado para una planta de tratamiento capaz de tratar los efluentes residuales domésticos generados en el distrito de Chancay previos a su disposición final.

En tal sentido la presente investigación tiene como objetivo proponer el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) domésticas generados en el distrito de Chancay para su vertimiento al cuerpo receptor (Bahía de Chancay); la metodología empleada consistió en la ubicación de los puntos de control en cada uno de los lugares de vertimiento, donde se realizó el monitoreo de los efluentes, determinando los caudales de  $0,066 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $0,088 \text{ m}^3/\text{s}$  para los 2 puntos de vertimiento de aguas residuales domésticas sobre la bahía de Chancay (denominados PTO 1 y PTO 2) y a partir de las características fisicoquímicas: Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Nivel de Aceites y Grasas (NAG), y Concentración de Coliformes Fecales (CCF); nos permitió seleccionar los parámetros para el diseño de nuestra propuesta de PTAR, siendo estos tales:  $561 \text{ mg/L}$  ( $\text{DBO}_5$ ),  $22 \text{ mg/L}$  (NAG),  $60 \text{ mg/L}$  (SST) y  $16 \times 10^4 \text{ NMP}/100\text{mL}$  (CCF); y a partir de estos valores precedentes con el tratamiento en la PTAR propuesta se obtendrán:  $10,89 \text{ mg/L}$  ( $\text{DBO}_5$ ),  $0,69 \text{ mg/L}$  (NAG),  $0,33 \text{ mg/L}$  (SST) y  $1,3 \times 10^4 \text{ NMP}/100\text{mL}$  (CCF).

A partir de los parámetros descritos, se consideró el diseño de la PTAR con un caudal total máximo horario de  $308,568 \text{ L/s}$ , tasa de crecimiento poblacional de  $1,1\%$ , para el cual se determinó el tratamiento del tipo aerobio, ya que este tipo de tratamiento produce muy poco lodo, y el lodo producido es digerido en la misma laguna, por lo que requiere solamente de un área para disponerlos directamente, asimismo genera menos olores que el tratamiento anaerobio, por ser un lugar de recreación y turismo se consideró más viable el tipo de tratamiento aerobio.

Por lo cual concluimos que con la propuesta se conseguirá disminuir la calidad llegando inclusive a cumplir con los Límites Máximos Permisibles (LMP) y aproximarse a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

## INTRODUCCIÓN

En la Bahía de Chancay, la contaminación del agua es consecuencia de los vertimientos líquidos de la actividad industrial de harina de pescado y los efluentes líquidos domésticos, los cuales llegan al cuerpo receptor (bahía de Chancay), siendo esta situación el problema central objeto de estudio, para lo cual centramos nuestro trabajo de investigación en los efluentes líquidos domésticos, la justificación del presente trabajo se basa en el hecho de que los efluentes domésticos no son tratados en la actualidad, generando el deterioro del ecosistema de la bahía de Chancay, con el consiguiente riesgo para los usuarios del balneario de la biótica marina e inclusive la pérdida del valor turístico, todos ellos viables para ser evaluados de modo que se pueda recuperar las condiciones ambientales de la Bahía de Chancay, durante el desarrollo se pudo verificar que la contaminación de los recursos hídricos es tal, que los impactos en la salud de la población están relacionadas con enfermedades respiratorias, problemas gastrointestinales, los impactos en el medio cultural y socio económico en la zona están relacionadas con la afectación de la apreciación de las áreas de playas, viviendas, restaurantes, muelle turístico y el castillo de Chancay.

En tal sentido se planteó como hipótesis: “El diseño de una planta de tratamiento para los efluentes líquidos domésticos del Distrito de Chancay, permitirá que los valores de los parámetros controlados por la normatividad vigente para su disposición final en un cuerpo receptor (Bahía de Chancay), se adecúen a los límites máximos permisibles para cada uno de dichos parámetros”, la validación de la hipótesis, se demostró alcanzando los objetivos propuestos siguientes:

- Determinar la caracterización de los efluentes domésticos que se detalla en cada uno de sus parámetros en el capítulo IV.
- Seleccionar la alternativa de tratamiento que mejor se aplica a los efluentes líquidos domésticos vertidos en la Bahía de Chancay;
- Determinar los parámetros de diseño para una planta capaz de dar tratamiento a los efluentes líquidos domésticos vertidos en la Bahía de Chancay;
- Establecer las características que debe tener la planta de tratamiento de aguas residuales;
- Localizar la ubicación adecuada para la planta de tratamiento;
- Realizar la evaluación económica para la planta de tratamiento.

## I. MARCO TEORICO

### 1.1 Antecedentes.-

Algunas de las investigaciones relacionadas con el problema objeto de estudio de la presente investigación son las siguientes:

La tesis titulada «**Estudio de la Contaminación de las Aguas Costeras en la Bahía de Chancay: Propuesta de recuperación**», es un antecedente inmediato de la presente investigación, ya que dicha investigación se realizó en el mismo ámbito geográfico; pero, en el abordaje del problema se consideró la contaminación debido a las 8 industrias procesadoras de recursos hidrobiológicos, establecidas en Chancay hacia el año 2000; y la contaminación de las aguas costeras de la bahía de Chancay provocado por el vertido de residuos líquidos industriales y urbanos. La investigación en cuestión tuvo como objetivo comparar la magnitud y el impacto de la contaminación en las aguas costeras de la bahía de Chancay, durante periodos con o sin veda. Las conclusiones a las que se llegó el autor, son:

*“1. El análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación demuestran que el impacto de los contaminantes orgánicos en las aguas costeras de la bahía de Chancay es severo, por la disminución en los tenores de oxígeno, el incremento en las concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno, grasas y aceites, muy por encima de las normas legales vigentes.*

*(...) 3. Las fuentes de mayor contaminación están constituidas por los vertimientos de la industria de harina de pescado, las cuales por su naturaleza resultan siendo nocivas para el ecosistema marino.*

*4. Los residuos líquidos de la industria pesquera, contribuyen con el 98,5% de la carga orgánica, a las aguas costeras de la bahía de Chancay, luego le siguen los residuos líquidos urbanos con 1,5%.*

*(...) 6. El impacto socioeconómico es considerado como severo, por el deterioro de áreas recreativas, áreas turísticas y playas, las mismas que representan un costo para la sociedad (perdida de ecosistemas) que afectan las condiciones sanitarias y la balneabilidad de la zona.*

*7. El impacto en la salud de la población de Chancay percibida mediante encuesta, se considera severo por la incidencia de enfermedades respiratorias e infecciones gastrointestinales reportadas por el Hospital de Chancay.”<sup>1</sup>*

En la investigación titulada «Diseño de la Red de Alcantarillado y Propuesta Para el Tratamiento de las Aguas Residuales Domésticas de la Zona Urbana del Municipio de Chilanga, Departamento de Morazán», la cual tuvo como objetivos: Diseñar la red de alcantarillado para que el drenaje sea por gravedad; proponer un sistema de tratamiento de

---

<sup>1</sup> CABRERA CARRANZA, Carlos Francisco (2002). Estudio de la Contaminación de las Aguas Costeras en la Bahía de Chancay: Propuesta de recuperación; pág. 150.

las aguas residuales domésticas y así reducir la contaminación del medio ambiente, manto freático, ríos y quebradas; y, proponer un sistema de fosa séptica con pozos de absorción para aquellas viviendas que no puedan conectarse a la red de alcantarillado; entre otras, se llegó a las siguientes conclusiones:

*“La ausencia de un sistema de alcantarillado sanitario en la zona urbana de Chilanga provoca contaminación y la aparición de enfermedades en su mayoría gastrointestinales, por lo que la construcción de este sistema es preciso realizarlo de manera breve, ya que se pretende disminuir los índices de enfermedades endémicas y proporcionar un mejoramiento en la calidad de vida de los habitantes.*

*(...) El presente documento servirá de base para la ejecución del proyecto ya que cuenta con información que fue obtenida en forma directa de las condiciones de la comunidad, así como también de las aguas residuales municipales actualmente descargadas en la quebrada honda.”<sup>2</sup>.*

Otra investigación referencial es el inventario de experiencias tratamiento y uso de aguas residuales en Lima Metropolitana, el cual tuvo como objetivo, identificar las principales experiencias de tratamiento y uso de aguas residuales para agricultura urbana y reverdecimiento urbano en la Ciudad de Lima. En la investigación en cuestión, la cual tiene un carácter descriptivo e incluye las experiencias identificadas por la coordinación, el equipo de asesores y el equipo de investigación en el área de cobertura del Programa Global Ciudades Cultivando para el Futuro, implementado por la Fundación RUAF e IPES Promoción del Desarrollo Sostenible; se presenta un inventario con 37 experiencias de tratamiento y uso de aguas residuales, elaborado a partir de información secundaria; y, se describen 19 experiencias de tratamiento y uso de aguas residuales que fueron seleccionadas y analizadas utilizando información aportada por los actores vinculados a las mismas. Hallazgos de dicha investigación son:

- *Los 37 casos analizados en Lima Metropolitana y Callao se desarrollan sobre 985 ha que utilizan un caudal aproximado de 1,478L/s, equivalente a solo el 8% de los desagües recolectados y que provienen de alrededor de 575,000 habitantes y algo más de 115,000 viviendas de Lima y Callao.*
- *El 54% de las experiencias identificadas se desarrollan dentro del ámbito periurbano y abarcan 818 ha que equivalen al 83% de las áreas regadas con aguas residuales. En este ámbito es posible manejar este recurso con mayor facilidad y aceptación, incluso sin tratamiento. En cambio, en el ámbito intraurbano es más aceptable el uso de las aguas residuales en el riego de las áreas verdes que en la producción de alimentos. Las experiencias medianas (de 1 a 20 ha) constituyen el 68% de los casos inventariados,*

---

<sup>2</sup> MACHADO MEJÍA, Patricia Carolina; BURUCA ROMERO, Glenda Berenice y ARGUETA UMAÑA, Wilver Adolfo (2009). Diseño de la Red de Alcantarillado y Propuesta Para el Tratamiento de las Aguas Residuales Domésticas de la Zona Urbana del Municipio de Chilanga, Departamento de Morazán; pág. 222.

*mientras que las grandes (mayores a 20 ha) representan solo el 21%, sin embargo estas últimas representan el 83% del área de reúso en Lima.*

*• Casi la mitad de las experiencias (17) se ubican en la zona Sur de Lima, en donde se realizó la primera experiencia de reúso iniciado en 1964 y que luego se extendió a 600 ha de bosques y agricultura en San Juan de Miraflores y Villa El Salvador (...). Estas experiencias se han extendido luego en la zona Norte (9) en áreas agrícolas tradicionales que fueron rodeadas por la ciudad y desprovistas del abastecimiento regular de agua de río, requerimiento que fue parcialmente reemplazado por las aguas residuales. (...) las zonas Este y Centro de Lima han incorporado 6 y 5 experiencias respectivamente, que por limitaciones de espacio son más pequeñas y orientadas al riego de áreas verdes.”<sup>3</sup>*

Como resultado de una primera aproximación a las condiciones ambientales en la Bahía de Chancay, ubicada en el distrito de Chancay, provincia de Huaral, departamento de Lima; se pudo verificar que la contaminación de los recursos hídricos es tal, que los impactos en la salud de la población están relacionadas con enfermedades respiratorias y problemas gastrointestinales<sup>4</sup>; y, los impactos en el medio cultural y socio económico en la zona están relacionadas con la afectación de la apreciación de las áreas de playas, viviendas, restaurantes, muelle turístico y el castillo de Chancay. En la Bahía de Chancay, la contaminación del agua está constituido por vertimientos líquidos de la actividad industrial de harina de pescado y los residuos líquidos urbanos, los cuales llegan al cuerpo receptor (mar); mientras que la contaminación del aire se debe principalmente a las empresas dedicadas al procesamiento industrial pesquero, cuyas emisiones a la atmósfera y olores, constituyen un problema latente en la zona.

Dado que al año 2000 se tenía que el impacto de los contaminantes orgánicos en las aguas costeras de la bahía de Chancay era severo, debido a “la disminución en los tenores de oxígeno, el incremento en las concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno, grasas y aceites”<sup>5</sup>; por otro lado, dado que la dación de la norma que fija los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los vertimientos de la industria pesquera debería hacerse extensivo a los vertimientos domésticos, para así poder lograr una efectiva protección de los recursos hídricos superficiales; por ello se asume como supuesto que en la actualidad, en algunos casos, los elementos contaminantes presente en los vertimientos domésticos, se encuentran por encima de los LMP para los vertimientos de la industria pesquera. Por otro lado, teniendo

---

<sup>3</sup> MOSCOSOS, Julio y ALFARO, Tomás (2008). Panorama de Experiencias Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao; pág. 49.

<sup>4</sup> CABRERA CARRANZA, Carlos Francisco (2002). Contaminación e Impacto Ambiental en la Bahía de Chancay; pág. 8.

<sup>5</sup> CABRERA CARRANZA, Carlos Francisco (2002). Estudio de la Contaminación de las Aguas Costeras en la Bahía de Chancay: Propuesta de recuperación; pág. 150.

en cuenta un contexto de contaminación del agua de la Bahía de Chancay; y que, las bases de diseño, es decir, el establecimiento del conjunto de datos para las condiciones finales e intermedias del diseño que sirven para el dimensionamiento de los procesos de tratamiento, generalmente incluyen “poblaciones, caudales, concentraciones y aportes per cápita de las aguas residuales”<sup>6</sup>, mientras que los parámetros que usualmente determinan las bases del diseño son “DBO<sub>5</sub>, sólidos en suspensión, coliformes fecales y nutrientes.”<sup>7</sup>; se asumen como premisas de la presente investigación, las siguientes:

- a. Se tomará como parámetro de evaluación a la contaminación de las aguas de la Bahía de Chancay, es decir, la investigación se realizará en el marco de los efluentes líquidos.
- b. Se hace distinción entre vertimientos propios de la actividad industrial pesquera y los vertimientos que no son producto de dichas actividades, es decir, los vertimientos provenientes del uso consuntivo del agua por la población de Chancay, en sus actividades domésticas, principalmente.
- c. Se prevé un monitoreo en puntos determinados, para tal efecto se establecerán puntos de control de vertimiento antes y después de población; es decir, el efluente objeto de muestreo será el desagüe general para los residuos líquidos urbanos u aguas servidas.

## **1.2 Formulación del Problema de Investigación.-**

El problema objeto de estudio de la presente investigación, desde una perspectiva general se formula en los términos siguientes:

¿Cuál es el diseño adecuado de una planta de tratamiento capaz de dar tratamiento a los efluentes residuales domésticas generados en el distrito de Chancay previas a su disposición final?

La respuesta a la pregunta general formulada, se logrará a través de las respuestas a las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es la DBO<sub>5</sub>, el nivel de SST, el NAG y la CCF presente en los efluentes líquidos domésticos vertidos en la Bahía de Chancay?

---

<sup>6</sup> MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones; pág. 88.

<sup>7</sup> *Ibidem*.

- ¿Qué alternativas de tratamiento son aplicables a los efluentes líquidos domésticos vertidos en la Bahía de Chancay?
- ¿Cuáles son los parámetros de diseño para una planta capaz de dar tratamiento a los efluentes líquidos domésticos vertidos en la Bahía de Chancay?
- ¿Qué características debe tener la PTAR?
- ¿Cuál es la ubicación adecuada para la planta de tratamiento?
- ¿Qué inversión será necesaria para implementar la planta de tratamiento?

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

#### **1.3.1 Objetivo general.**

Diseñar una PTAR domésticas generadas en el distrito de Chancay para su vertimiento al cuerpo receptor.

#### **1.3.2 Objetivos específicos.**

- Determinar la DBO<sub>5</sub>, el nivel de SST, el NAG y la CCF presente en los efluentes líquidos domésticos vertidos en la Bahía de Chancay.
- Seleccionar la alternativa de tratamiento que mejor se aplica a los efluentes líquidos domésticos vertidos en la Bahía de Chancay.
- Determinar los parámetros de diseño para una planta capaz de dar tratamiento a los efluentes líquidos domésticos vertidos en la Bahía de Chancay.
- Establecer las características que debe tener la PTAR.
- Localizar la ubicación adecuada para la planta de tratamiento.
- Realizar la evaluación económica para la planta de tratamiento.

### **1.4 Hipótesis.**

“El diseño adecuado de una PTAR domésticas, permitirá que los efluentes domésticos generados en el distrito de Chancay cumplan con la normatividad vigente referida a la presencia de elementos contaminantes en dichas aguas, antes de ser vertidas al cuerpo receptor”.

## 1.5 Variables e Indicadores.

### 1.5.1 Variables.

**Variable independiente:** Elementos contaminantes presente en las aguas residuales domésticas generadas en el distrito de Chancay.

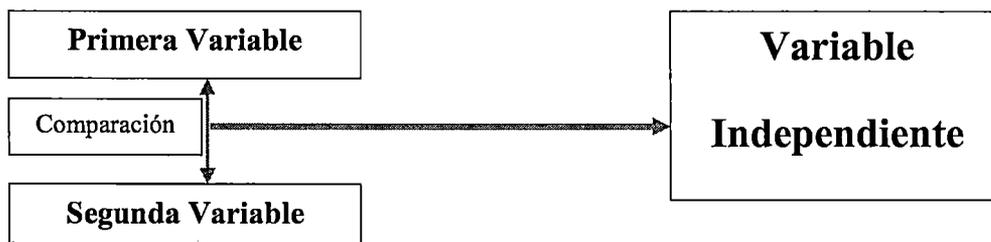
Por simple inspección, se pudo comprobar que en la realidad ambiental de los efluentes líquidos urbanos del distrito de Chancay, es decir, antes de la intervención de los investigadores, existían dos variables presentes:

*Primera variable:* Contaminación de los efluentes líquidos urbanos en los puntos de vertimiento hacia la Bahía de Chancay.

*Segunda variable:* Los LMP para los elementos contaminantes; los cuales fueron establecidos por Ley, y, contempla valores marginales para diversos elementos contaminantes.

Por comparación de las denominadas primera y segunda variable, se determinó la variable independiente definida como: «Elementos contaminantes presente en las aguas residuales domésticas generadas en el distrito de Chancay»; la cual para fines didácticos fue denominada como «Variable X».

**Figura 1.** Relación entre variables de estudio.



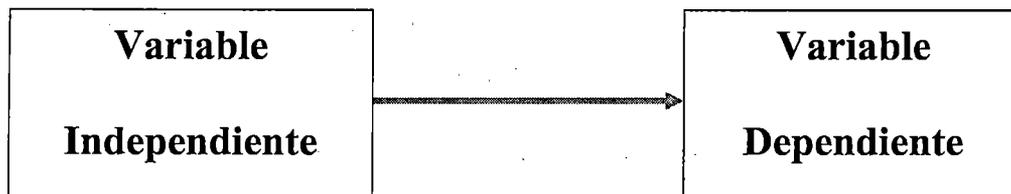
Fuente: Elaboración propia.

**Variable dependiente:** Diseño de una planta de tratamiento para las aguas residuales domésticas generadas en el distrito de Chancay.

Como de la denominada «Variable X» dependía los parámetros de diseño de la planta de tratamiento para para las aguas residuales domésticas generadas en el distrito de Chancay; está última se constituyó en la variable dependiente, la cual para fines

didácticos fue denominada como «Variable Y»; estableciéndose la relación entre variables que se gráfica en la siguiente figura:

**Figura 2.** Relación entre variables de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

### 1.5.2 Indicadores.-

La variable independiente que fuera conceptualizada como el grado con el cual la presencia de elementos contaminantes supera un determinado parámetro de control; para el caso específico de la presente investigación, considero los siguientes indicadores:

Contaminación en puntos de vertimiento:

**X<sub>1</sub>:** DBO<sub>5</sub>.

**X<sub>2</sub>:** SST.

**X<sub>3</sub>:** NAG.

**X<sub>4</sub>:** CCF.

LMP por elemento contaminante:

**X<sub>5</sub>:** LMP para DBO<sub>5</sub>.

**X<sub>6</sub>:** LMP para SST.

**X<sub>7</sub>:** LMP para NAG.

**X<sub>8</sub>:** LMP para CCF.

ECA para elemento contaminante:

**X<sub>9</sub>:** ECA para DBO<sub>5</sub>.

**X<sub>10</sub>:** ECA para SST.

**X<sub>11</sub>:** ECA para NAG.

**X<sub>12</sub>:** ECA para CCF.

Por otro lado, la variable dependiente que fuera conceptualizada como los parámetros específicos a tenerse en cuenta en el diseño de la PTAR en sus diversas fases y etapas

de tratamiento; para efectos de la presente investigación, considero los siguientes indicadores:

Parámetros de diseño para la obra de llegada:

- Y<sub>1</sub>: Caudal máximo horario.
- Y<sub>2</sub>: Estructura de recepción del emisor.
- Y<sub>3</sub>: Dispositivo de desvío de la planta.

Parámetros de diseño para el tratamiento preliminar:

- Y<sub>4</sub>: Cribas.
- Y<sub>5</sub>: Desarenador.
- Y<sub>6</sub>: Medidor y repartidor de caudal.

Parámetros de diseño para el tratamiento primario:

- Y<sub>7</sub>: Tanques de sedimentación.
- Y<sub>8</sub>: Aireadores.
- Y<sub>9</sub>: Lecho de secado de lodos.

Parámetros de diseño para el tratamiento secundario:

- Y<sub>10</sub>: Laguna aireada de mezcla completa.
- Y<sub>11</sub>: Laguna aireada de mezcla parcial.
- Y<sub>12</sub>: Laguna de estabilización.

Parámetros de diseño para elementos complementarios:

- Y<sub>13</sub>: Válvulas.
- Y<sub>14</sub>: Aireadores.
- Y<sub>15</sub>: Ambientes auxiliares.

## **1.6 Consideraciones Generales.-**

A fin de mejorar la comprensión de la presente investigación se debe tener en cuenta conceptos de los términos utilizados tales como:

### **1.6.1 Estándares de Calidad Ambiental.-**

Los ECA son indicadores de calidad ambiental, y miden la concentración de elementos, sustancias u otros productos en el aire, agua o suelo. Tienen la finalidad de establecer metas que representan el nivel a partir del cual se puede afectar significativamente el ambiente y la salud humana. Por ello, no son de exigencia legal sino que son usados para el establecimiento de políticas ambientales públicas. Se dice que existe un ECA adecuado cuando la concentración o grado de elementos,

sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni del ambiente; luego, dependiendo del parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado del elemento o sustancia contaminante, este podrá ser expresado en máximos, mínimos o rangos<sup>8</sup>. Mencionando además que el ECA aplicable a la presente investigación es el de la norma D.S 002-2008-MINAM. “Aprueban Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua”.

#### **1.6.2 Límites Máximos Permisibles.-**

Se llama LMP a la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente. Dependiendo del parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresado en máximos, mínimos o rangos.<sup>9</sup>

Los LMP también tienen como finalidad proteger al ambiente y a la salud humana de ciertos elementos y/o sustancias que puedan representar un riesgo para ellas, pero a diferencia de los ECA los LMP establecen un límite aplicable a las emisiones, efluentes o descargas al ambiente, individualizando los límites por actividad productiva; es así que los LMP son exigibles y su cumplimiento es obligatorio para cada una de las personas o empresas de cada sector. Por tal motivo, cada una de las personas o empresas deberá realizar las acciones necesarias que impiden que su accionar implique sobrepasar los LMP. Mencionando además que el LMP aplicable a la presente investigación es el de la norma D.S 003-2010-MINAM “Aprueban Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o Municipales”.

Algunas diferencias y objeto de medición de los ECA y los LMP, se presentan en el **Cuadro I.1** (En anexo, ver: « 9.1. Cuadros Explicativos»); asimismo, las diferencias

---

<sup>8</sup> DECRETO SUPREMO N° 074-2001-PCM. Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

<sup>9</sup> DECRETO SUPREMO N° 044-98-PCM. Reglamento Nacional para la Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles.

en mención quedan representadas esquemáticamente en la **figura I.1** (Ver: «Anexo 9.2. Figuras Ilustrativas»).

### **1.6.3 Planta de Tratamiento de Efluentes Líquidos Domésticos.-**

Una PTAR, también conocida como Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR), es un sistema diseñado específicamente para disminuir la presencia de elementos contaminantes en las aguas residuales (aguas negras, aguas servidas, etc.), basado en procedimientos físicos, químicos y biotecnológicos; es decir, es un sistema que a la entrada recibe efluentes no sujetos a estándares de calidad ambiental, y, como salida ofrece un agua efluente de mejores características de calidad y cantidad, que, en algunos casos suele ser reutilizado.

Las plantas de tratamiento o plantas de depuración se diseñan con el fin expreso de dar tratamiento a los efluentes para que estos alcancen la calidad exigida por el marco legal vigente expresado, principalmente, en la dación de LMP y en la adopción de los ECA. Por otro lado, las plantas de tratamiento de aguas residuales se implementan para tratar agua residual local, procedente del consumo ciudadano, de la escorrentía superficial y de las empresas que requieran tratamiento especializado al agua residual que generan.

En cuanto al diseño de las plantas de tratamiento para sistemas diseñados para una población igual o mayor de 25,000 habitantes, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), considera que el objetivo del tratamiento de las aguas residuales es mejorar su calidad para cumplir con las normas de calidad del cuerpo receptor o las normas de reutilización; en razón de ello, recomiendan la siguiente orientación básica para el diseño de plantas de tratamiento de efluentes<sup>10</sup>:

- El requisito fundamental antes de proceder al diseño preliminar o definitivo de una planta de tratamiento de aguas residuales, es haber realizado el estudio del cuerpo receptor; teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables.
- Una vez determinado el grado de tratamiento requerido, el diseño debe efectuarse de acuerdo con las siguientes etapas:
  - ° Caracterización de aguas residuales domésticas y adicionales que sean requeridos.

---

<sup>10</sup> MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones; págs. 91 - 92.

- ° Determinación de los caudales actuales y futuros.
- ° Selección de los procesos de tratamiento.
- ° Dimensionamiento de los procesos de tratamiento de la planta y planos referenciales.
- ° Presupuesto referencial.

#### **1.6.4 Efluentes Líquidos Domésticos.-**

*“Cada agua residual es única en sus características aunque en función del tamaño de la población, del sistema de alcantarillado empleado, del grado de industrialización y de la incidencia de la pluviometría, pueden establecerse unos rangos de variación habituales, tanto para los caudales como para las características fisicoquímicas de estos vertidos.*

*El conocimiento de los caudales y características de las aguas residuales generadas en las aglomeraciones urbanas es básico para el correcto diseño de los sistemas de recogida, tratamiento y evacuación de las mismas.”<sup>11</sup>.*

#### **1.7 Parámetros Contaminantes en los Efluentes Líquidos Domésticos.-**

Una de las fuentes de contaminación de las aguas y de los cauces naturales son los vertimientos urbanos, los cuales contienen sustancias contaminantes que pueden aparecer en el agua residual y pueden ser de tipo orgánico o inorgánico. Una estimación de la composición de las aguas residuales de origen doméstico, dan cuenta que está constituida principalmente por materia orgánica fácilmente biodegradable, cuya composición básica es<sup>12</sup>:

- 40-60% de proteínas.
- 25-50% de carbohidratos.
- 10% de lípidos, con trazas de otros compuestos.

Los parámetros contaminantes en los efluentes líquidos domésticos son indicadores del estado actual del efluente, que cuantificados, miden el valor de los parámetros relacionados con la presión de los vertidos y con una serie de impactos potenciales. Los parámetros contaminantes en los efluentes líquidos domésticos objeto de estudio de la presente investigación son los que se describen en los apartados que prosiguen.

<sup>11</sup> ALIANZA POR EL AGUA (2008). Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas; pág. 18.

<sup>12</sup> BAEZA L., William. Principios y Microbiología del Tratamiento de Aguas Residuales. 2a Ed. Colombia, 1994. Citado por Héctor Barrera y Dalia Ramos en: Propuesta para la gestión de los efluentes líquidos de origen doméstico en proyectos urbanísticos; pág. 9.

### **1.7.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno.-**

DBO<sub>5</sub> es un indicador de la calidad general del agua, concretamente de la contaminación orgánica; luego, la Demanda Bioquímica de Oxígeno mide el consumo de oxígeno que se produce en el agua por la acción de los microorganismos, a una temperatura referencial de conservación de 20°C. En un contexto de aguas residuales domésticas, se define la DBO<sub>5</sub>, como:

*“[...] la concentración de oxígeno disuelto consumido por los microorganismos, presentes en el agua o añadidos a ella para efectuar la medida de este parámetro, en la oxidación de toda la materia orgánica presente en la muestra de agua. Su valor debe ser inferior a 8 mg/l.”<sup>13</sup>.*

### **1.7.2 Cantidad de Sólidos Suspendidos Totales-**

Los SST es el residuo no filtrable de una muestra de agua natural o residual industrial o doméstica. La Cantidad de SST se define como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio fibra de vidrio, previamente pesado, y el residuo retenido que posteriormente se seca a 103-105° C. El incremento de peso del filtro representa el total de sólidos suspendidos.

### **1.7.3 Nivel de Aceites y Grasas.-**

Las grasas y aceites son sustancias que propician la aparición de natas y espumas que entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico; en razón de ello, la importancia de su eliminación y/o control en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual. Su efecto negativo se debe a que interfieren con el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera.

### **1.7.4 Cantidad de Coliformes Fecales.-**

Los coliformes fecales o coliformes termotolerantes son aquellos grupos de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos; en efecto, se considera como coliformes fecales a aquellos grupos bacterianos que fermentan la lactosa entre 44,5°C – 45,5°C.

---

<sup>13</sup> DECRETO SUPREMO N° 044-98-PCM. Reglamento Nacional para la Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles.

## 1.8 Distrito de Chancay.-

### 1.8.1 Ubicación.-

*“El distrito de Chancay se encuentra ubicado a 80 Km. al norte de la ciudad de Lima, en el valle del mismo nombre; su territorio tiene una extensión superficial de 150.11 Km<sup>2</sup> limitando por el norte con el distrito de Huacho, provincia de Huaura, por el Sur con el distrito de Aucallama, por el este con el distrito de Huaral, por el oeste con el Océano Pacífico. Se encuentra geográficamente localizado en las coordenadas 11°34’-11°36’ latitud sur y 77°16’-77°17’ longitud Oeste de Greenwich, a una altitud de 43 m.s.n.m. Chancay abarca el 6.90% de la superficie total de la provincia de Huaral, constituyéndose por sus características fisiográficas y climatológicas como uno de los valles más fértiles de la Costa peruana.”<sup>14</sup>.*

El acceso hacia el distrito de Chancay tiene tres principales vías: siguiendo la ruta panamericana en sentido sur – norte desde Lima, en sentido Norte – sur desde Huacho; y, siguiendo la ruta de la carretera Cerro de Pasco – Huaral – Chancay. Para mayor detalle en la **figura I.2** (Ver Anexos: «9.2. Figuras Ilustrativas»).

### 1.8.2 Aspectos físicos.-

**Meteorología.-** “presenta un clima templado, durante los meses de octubre a diciembre, caluroso de diciembre a marzo, y frío durante los meses de mayo a agosto”<sup>15</sup>. Las temperaturas en el distrito varían debido a las diferencias de altura, correspondiendo a Chancay, la correspondiente a la faja costera central la cual se caracteriza por presentar:

*“[...] un clima desértico templado húmedo con lloviznas bajas entre Abril a Diciembre, y sol intenso de Enero a Marzo con mayor insolación en las pampas. Las temperaturas máximas absolutas están entre 25° C a 26° C y las mínimas entre 14° C y 15° C, llegando a un promedio de 18° C a 19° C. La humedad relativa es mayor en la costa próxima al litoral, cuyo promedio es de 83% y la precipitación anual máxima es de 36 mm. La mínima de 0 mm con un promedio anual es 18 mm.”<sup>16</sup>.*

**Morfología.-** La superficie territorial del distrito, el cual en su totalidad se encuentra en la cuenca hidrográfica Chancay–Huaral, abarcando un terreno de 150.11 Km<sup>2</sup>. el cual representa el 4,58% de la cuenca en mención.

---

<sup>14</sup> DULANTO VALDIVIESO, Carlos (2010). Plan de Gobierno Municipal 2011-2014: Distrito de Chancay; pág. 3.

<sup>15</sup> MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CHANCA Y MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (2009). Plan de Desarrollo Urbano del Distrito de Chancay 2008 – 2018; pág. 23

<sup>16</sup> MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CHANCA Y MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (2009). Plan de Desarrollo Urbano del Distrito de Chancay 2008 – 2018; pág. 23

La morfometría o método de clasificación basado en la forma y medidas de los objetos, aplicado al caso del distrito de Chancay nos permite afirmar que dicho distrito comprende una franja territorial de desarrollo paralelo al océano pacífico con una longitud aproximada de 28 Km, desde el punto más hacia el sur hasta el punto más hacia norte; y, una longitud aproximada de 10 Km entre los puntos más alejados del este y el oeste. En la **figura I.3** del anexo 9.2 referido a las Figuras Ilustrativas», se presenta las áreas de tratamiento territorial del distrito de Chancay.

**Cuenca hidrográfica.-** “Geográficamente, [la cuenca Chancay–Huaral abarca] [...] 3,279 Km<sup>2</sup> de extensión superficial, se encuentra entre los paralelos 11°00' y 11°40' de Latitud Sur y los meridianos 76°28' y 77°20' de Longitud Oeste de Greenwich. Políticamente, se encuentra íntegramente en el departamento de Lima, ocupando parcialmente las provincias de Chancay y Canta. Altitudinal mente, se extiende desde el nivel del mar hasta la línea de cumbres de la Cordillera Occidental de los Andes que constituye la divisoria continental y cuyos puntos más altos llegan hasta los 5,350 msnm.”<sup>17</sup>.

Teniendo en cuenta que la superficie territorial de la cuenca hidrográfica Chancay–Huaral, abarca un territorio de 3,279 km<sup>2</sup>, la denominación de cuenca hidrográfica para dicha área territorial es la adecuada, ya que esta supera los 150 Km<sup>2</sup> (para mayores detalles en anexo 9.2, ver: «**Figura I.4.** Subcuencas y micro cuencas en la cuenca Chancay - Huaral»); por otro lado, los límites de la cuenca son:

- **Norte:** Cuenca del Río Huaura.
- **Sur:** Cuenca del Río Chillón.
- **Este:** Cuenca del Río Mantaro.
- **Oeste:** Océano Pacífico.

El cauce del río que forma la cuenca Chancay–Huaral o lecho fluvial del río Chancay cubre el tramo comprendido entre el punto más alto de la cuenca (5,350 m.s.n.m.) hasta el punto más bajo de la cuenca ubicado en la desembocadura del río en el océano pacífico; pero, para efectos de la presente investigación se está considerando el tramo de la cuenca circunscrita al distrito de Chancay.

**La bahía de Chancay.-** La bahía de Chancay es un accidente geográfico que consiste en la entrada que tiene el mar peruano hacia tierra adentro entre los paralelos 11° 34' - 11° 36' de Latitud Sur y los meridianos 77° 16' - 77° 17' de Longitud Oeste de Greenwich. La bahía de Chancay se encuentra a 72Km al norte de la ciudad de Lima,

---

<sup>17</sup> INSTITUTO NACIONAL DE PLANIFICACIÓN (1969). Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Valle Chancay–Huaral; pág. 40.

bajo la jurisdicción del distrito del mismo nombre. En la **Imagen I.1** de la galería de imágenes (Ver Apéndice 8.1) se presenta una vista panorámica de la bahía en cuestión.

### **1.8.3 Contaminación de la Bahía de Chancay.-**

Es producida por los desechos domésticos líquidos (efluentes domésticos) vertidos al mar, los desechos químicos provenientes de la industria (efluentes industriales) establecida en la zona y los desechos de la industria avícola (efluentes pecuarios) y los desechos de la industria pesquera (efluentes pesqueros). Los efluentes de la industria de harina de pescado, se caracteriza por estar compuesta de una mezcla de líquidos y sólidos.

Los efluentes líquidos vertidos en las aguas de la bahía de Chancay tienen un comportamiento estacional en algunos casos; por ejemplo, las descargas del río Chancay varían de acuerdo a la temporada de estiaje y avenidas.

### **1.8.4 Vertimientos de Aguas Residuales Domésticas en Chancay.-**

El sistema de alcantarillado para la recolección de las aguas residuales de la ciudad de Chancay cuenta actualmente con una red de 46,3 km. y 4931 conexiones domiciliarias, distribuidas en 6 zonas de drenaje que descargan independientemente al mar a través de sus respectivos emisores. En la parte central de la bahía se han identificado dos colectores domésticos que vierten directamente al borde litoral de la bahía de Chancay sus vertidos sin tratamiento previo.

*“El volumen de vertimiento de agua residual doméstica según EMAPA Chancay alcanza los 2'488,320 m<sup>3</sup> /año; asimismo, la carga bacteriana actual (Mayo 2001), es de 3.5 x 10<sup>22</sup> NMP/100 ml de Coliformes totales y 8,4 x 10<sup>12</sup> NMP/100 ml de Coliformes fecales. La carga orgánica en base a la DBO<sub>5</sub>, proveniente de esta fuente es de 547,43 TM DBO<sub>5</sub>/año [...], equivalente al 1,5 % del total de la carga orgánica.”<sup>18</sup>*

En la **Imagen I.2** (En Apéndice ver: «8.1. Galería de Imágenes»), se presentan capturas fotográficas de los principales colectores de aguas servidas que vierten en la bahía de Chancay.

---

<sup>18</sup> CABRERA CARRANZA, Carlos Francisco (2002). Estudio de la Contaminación de las Aguas Costeras en la Bahía de Chancay: Propuesta de recuperación; pág. 98.

### 1.8.5 Viviendas en el Distrito de Chancay.-

Las viviendas en el distrito de Chancay que cuentan con servicios de alcantarillado, equivalen al 48,4%; y, el porcentaje de abastecimiento de agua es 74% (63.5% red pública dentro de la vivienda/ fuera de la vivienda y 10.5% a través de pilón de uso público<sup>19</sup>). En el contexto citado, la PTAR apuntalará a cubrir el 48,4% en condiciones mínimas de funcionamiento; luego, el caudal de diseño se asumió considerando un cubrimiento de los servicios de alcantarillado al total de la población con abastecimiento de agua, es decir, el 74% de viviendas.

$$Q (\text{Diseño}) = Q(\text{mínimo}) + \Delta Q$$

Dónde:

Q (Diseño): Caudal de diseño (74% de viviendas).

Q (Mínimo): Caudal para condiciones mínimas de funcionamiento de la PTAR (48,4%).

$\Delta Q$ : Caudal que busca dar tratamiento al 25,6% de la población que aún no cuenta con servicios de alcantarillado, pero si con abastecimiento de agua.

### 1.9 Criterios de diseño del Sistema de Tratamiento.-

*Los criterios de diseño empleados en el presente trabajo, están basados en las referencias que rige el diseño de los procesos de tratamiento de aguas residuales y que básicamente están indicados en los textos: Manual of Practice No.8, Wastewater Treatment Plant Design, Water Environmental Federation y Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse, en sus últimas ediciones, por considerarse los más importantes a nivel nacional e internacional en la materia. Por otra parte y debido a que no existe referencia que contenga la totalidad de las directrices requeridas para el diseño, complementariamente se usaron los parámetros y recomendaciones de operación establecidos por los fabricantes de equipos de procesos empleados.*

*El diseño del proceso partió de considerar que el agua residual es residencial, biodegradable y que puede ser tratada por operaciones y procesos unitarios convencionales. Sobre esta base se aplicó fundamentalmente un método racional para el cálculo de las unidades de tratamiento de agua y lodos con base en coeficientes cinéticos y parámetros de diseño para aguas residuales residenciales o municipales, complementado por parámetros de diseño establecidos por los fabricantes de equipo de tratamiento considerados<sup>20</sup>.*

<sup>19</sup> MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CHANCAY (2012). Perfil del Proyecto: Creación de las condiciones de transitabilidad en las calles de acceso al Malecón La Parva, Ciudad de Chancay, Distrito de Chancay; pág. 47.

<sup>20</sup> ESPINOZA PAZ, Ramón Enrique (2010) Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Juan De Miraflores, Tesis para optar el Grado de Master en Gestión y Auditorías Ambientales, Pág. 117

En términos de confiabilidad del tratamiento, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

1. Utilización de procesos sanitarios ampliamente conocidos en el Perú que podrán ser operados y mantenidos adecuadamente con tecnología y recurso humano fácilmente adquiribles.
2. Se consideró la adecuación a las condiciones de la zona en cuanto a la climatología y la disponibilidad de terrenos.
3. Sencillez en su operación, utilizando al máximo elementos de control hidráulico de tipo manual.
4. En lo posible, diseño de procesos dobles con el fin de evitar que en un momento dado se interrumpa el funcionamiento de la planta debido al daño o falla de algún componente de la misma.
5. Minimizar el uso de energía eléctrica para la operación de los procesos y así evitar que en un momento dado una interrupción del servicio de energía eléctrica provoque una interrupción en el funcionamiento de la planta.

#### **1.10 Marco Legal**

La disposición adecuada de las aguas residuales domésticas deberá garantizar el nivel adecuado de tratamiento en función al uso específico, a fin de no generar riesgos en la salud de la población que tenga contacto con las zonas irrigadas con el agua residual tratada. Para determinar el sistema de tratamiento de aguas residuales para fines de conservación de medio acuático (marinos) se debe plantear la calidad del tipo del efluente que se requiere de acuerdo:

- Constitución Política del Perú 1993.
- Ley General de recursos Hídricos ( Ley N°29338)
- Ley General del Ambiente - Ley N° 28611.

- Decreto N° 002 – 2008 – MINAM
- Decreto N° 003 – 2010 – MINAM.
- Norma Técnica OS.090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobada mediante D.S. N° 011-2006-VIVIENDA y modificada por D.S. N° 022-2009-VIVIENDA.

## **1.11 Operaciones Unitarias del Sistemas de Tratamiento.-**

### **1.11.1 Tratamiento Preliminar.-**

Sirven también para minimizar algunos efectos negativos al tratamiento tales como grandes variaciones de caudal y de composición y la presencia de materiales flotantes, como aceites, grasas y otros.

Prácticamente todas las plantas de tratamiento incluyen rejas (cribas) y desarenadores. Otros tipos de tratamiento preliminar son frecuentemente empleadas para residuos líquidos industriales<sup>21</sup>.

#### **Cribado.-**

Son dispositivos constituidos por barras metálicas paralelas e igualmente espaciadas. Las barras pueden ser rectas o curvadas.

Su finalidad es retener sólidos gruesos, de dimensiones relativamente grandes que estén en suspensión o flotantes. Las rejas, por lo general, son la primera unidad de una planta de tratamiento<sup>22</sup>.

#### **Desarenador.-**

Los desarenadores son unidades a retener la arena y otros detritos minerales inertes y pesados que se encuentren en las aguas residuales.

La remoción de la arena tiene como finalidad proteger las bombas contra desgaste, para evitar obstrucciones de tuberías y para impedir la formación de depósitos de material inerte en el interior de sedimentadores y digestores.

---

<sup>21</sup> LOTHAR RESS, Máx. (Asesor de tratamiento de aguas residuales). Tratamientos preliminares - CEPIS; pág. 2.

<sup>22</sup> LOTHAR RESS, Máx. (Asesor de tratamiento de aguas residuales). Tratamientos preliminares - CEPIS; pág. 2-3

Su principio de funcionamiento es que las condiciones dinámicas de una corriente líquida, en especial la turbulencia, son responsables por el transporte de partículas sólidas más densas que el agua. Esas partículas son conducidas en suspensión o son arrastradas por tracción junto al fondo de los canales o tuberías.

La capacidad de transporte de las aguas en movimiento varía según la velocidad. La cantidad de material en suspensión que un curso de agua puede transportar es siempre en función de su grado de turbulencia<sup>23</sup>.

### **1.11.2 Tratamiento Primario.-**

El tratamiento primario de las aguas residuales previamente sometido al tratamiento preliminar, básicamente considera tanques imhoff, tanques de sedimentación y tanques de flotación.

Se entiende por sedimentación a la remoción por efecto gravitacional de las partículas en suspensión presentes en el agua. Estas partículas deberán tener un peso específico mayor que el fluido. La remoción de partículas en suspensión en el agua puede conseguirse por sedimentación o filtración. De allí que ambos procesos se consideren como complementarios. La sedimentación remueve las partículas más densas, mientras que la filtración remueve aquellas partículas que tienen una densidad muy cercana a la del agua o que han sido re suspendidas y, por lo tanto, no pudieron ser removidas en el proceso anterior. (Ver Apéndice 8.2: « Esquema 6 tratamiento primario »).

En ese contexto, la propuesta de planta de tratamiento considera necesario pasar las aguas sometidas a tratamiento preliminar a un tanque de sedimentación donde fluye lentamente para que sedimenten las piedras, arena y otros objetos pesados que pudieran aun permanecer en las aguas residuales.

Es preciso enfatizar la importancia que los tratamientos primarios tienen para los sistemas de tratamiento de aguas residuales, pues de su adecuada y eficiente operación depende en muy buena parte que todo el sistema reduzca efectivamente la carga contaminante que tienen las aguas residuales. A continuación se presenta una

---

<sup>23</sup> LOTHAR RESS, Máx. (Asesor de tratamiento de aguas residuales). Tratamientos preliminares - CEPIS; pág. 13-14

discusión de los principales procesos y operaciones de tratamiento primario, utilizados en las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.<sup>24</sup>

### **Sedimentación.-**

La separación de los sólidos por gravedad se basa en la diferencia que existe entre los pesos específicos del líquido que es la fase continua y el de las partículas, las cuales constituyen la fase directa. Para que se produzca la separación entre el líquido y los sólidos pueden seguirse dos caminos, a saber, que aquellas partículas que tienen un peso específico mayor que el del agua sedimenten, y que aquellas otras con un peso específico menos que el del agua floten. Se puede pues utilizar la sedimentación o la flotación para separar del agua residual los sólidos en suspensión presentes en ella.

La sedimentación es el proceso más simple y de mayor utilización para el tratamiento de aguas residuales. En efecto la sedimentación se usa como tratamiento primario y como complemento a los tratamientos secundarios en la mayoría de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

### **Sedimentación Primaria.-**

La sedimentación primaria es uno de los procesos más utilizados en los sistemas de tratamiento de aguas residuales, bien sea como tratamiento único, o bien como proceso de tratamiento anterior o previo al tratamiento biológico propiamente dicho. El objetivo fundamental de la sedimentación primaria es remover de las aguas residuales aquella fracción de los sólidos que es sedimentable, además de la carga orgánica asociada con dichos sólidos. La base o criterio práctico de diseño es la carga superficial, la cual usualmente se expresa en términos de  $m^3/día/m^2$  o  $m^3/h/m^2$ , o sea el resultado de dividir el caudal en  $m^3/día$  o  $m^3/h$  por la superficie total del tanque de sedimentación en metros cuadrados.

Por ejemplo se recomienda en base experiencias que la carga superficial de un sedimentador primario para aguas residuales domésticas no exceda el valor

---

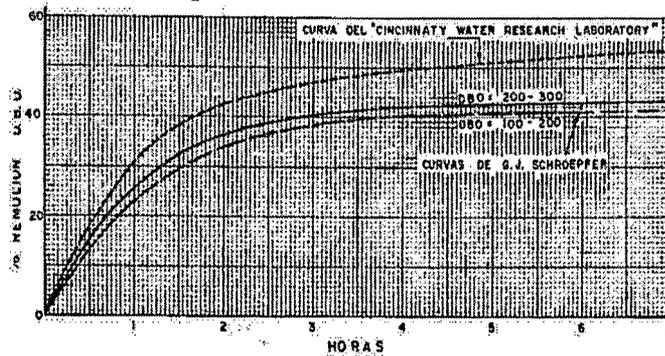
<sup>24</sup> Guillermo Valencia Montoya (Profesor internacional de CEPIS y CIFCA). Tratamientos primarios - CEPIS; pág. 1-2.

de  $24 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}^2$ , cuando el caudal de tratamiento es inferior a  $4000 \text{ m}^3/\text{día}$ . Si el caudal de aguas residuales a tratar es mucho mayor que  $4000 \text{ m}^3/\text{día}$ , entonces es posible utilizar cargas superficiales del orden de los  $30\text{-}32 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}^2$  y aún mayores.

### Sedimentación Secundaria.-

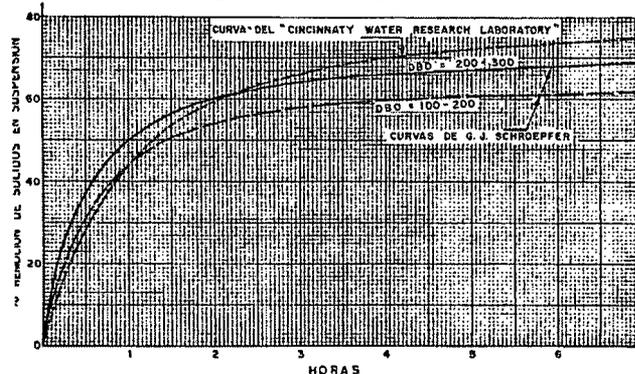
La sedimentación secundaria es un proceso usualmente asociado con los tratamientos biológicos o secundarios propiamente dichos y con aplicaciones como lagunas. Pero se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones en el mencionado tratamiento.

**Gráfico N° 1.1:** Eficiencia de remoción de DBO en sedimentación primaria VS periodo de retención.



Fuente: CEPIS Consideraciones de tratamiento primario

**Gráfico N° 1.2:** Eficiencia de remoción de sólidos en suspensión en sedimentación primaria VS periodo de retención.



Fuente: CEPIS Consideraciones de tratamiento primario

En general puede decirse que las mismas condiciones de diseño de las estructuras de entrada y salida que se tienen en cuenta en el diseño de sedimentadores primarios, deben tenerse en cuenta para diseñar tanques de sedimentación secundaria.

### **Tanques Imhoff.-**

Son unidades compactadas de tratamiento de aguas residuales en las cuales se combinan los procesos de sedimentación y de digestión anaeróbica de los sólidos suspendidos removidos. Se los conocen también con los nombres de tanques Emscher y de “tanques de dos pies”. Su desarrollo se produjo en la búsqueda de un mejoramiento en las condiciones de funcionamiento de los tanques sépticos en los cuales la eficiencia del proceso se ve seriamente afectada porque en una misma cámara se realizan los procesos de sedimentación y de digestión.

Las finalidades y uso de los tanques Imhoff son las mismas que las de un proceso de tratamiento primario, pues los niveles de remoción de sólidos suspendidos y de DBO son bajos comparados con los niveles logrados en los sistemas más completos de tratamiento biológico. Sin embargo, cuando se permite el desarrollo del sistema de tratamiento por etapas, en tal forma que poco a poco se puedan ir satisfaciendo las normas sobre calidad del efluente, los tanques Imhoff son una alternativa que debe considerarse, puesto que presentan la gran ventaja de no requerir sistema alguno de transporte de los lodos primarios.

Los tanques Imhoff requieren ciertas consideraciones tecnológicas especiales en su diseño, para evitar que los dos procesos se auto interfieran<sup>25</sup>.

### **Flotación.-**

La flotación es un proceso de separación de líquido – sólido utilizado para la remoción de partículas o sólidos suspendidos en las aguas residuales. Se usa principalmente para la separación de grasas, aceites, material fibroso y otros sólidos de densidad baja. Como la mayoría de los sólidos suspendidos presentes en las aguas residuales tiene un peso específico cercano a 1.0, la adhesión de las burbujas de aire a los sólidos, o su entrapamiento al interior, hacen que las partículas floten fácilmente.

Se logra que los sólidos en suspensión floten a la superficie del tanque cuando se aplican presiones en el rango de 2.8 – 4.2 kg/cm<sup>2</sup>, bien sea a las aguas residuales directamente, o al efluente recirculado del tanque de flotación. Dichas presiones

---

<sup>25</sup> VALENCIA MONTOYA, Guillermo (Profesor internacional del CEPIS y CIFCA). Tratamientos primarios - CEPIS; pág. 27-28.

deben aplicarse en presencia de exceso de aire se disuelve en el agua a dichas presiones y luego se desprende de la solución de aguas residuales cuando se descarga la mezcla a presión en el fondo del tanque de flotación. El desprendimiento del aire ocurre en la forma de finas burbujas las cuales se adhieren o quedan inmersas en los sólidos suspendidos. La mezcla partículas-aire asciende entonces a la superficie del tanque de donde se remueven los sólidos mediante un mecanismo recolector de lodos.

**Tabla 1.1: Parámetros de Diseño Típicos para Sedimentadores**

TIPO DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO	CARGA HIDRAULICA		CARGA DE SÓLIDOS		PROFUNDIDAD
	Promedio	Pico	Promedio	Pico	metros
	m <sup>3</sup> /día/m <sup>2</sup>		Kg de sólidos/día/m <sup>2</sup>		
Luego de filtros percoladores	16.3 – 24.5	40.8 – 49.0	-	-	3.0 – 3.70
Luego de lodos activados con aire, excluyendo aireación extensiva.	16.3 – 32.3	40.8 – 49.0	97.6 – 146.4	244.0	3.70 – 4.60
Luego de aireación extensiva	8.2 – 16.3	32.3	97.6 – 146.4	244.0	3.70 – 4.60
Luego de lodos activados con oxígeno y sedimentados en sedimentador primario	16.3 – 32.3	40.8 – 49.0	122.0 – 170.8	244.0	3.70 – 4.60

**Fuente:** CEPIS, Tratamientos primarios, Guillermo Valencia Montoya, Profesor internacional de CEPIS y CIFCA.

### 1.11.3 Tratamiento Secundario.-

El objetivo de este tratamiento es remover la DBO soluble que escapa a un tratamiento primario, además de remover cantidades adicionales de sólidos sedimentables.

Un tratamiento secundario remueve aproximadamente 85% de la DBO y los SST aunque no remueve cantidades significativas de otros elementos como metales pesados en el caso de aguas residuales industriales.

Además de la materia orgánica se va a presentar gran cantidad de microorganismos como bacterias, hongos, protozoos, rotíferos, etc., que entran en estrecho contacto con la materia orgánica la cual es utilizada como su alimento. Los microorganismos convierten la materia orgánica biológicamente degradable en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O y nuevo material celular.

Algunos de los tratamientos secundarios existentes y normados con la legislatura nacional peruana, de además con una eficiencia de remoción de DBO soluble mayo a 80%, pudiendo ser de biomasa en suspensión o biomasa adherida, e incluye los siguientes sistemas: lagunas

de estabilización, lodos activados (incluidas las zanjas de oxidación y otras variantes), filtros biológicos y módulos rotatorios de contacto.<sup>26</sup>

### **Lodos Activados.-**

La depuración biológica por fangos activos, lodos activados o barros activados es un proceso biológico empleado en el tratamiento de aguas residuales convencional, que consiste en el desarrollo de un cultivo bacteriano disperso en forma de floculo en un depósito agitado, aireado y alimentado con el agua residual, que es capaz de metabolizar como nutrientes los contaminantes biológicos presentes en esa agua.

La agitación evita sedimentos y homogeneiza la mezcla de los flóculos bacterianos con el agua residual. La aireación requerida tiene por objeto suministrar el oxígeno necesario tanto para las bacterias como para el resto de los microorganismos aerobios. El oxígeno puede provenir del aire, de un gas enriquecido en oxígeno o de oxígeno puro.

Este proceso puede ser considerado como de un proceso de autodepuración acelerada, reforzada y controlada artificialmente. Los fenómenos que se presentan son exactamente los mismos que en los ríos o lagos naturales, pero en las balsas de aireación los organismos se agrupan apretadamente en un espacio reducido y en gran número.

El proceso de depuración se lleva a cabo por los microorganismos, que se desarrollan sobre la materia orgánica, y con la presencia requerida de nutrientes (nitrógeno y fósforo, así como otros oligoelementos). Este proceso biológico requiere de una cantidad determinada de materia orgánica, ya que cantidades excesivas de estos compuestos orgánicos, metales pesados y/o sales pueden inhibirlo o destruirlo; y cantidades reducidas de nutrientes pueden no ser suficientes para mantener el proceso.

Un proceso biológico de fangos activos se desarrolla habitualmente en dos cámaras separadas:

---

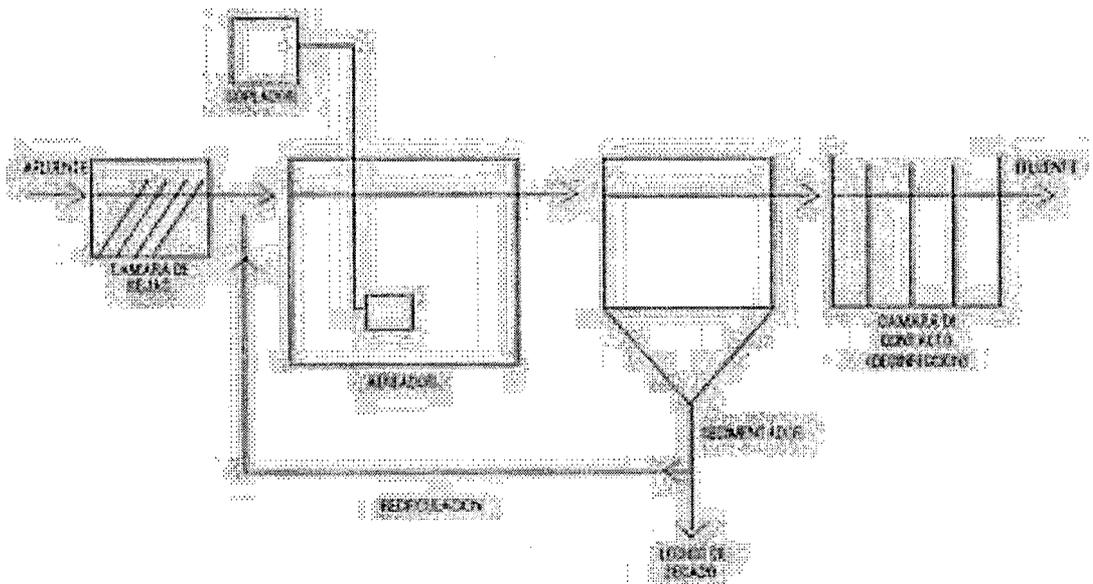
<sup>26</sup> MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)-OS.090; págs. 33

- Un reactor biológico, tanque agitado, aireado y alimentado con el agua residual, en el que se produce la parte biológica del proceso;
- y un decantador secundario, tanque en el que sedimenta el fango producido, que es recirculado a la cabecera del tratamiento, y purgada para su eliminación la cantidad producida en exceso.

Estos procesos pueden desarrollarse en un único depósito, actuando alternativamente como reactor y como decantador.

Los sistemas de lodo mecánicamente eliminar los sólidos y sedimentos destructiva de su barro, lo que resulta en la retención de líquidos, reducir el desgaste en el equipo, la agitación de barro más eficiente, el mantenimiento de limpieza eficiente, y un ambiente de trabajo más seguro.<sup>27</sup>

**Gráfico N° 1.3: Diagrama del Proceso de Lodos Activados**



**Fuente:** CEPIS, Tratamientos primarios.

#### **Lagunas de Estabilización.-**

Las lagunas de estabilización son estanques diseñados para el tratamiento de aguas residuales mediante procesos biológicos naturales de interacción de la biomasa (algas, bacterias, protozoarios, etc.) y la materia orgánica contenida en el agua

<sup>27</sup> RNE-OS.090; págs. 42

residual. Existen tipos de lagunas de estabilización, tales como: Lagunas aerobias, lagunas anaerobias y lagunas facultativas<sup>28</sup>.

**Lagunas Aeróbicas:** Las lagunas aireadas se emplean generalmente como primera unidad de un sistema de tratamiento en donde la disponibilidad del terreno es limitada o para el tratamiento de desechos domésticos con altas concentraciones o desechos industriales cuyas aguas residuales sean predominantemente orgánicas.

En estas lagunas se mantienen condiciones aeróbicas a todo nivel y tiempo, y la reducción de materia orgánica es efectuada por acción de organismos aeróbicos.

**Lagunas Anaeróbicas.-** Son estanques de profundidad estimada entre 2.5 y 4 metros, reciben cargas orgánicas elevadas de modo que la actividad fotosintética de las algas es suprimida, encontrándose ausencia de oxígeno en todos sus niveles. En estas condiciones, estas lagunas actuarán como un digestor anaeróbico abierto sin mezcla y, debido a las altas cargas orgánicas que soportan, el efluente contiene un alto porcentaje de materia orgánica y requiere de otro proceso de tratamiento.

**Lagunas Facultativas.-** Son estanques donde el contenido de oxígeno varía de acuerdo a la profundidad y hora del día. Operan en su estrato superior como lagunas aeróbicas y en su estrato inferior como laguna anaeróbicas, en la zona intermedia de se crea un estrato particular llamado zona facultativa. Sus objetivo es obtener efluente de mayor calidad posible, en el que se haya alcanzado una elevada estabilización de la materia orgánica, y una reducción en el contenido en nutrientes y bacterias coliformes.

### **Humedales Artificiales**

Los humedales naturales han sido utilizados desde hace siglos para el tratamiento de aguas residuales, más que todo por que constituían un cuerpo receptor más adecuado para cualquier otro cuerpo de agua. Por esta razón, descargas no

---

<sup>28</sup> MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones; pág. 95.

controladas de aguas residuales condujeron a la degradación irreversible de muchas áreas de este tipo. Sin embargo, ha habido un enorme aumento de conocimientos durante las últimas décadas y un cambio de actitud hacia los mismos, reconociéndose que proveen muchos beneficios entre los que se incluyen el control y suministro de agua (recarga de acuíferos y tratamiento de aguas residuales), uso de plantas (producción de papel), preservación de la vida animal, uso de sistemas integrados para la producción agrícola y acuícola, e incluso se utilizan para actividades recreativas. En base a los mecanismos de remoción observados en los humedales naturales, se desarrollaron principalmente en Europa y Estados Unidos, los humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales<sup>29</sup>.

El tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales (también denominado humedales construidos o filtros biológicos) o “constructed wetlands” es un sistema de tratamiento biológico que reproduce los procesos que ocurren en la naturaleza, como es la capacidad de auto purificación, fijación física de los contaminantes en la superficie del suelo y rizomas de plantas, degradación de la materia orgánica, mediante utilización y transformación de los elementos por intermedio de los microorganismos. Este sistema logra niveles de tratamiento con un bajo consumo de energía y bajo mantenimiento; lo que hace que tengan un atractivo potencial para el tratamiento de aguas residuales.

Los humedales construidos, son sistemas biológicos que tienen como función fundamental el tratamiento de aguas residuales. De aquí que ellos se incluyan entre los llamados sistemas naturales de tratamiento. En estos sistemas los contaminantes presentes en las aguas residuales son removidos por una serie de procesos físicos, químicos y biológico que se desarrollan en el ambiente natural, entre estos procesos se encuentran la sedimentación, la adsorción a las partículas del suelo, la asimilación por las plantas y la transformación microbiana. En los humedales es usual utilizar plantas acuáticas emergentes entre las que se encuentran: juncos, eneas y espadañas, dichas plantas proporcionan superficie para el crecimiento de los microorganismos y permitan la filtración de adsorción

---

<sup>29</sup> Sucher&Holzer, 2005

de los contaminantes presentes en el agua residual, además de inhibir el crecimiento de las algas y favorecer la formación de zonas aerobias alrededor de las raíces debido a las características de estas plantas de transportar el oxígeno desde las hojas hasta las raíces<sup>30</sup>.

#### **Clasificación de los Humedales**

- **Los Humedales con Flujo Libre (FL)**, son estanques o canales en los que la superficie del agua se encuentra expuesta a la atmosfera con niveles de agua poco profundos (0,1 a 0,6 m) y las plantas emergentes están enraizadas sobre una capa de suelo generalmente impermeabilizado, para evitar la infiltración al manto freático. Las aguas residuales aplicadas a estos sistemas usualmente son pretratadas y la depuración de las mismas se logra al circular el agua a través de los tallos y raíces de las plantas (vegetación emergente).

Entre la ventaja de este tipo de humedales se tiene: el capital requerido y los bajos costos de operación, y su simple construcción, operación y mantenimiento. La principal desventaja de los humedales en general y en especial los de flujo libre (FL), es que requieren una gran área de tierra en comparación con otros sistemas.

- **Los Humedales con Flujo Subsuperficial (FSS)** son estanques con el fondo generalmente impermeable sobre el cual se coloca un medio porosos que puede ser suelo, arena o grava en el que se siembra las plantas emergentes. Las aguas residuales aplicadas a estos sistemas son generalmente pretratadas. Este tipo de humedales puede ser construidos con flujo horizontal Subsuperficial, en el que el medio poroso se mantiene saturado por el agua, o con flujo vertical en el que el medio poroso no se encuentra saturado debido a que el agua se aplica usualmente sobre la superficie del lecho a intervalos de tiempo, lo que permite que el agua percole a través del medio, de forma similar a lo que sucede en un filtro de arena intermitente.

---

<sup>30</sup> Víctor Maldonado Yactayo; Uso de wetlands para el tratamiento y reúso de aguas residuales domesticas; pág. 16

Entre sus ventajas tenemos que son más tolerantes a las bajas temperaturas, minimizan las plagas de mosquitos y malos olores y poseen un alto potencial de asimilación por unidad de área en comparación a los sistemas FL, debido a que el medio poroso provee una mayor superficie de contacto, así el tratamiento es más rápido y requiere menos área para tratar el mismo volumen de agua.

Entre las desventajas puede mencionarse un relativo mayor costo en la construcción en comparación de los humedales FL así como un mayor costo de operación y mantenimiento, pudiéndose presentar problemas de obstrucción y afloramiento de las aguas de tratamiento<sup>31</sup>.

### **Aireación**

Es el proceso mediante el cual el agua se pone en contacto íntimo con el aire para modificar las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ella.

Se utiliza la aireación para eliminar sustancias inorgánicas disueltas, por oxigenación, tales como hierro o manganeso. El caso más importante es la transferencia de oxígeno al floculo bacteriano, cuyo objetivo es llevar a cabo todas las reacciones aerobias que son fundamentales en los procesos de lodos activados y filtros biológicos.<sup>32</sup>

#### **Relación De Sistemas Con Aireación:**

- En aguas residuales, aumentar la eficacia en las operaciones posteriores al tratamiento.
- En los procesos de tratamientos biológicos.
- La flotación, elimina grasas, sólidos y concentrar fangos.
- Proceso de desinfección con cloro en forma gaseosa.
- Organismos vivientes responsables de grandes transferencia de gas, las algas.

---

<sup>31</sup> Víctor Maldonado Yactayo; Uso de wetlands para el tratamiento y reúso de aguas residuales domesticas; pág. 17-18.

<sup>32</sup> Cisneros Abad Mónica; Sistemas complementarios en tratamiento de aguas residuales; pág. 36-40.

## **Equipos de Aireación**

Los equipos de aireación empleados en el tratamiento de aguas residuales son de tres tipos:

### **Equipos de aireación difusa o de aire comprimido.**

Se define como la inyección de gas, aire u oxígeno, bajo presión, por la parte inferior de la superficie libre del fluido.

Los difusores lanzan, a través del agua o fluido, burbujas de aire provenientes de toberas o distribuidores colocados en el fondo del tanque de aireación.

El aire aplicado proviene de un compresor, con una presión en el fondo del tanque de aireación que depende de la profundidad del agua en el mismo, de las pérdidas en la tubería de distribución y de la tasa de aplicación.

### **Sistemas de turbina**

En estos sistemas se dosifica aire debajo de las paletas de rotación de un impulsor sumergido, es análogo al funcionamiento de un bote.

### **Aireadores de superficie.**

Método alternativo para la introducción de grandes cantidades de oxígeno, consisten en turbinas de alta o baja velocidad o en unidades flotantes de alta velocidad que giran en la superficie del líquido parcialmente sumergidas.

Estos aireadores se proyectan, tanto para mezclar el contenido del tanque, como para exponer el líquido a la acción de la atmosfera en forma de pequeñas gotas.

Adicionalmente, los equipos de aireación mecánica superficiales se pueden clasificar en:

- Equipos de flujo radial de baja velocidad.
- Equipos de flujo axial de velocidad alta.
- Equipos aspirantes y rotores horizontales.

### 1.12 Tipos de Tratamiento.-

**Procesos Aerobios:** La presencia de  $O_2$  hace que este elemento sea el aceptor de electrones, por lo que se obtienen unos rendimientos energéticos elevados, provocando una importante generación de fangos, debido al alto crecimiento de las bacterias aerobias. Su aplicación a aguas residuales puede estar muy condicionada por la baja solubilidad del oxígeno en el agua.

**Procesos Anaerobios:** En este caso el aceptor de electrones puede ser el  $CO_2$  o parte de la propia materia orgánica, obteniéndose como producto de esta reducción el carbono es su estado más reducido, Metano ( $CH_4$ ). La utilización de este sistema tiene, como ventaja importante, la obtención de un gas combustible.

**Procesos Anóxicos:** Se denominan así los sistemas en los que la ausencia de  $O_2$  y la presencia de  $NO_3^-$  hacen que este último elemento sea el aceptor de electrones, transformándose, entre otros, en  $N_2$ , elemento completamente inerte. Por tanto es posible, en ciertas condiciones, conseguir una eliminación biológica de nitratos (desnitrificación).

De las opciones de tratamiento de aguas residuales, entre las cuales destacan: los **procesos aerobios y anaerobios**; se optó por el tratamiento de aguas residuales por procesos aerobios, esto en razón de las siguientes premisas:

- Los procesos anaerobios de mitigación de los elementos contaminantes considerados son susceptibles de generar malos olores al menor cambio de la calidad del efluente; en ese contexto, existe riesgos que pueden implicar quejas de la población vecina, ya que la planta se ubicará en un área cercana a la ciudad; luego, se buscó prevenir la contaminación del ambiente debido a malos olores y el consiguiente riesgo de queja por parte de la población.
- En cuanto a la puesta en marcha de una planta de tratamiento de aguas residuales, se tiene que las plantas con procesos anaerobios tienen una puesta en marcha mayor, en tiempo, comparados con el tiempo de puesta en marcha para una planta de tratamiento con proceso aerobio.
- Por otro lado, los procesos aerobios para el tratamiento de aguas residuales es uno de los más aceptados y difundidos en nuestro medio, luego, el optar por un proceso aerobio permitirá contar con un mayor número de casos para la discusión de resultados; en efecto:

*“La mayor experiencia del país en el tratamiento de las aguas residuales domésticas es el uso de lagunas de estabilización facultativas, que se inició desde los años 60 en San Juan de Miraflores al Sur de Lima y que luego se replicó en otras partes de Lima y el Perú. Por tal razón 10 de las 41 plantas de Lima utilizan actualmente esta tecnología, que además en otros dos casos fueron reemplazadas por las actuales plantas de lagunas aireadas de San Juan y Huáscar implementadas en el Cono Sur.”<sup>33</sup>*

- Para el caudal de diseño de 308 L/s, el reúso de agua ofrece una alta probabilidad de recuperación de capital vender el agua tratada; para tal efecto se debe considerar la única referencia actual del precio del agua residual tratada la cual asciende a US\$ 0,16/m<sup>3</sup> que cobra la Planta de Tratamiento de la UNI (UNITRAR) a las municipalidades. En ese contexto, es posible estimar una relación costo/beneficio del agua residual tratada, la cual para el caso de algunas plantas de Lima Metropolitana se muestran en el cuadro 14 (Ver anexo 9.1).
- Entre las diferentes alternativas (En anexo 9.1, ver: «Cuadro 11. Tecnologías de tratamiento de aguas residuales domésticas») se optó por lagunas aireadas, debido a que la experiencia de tratamiento de aguas residuales en Lima Metropolitana que a 2011 contaba con 41 plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, que tratan todas ellas los desagües domésticos recolectados por SEDAPAL; da cuenta que para caudales de diseños elevados (hasta 1700 L/s, en anexos: « 9.1. Cuadros Explicativos», ver cuadro 10), las lagunas aireadas es la más usada y más efectiva; en efecto:

*“El 34.15% de las plantas trabajan con sistemas de lodos activados, pero solo tratan el 16.93% del agua procesada. En cambio, si bien solo tres plantas utilizan una combinación de lagunas aireadas, de sedimentación y pulimento, estas son las más grandes y manejan el 44.21% del agua residual tratada, por lo que se podría decir que es la tecnología más importante utilizada actualmente en Lima.”<sup>34</sup>*

### **1.13 Métodos Utilizados en el diseño de la PTAR.-**

En el diseño de la planta de tratamiento se siguió el proceso que se esquematiza en la gráfica (Ver Apéndice 8.2: « Planos y Esquemas: **Esquema 1** »).

El tratamiento está conformado por las siguientes operaciones unitarias:

- a. Criba (02 unidades)

<sup>33</sup> MOSCOSO CAVALLINI, Julio César (Consultor). Estudio de opciones de tratamiento y reúso de aguas residuales en Lima Metropolitana; pág. 15.

<sup>34</sup> MOSCOSO CAVALLINI, Julio César (Consultor). Estudio de opciones de tratamiento y reúso de aguas residuales en Lima Metropolitana; pág. 14.

- i. Línea de Desbaste (01 unidades)
- b. Desarenador (02 unidades)
  - i. Aireadores
- c. Tanque de Sedimentación (02 unidades)
- d. Laguna de estabilización (04 unidades)

#### 1.14 Estructura General de la Planta.-

Funcionalmente se considera un proceso con variados tipos de tratamiento; y, estructuralmente un conjunto de elementos específicos por tipo de tratamiento, y, elementos generales que coadyuvan las funciones de la planta en forma transversal al tipo de tratamiento. En este contexto, la estructura y funcionamiento de la planta de tratamiento propuesta, considera los tipos de tratamientos específicos y elementos que se detallan en la tabla que prosigue.

**Tabla 1.2: Elementos del proceso de tratamiento y ambientes de la planta.**

TIPO DE TRATAMIENTO	ELEMENTOS DEL PROCESO	AMBIENTES GENERALES
<b>Preliminar</b>	Cribas	- Cuarto de bombas de aire y agua. - Cuarto de control de válvulas.
	Desarenador	
<b>Primario</b>	Tanque de sedimentación	- Almacén de insumos. - Zona para secado de lodos. - Tolvas para material cribado.
	Aireadores	
<b>Secundario</b>	Lagunas de estabilización (Completa)	- Caseta de vigilancia. - Áreas de tránsito. - Áreas verdes. - Otros ambientes.
	Aireadores (1er orden)	
	Lagunas de estabilización (Parcial)	
	Aireadores (2do orden)	
	Lagunas de estabilización	

Fuente: Elaboración propia.

##### 1.14.1 Diseño de la obra de llegada.-

El diseño de la obra de llegada de una planta de tratamiento de aguas residuales, conlleva el diseño del conjunto de estructuras ubicadas entre el punto de entrega del emisor y los procesos de tratamiento preliminar; es decir, el diseño de las estructuras de llegada. En términos generales dichas estructuras deben dimensionarse para el

caudal máximo horario. Básicamente, el diseño de la obra de llegada considera: la estructura de recepción del emisor y el dispositivo de desvío de la planta.

#### **Caudal máximo horario.-**

El caudal de máximo horario es el correspondiente a la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo, y en general, se determina como:

$$Q_{\text{Máximo Horario}} = K \times P_{\text{promedio}}$$

Dispositivo de desvío de la planta.- Para el proyecto, el dispositivo de desvío de la planta lo constituyen dos tuberías que captan el agua residual provenientes de dos colectores principales, se prevé el diseño de una estructura de pre tratamiento que recibirá los desagües del colector en el cual se identificó el denominado PTO 2 o salida del desagüe general en el puerto de Chancay ( $Q_2 = 0,066 \text{ m}^3/\text{s}$ ) y las aguas del colector en el cual se identificó el denominado PTO 2 o salida del desagüe general en la bahía de Chancay ( $Q_3 = 0,088 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Por cuestiones de diseño relacionados con mantener la simetría en el desvío y mantener un margen de holgura para la capacidad de los dispositivos de desvío, se consideró como caudal de diseño para las tuberías, al caudal máximo (Máximo horario); en ese respecto, el dimensionamiento hidráulico para este tramo se verificó por el criterio de velocidad en la tubería Tensión Tractiva Media (st) con un valor mínimo, calculado para el caudal inicial ( $Q_i = 2 \times Q_{\text{promedio}}$ ). Es decir:

$$S_0 \text{ min} = 0,0055 \times Q_i^{-0,47}$$

Dónde:

$S_0 \text{ min}$  = Pendiente mínima (m/m)

$Q_i$  = Caudal inicial (L/s)

Dado que la determinación del diámetro de la tubería de desvío debió garantizar un régimen de escurrimiento permanente y uniforme, se utilizó la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{\Omega}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{i}$$

Dónde:

$\chi$  es el “Perímetro Mojado” (es decir el perímetro que ocupa el fluido en un corte transversal de la tubería).

R es el “Radio Medio Hidráulico” que surge de calcular el cociente entre el Área Mojada “ $\Omega$ ” y el Perímetro Mojado “ $\chi$ ”.

$$R = \frac{\Omega}{\chi}$$

n es el “Coeficiente de Manning” dependiente de la rugosidad de las paredes de la tubería.

i es la “Pendiente Longitudinal” de la tubería.

#### **1.14.1.1 Diseño de la PTAR para el tratamiento preliminar.-**

El diseño de la planta en su etapa de tratamiento preliminar, conlleva el diseño del conjunto de estructuras ubicadas entre el punto de entrega del emisor y los procesos de tratamiento primario. Dado que “las unidades de tratamiento preliminar que se puede utilizar en el tratamiento de aguas residuales municipales son las cribas y los desarenadores”; en el diseño de la planta para el tratamiento preliminar de las aguas residuales provenientes de los desagües domésticos del distrito de Chancay, básicamente considero el diseño de las cribas, el desarenador y el medidor y repartidor de caudal.

##### **Cribas.**

Dado que en condiciones actuales la Concentración de SST no supera el LMP (150 mg/L) y se ajusta a los requerimientos del objetivo de diseño o punto referencial de diseño de la PTAR en función de los parámetros contaminantes; se optó por aberturas de la reja mediana (entre 6 y 38 mm), con la finalidad de producir la eliminación de sólidos suspendidos. Además, teniendo en cuenta que la localización de las cribas debe de ser en un depósito que tenga su base a mayor profundidad de la parte inferior de la tubería, con una pequeña inclinación, con el objetivo de que disminuya la presión del agua, se obtenga una velocidad de 0.45m/s al aproximarse a las rejillas y se tenga mayor superficie de contacto con la rejilla; se optó por cribas (Ver Anexo 9.3: **Imagen I.1**) que tuvieran un canal para ubicación de rejillas, tal como se muestra en el Apéndice 8.2: **Esquema 4**.

La sección transversal de la criba la conforma un rectángulo cuya sección transversal (S) puede ser expresado a través de la relación entre siguiente formula:

$$S = \frac{A_u}{E}$$

El valor del área de la reja (Au) queda fijada por la velocidad del agua a través de barras y el caudal, dicha área se puede calcular de la siguiente manera:

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

**Tabla 1.3: Clases de rejas para aguas residuales.**

CLASIFICACIÓN	TAMAÑO DE ABERTURA	FUNCIÓN	COMENTARIO
<b>Rejas gruesas</b>	38 a 150 mm	Elimina objetos grandes para proteger el equipo.	Primera línea de protección. Utilizada a menudo delante de otras rejas.
<b>Rejas medianas</b>	6 a 38 mm	Elimina sólidos que pueden interferir con otros procesos de la planta.	Usado tradicionalmente para el tamizado de aguas residuales previo al tratamiento.
<b>Rejas finas</b>	1 a 6 mm	Elimina solidos pequeños, algo de DBO y algunas bacterias.	Usado como tratamiento de primera etapa o en vez de sedimentación.
<b>Milimatices</b>	0,2 a 1,5 mm	Elimina solidos muy pequeños, también un 30% de DBO y bacterias.	Puede ser utilizado para tratamiento primario o para pulido de efluente secundario.
<b>Microtamiz</b>	0,01 a 0,3 mm	Elimina pequeñas partículas de materia.	Usado para pulir efluentes secundarios.

Fuente: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en San Juan de Miraflores; pág. 138.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, la cantidad estimada de material cribado se calcula teniendo en cuenta que las siguientes aberturas.

Abertura (mm)	Cantidad (litros de material cribado L/m <sup>3</sup> de agua residual)
20	0,038
25	0,023
35	0,012
40	0,009

### **Desarenador.-**

Los desarenadores son unidades destinadas a retener la arena y otros minerales inertes y pesados que se encuentran en las aguas residuales (cascotes, gravas, pedazos de ladrillo, partículas metálicas, carbón, tierra y otros). Dado que se optó por “Rejas Medianas”, y que se espera que el desarenador cumpla con la remoción de arena que podría obstruir las tuberías; la implementación de desarenadores como parte del proyecto fue diseñado de la siguiente manera:

Los desarenadores serán de limpieza manual, sin incorporar mecanismos. Según el mecanismo de remoción, los desarenadores seleccionados fueron a gravedad de flujo horizontal que cuentan con canales de forma alargada y de sección rectangular. (Ver Apéndice 8.2: «Planos y Esquemas: Esquema 5 »).

Dado que según el RNE, los desarenadores de flujo horizontal serán diseñados para remover partículas de diámetro medio igual o superior a 0,20 mm, y que para el efecto se debe tratar de controlar y mantener la velocidad del flujo alrededor de 0.3 m/s con una tolerancia + 20%.

Dado que la tasa de aplicación deberá estar entre 45 y 70 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h (1080 y 1680 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h), además, se deberá considerar a la salida y entrada del desarenador, a cada lado, por lo menos una longitud adicional equivalente a 25% de la longitud teórica; por otro lado, la relación entre el largo y la altura del agua debe ser como mínimo 25. Asimismo, “Como la experiencia indica que las partículas de arena nocivas son las de tamaño igual o superior a 0,2 mm, cuyo peso específico es de 2,65 g/cm<sup>3</sup> y velocidad de sedimentación del orden de 2,0 cm/s, se constata que los desarenadores deben ser diseñados con tasas de aplicación de 600 a 1,200 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día” . En concordancia con este último criterio, para el diseño se adoptó una carga superficial (CS) de 1200 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día; el cual sirvió de punto de partida para el cálculo de los siguientes parámetros de diseño para el desarenador, basado en los siguientes valores:

Q = caudal = 0,308568 m<sup>3</sup>/s

S = sección transversal máxima del flujo.

h = altura máxima de la lámina de agua.

b = ancho medio de la sección del flujo.

A = área superficial.

L = largo que se pretende calcular.

Q/A = tasa de aplicación superficial.

V = velocidad óptima del flujo (0,30 m/s)

Luego:

$$A = \frac{Q}{C \times S}$$
$$= 0,308568 / (1200 \times 1/86400) = 22,22 \text{ m}^2$$

#### 1.14.1.2 Diseño para el tratamiento primario.-

El tratamiento primario de las aguas residuales previamente sometido al tratamiento preliminar, básicamente considera tanques Imhoff, tanques de sedimentación y tanques de flotación.

##### **Sedimentación.-**

Los parámetros de diseño del tanque de sedimentación consideraran los siguientes criterios de diseño:

Los canales de repartición y entrada a los tanques fueron diseñados para el caudal máximo horario, es decir, para 0,308568 m<sup>3</sup>/s.

El área se determinó usando cargas superficiales entre 24 y 60 m/d basado en el caudal medio de diseño, lo cual equivale a una velocidad de sedimentación de 1,00 a 2,5 m/h.

El período de retención nominal será de 2 horas, basado en el caudal máximo diario de diseño.

La profundidad asumida es la recomendable, es decir, 3 m.

La relación largo/ancho será 4 y la relación largo/profundidad entre 5 y 30.

La carga hidráulica en los vertederos será de 250 m<sup>3</sup>/día por metro lineal, basado en el caudal máximo diario de diseño.

La eficiencia de remoción del proceso de sedimentación, de acuerdo al RNE puede estimarse de acuerdo con la tabla siguiente:

**Tabla 1.4: Periodo de retención Nominal**

PERIODO DE RETENCIÓN NOMINAL (HORAS)	DBO 100 A 200 mg/L		DBO 200 A 300 mg/L	
	DBO	SST <sup>(1)</sup>	DBO	SS
1,5	30	50	32	56
2,0	33	53	36	60
3,0	37	58	40	64
4,0	40	60	42	66

<sup>(1)</sup> = Sólidos en suspensión totales.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, pág. 93.

- Volumen del sedimentador  $V_s(m^3) = Q \left( \frac{m^3}{h} \right) \times R(h)$  R = Retención hidráulica entre 1,5 y 2,5 horas.
- Tomando como referencia la planeación realizada para el programa de remoción de lodo para la «Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en San Juan de Miraflores», se tiene que la presente propuesta puede ajustarse al programa de remoción de una vez cada 275 días en cada serie (2 lagunas de sedimentación / serie); en ese aspecto se tienen los siguientes indicadores:

**Tabla 1.5: Programa de remoción de lodos.**

Serie No	55 días				
No. 1	= retiro				
No. 2		=			
No.3			=		
No.4				=	
No.5					=
LSL	Secado (50 días)				
	= Remoción (5 días)				

Fuente: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en San Juan de Miraflores

### 1.14.1.3 Diseño para el tratamiento secundario.-

El tratamiento secundario de las aguas residuales previamente sometido al tratamiento primario, considera el diseño de estructuras para las lagunas de estabilización, las zanjas de oxidación, los filtros biológicos y los módulos rotatorios de contacto. En el presente proyecto, el tratamiento secundario estuvo

abocado al diseño de las lagunas de estabilización. (Ver Apéndice 8.2: « Esquema 7 Tratamiento secundario »).

### Lagunas de Estabilización

Para las lagunas de estabilización se proyectó estructuras para los períodos de secado y remoción de lodos.

**Tabla 1.6: Porcentaje de remoción por etapa de tratamiento.**

PROCESO DE TRATAMIENTO	REMOCION (%)		REMOCION ciclos log <sub>10</sub>	
	DBO	Sólidos en suspensión	Bacterias	Helmintos
Sedimentación primaria	25-30	40-70	0-1	0-1
Lodos activados (a)	70-95	70-95	0-2	0-1
Filtros percoladores (a)	50-90	70-90	0-2	0-1
Lagunas aireadas (b)	80-90	(c)	1-2	0-1
Zanja de oxidación (d)	70-95	80-95	1-2	0-1
Lagunas de estabilización (e)	70-85	(c)	1-6	1-4

Fuente: RNE.

(a) Precedidos y seguidos de sedimentación

(b) Incluye laguna secundaria

(c) Dependiente del tipo de lagunas

(d) Seguidas de sedimentación

(e) Dependiendo del número de lagunas y otros factores como: temperatura, periodo de retención y forma de las lagunas.

#### 1.14.2 Consideraciones para la Remoción de Elementos Contaminantes.-

Para el proceso de cálculo de la remoción de elementos contaminantes se tuvo en consideración las recomendaciones estipuladas en el RNE y los resultados obtenidos en experiencias de tratamiento de aguas residuales ; en ese contexto, las consideraciones tenidas en cuenta, fueron específicamente para cada elemento contaminante, vale decir:

- DBO<sub>5</sub>.
- NAG.
- CCF.
- SST.

**Tabla 1.7: Porcentaje de remoción por elemento para tratamiento**

TIPO DE TRATAMIENTO	ELEMENTOS DEL PROCESO DE TRATAMIENTO	% REMOCIÓN			
		DBO <sub>5</sub>	NAG	CCF	SST
Preliminar	Cribas	45			76
	Desarenador	30	50	60	76
Primario	Tanque de sedimentación	30	50	60	76
	Aireadores	20			
Secundario	Lagunas de estabilización (Completa)	50	50	10	16
	Aireadores (1er orden)	20			
	Lagunas de estabilización (Parcial)	50	50	20	20
	Aireadores (2do orden)	10			
	Lagunas de estabilización	50	50	30	40

Fuente: Elaboración propia con datos de RNE y experiencias de tratamiento.

#### 1.14.2.1 Cálculo de la Remoción de los Elementos Contaminantes.-

Teniendo en cuenta los porcentajes de remoción para cada uno de los elementos del proceso de tratamiento, la disminución de la presencia del contaminante al pasar por cada elemento quedo especificado por la siguiente formula:

$$\text{Contaminante de salida} = \text{contaminante de entrada} \times (1 - \% \text{ remoción})$$

Dónde:

**Contaminante Salida:** Nivel de presencia del elemento contaminante a la salida del elemento del proceso de tratamiento.

**Contaminante Entrada:** Nivel de presencia del elemento contaminante a la entrada del elemento del proceso de tratamiento.

**% Remoción:** Capacidad de remoción atribuida al elemento del proceso de tratamiento (expresado en notación decimal).

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Universo

El universo comprende las aguas residuales domésticas generadas por la población del distrito de Chancay (02 colectores ubicados en el puerto de la bahía de Chancay).

### 2.2 Materiales y Métodos

Los materiales que se utilizaron para el trabajo fueron:

**Trabajo de Gabinete.-** Para el estudio realizado se utilizó: Una computadora de escritorio, laptop, software para diseño de planos – ZWCAD, paquete Microsoft Office (Microsoft Word / Microsoft Excel), material bibliográfico, textos, trabajos realizados, revistas, Tesis; normas de calidad etc.

**Trabajo de Campo.-** Para el trabajo de campo, se utilizó: frasco de 1L, blanco transparente, frasco de vidrio ámbar 1L, guantes desechables, mascarilla, wincha, Cooler, GPS, Rotuladores, cámara fotográfica, Celular con aplicaciones de navegación, cadena de custodia de monitoreo (formatos), mapa de ubicación referencial, otros formatos requeridos para control de muestras y equipos utilizados (Ver Apéndice « 8.5: Guía para la Toma de Muestras »).

**Trabajo de Laboratorio.-** Los materiales utilizados son los previstos dentro del protocolo de monitoreo luego del cual se realizaron los análisis de las muestras recolectadas en laboratorio especializado Delta Lab S.A.C., tanto para la recolección de muestras como para el análisis de las mismas (Ver Apéndice « 8.4: Informe de Ensayo »). Se describen a continuación:

**Determinación de Puntos de Control.-** Método deductivo, con referencia a normas nacionales vigentes<sup>35</sup>.

#### 2.2.1 Identificación de parámetros de contaminantes a analizar.-

Estándares métodos de la EPA y APHA acorde a lo establecido por la autoridad reguladora nacional INDECOPI, con el laboratorio Delta Lab S.A.C. registrado con código N°77.

---

<sup>35</sup> RM-273-2013-vivienda: Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales

### 2.2.2 Muestreo de parámetros.-

Para el análisis de los contaminantes el laboratorio utilizó los siguientes métodos:

**Tabla 2.1:** Métodos utilizados en análisis de parámetros.

PARAMETRO	METODO	NORMA DE REFERENCIA
DBO <sub>5</sub>	Standard method 5-Day BOD test	APHA-5210 B – Ed. 2012
SST	Standard Method Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C	APHA-2540 D Ed. 2012
NAG	Standard Method n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry	EPA 1664 Ed.2012
CCF	Standard Method Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)	APHA 9221 E1

Fuente: Elaboración propia, para mayor detalle revisar informe de ensayo adjuntado en apéndice.

### 2.2.3 Selección de PTAR

- Ubicación: cercanía a los efluentes de aguas residuales domésticas y zonificación de la bahía, menor costo de distribución de instalaciones, aspectos turísticos y climáticos de la zona.
- Tipo de tratamiento: facilidad tecnológica, olores por cercanía a la población y aspecto turístico, experiencias referenciales, fuentes secundarias (tesis, revistas, reportes e informes), y normativa nacional aplicable.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Población y Muestra.-

Para nuestro trabajo la muestra o población fue el efluente residual doméstico generado en la bahía, impactando la flora y fauna, en lo cual para el análisis físico químico de la misma se utilizó el protocolo de monitoreo aprobado por DIGESA.

#### 3.2 Caracterización de las aguas residuales:

La caracterización de los efluentes líquidos domésticos de la bahía de Chancay se realizó monitoreando los PTO 1 y PTO 2, en el cual se analizaron los parámetros DBO5, NAG, SST y CCF, los cuales están descritos en DS. 003-2010-MINAM tomando además referencias de experiencias en tratamiento para aguas residuales domésticas descritas en el Capítulo I. Mostrando el resultado de la caracterización en el capítulo IV Resultados.

##### 3.2.1 Puntos de Monitoreo y Control

Para los efluentes se tienen 2 colectores de las aguas domesticas del distrito Chancay los cuales para facilidades de la investigación se denominaran PTO 1 y PTO 2. (Ver Apéndice 8.2: « Planos y Esquemas: **Plano III.2**) Ubicación de los puntos de monitoreo).

**Tabla 3.1: Descripción de los puntos de monitoreo**

PUNTOS DE MONITOREO	UBICACIÓN	Coordenadas UTM (WGS84)	
		Este	Norte
PUNTO 1 (PTO 1)	Colector N°1, salida en el puerto de la bahía de Chancay	251978	8718399
PUNTO 2 (PTO 2)	Colector N°2, salida en el puerto de la bahía de Chancay, al norte del PTO2, a	251986	8718392

Fuente: Elaboración Propia.

##### PUNTO 1 (PTO 1).-

Es primer punto de control después de población, constituyó uno de los puntos de vertimiento sobre el cuerpo receptor (colector N°1); este punto referencial está localizado aguas abajo del distrito. Las coordenadas de este punto son: 251978 E y 8718399 N. (Ver Apéndice « 8.4: Informe de Ensayo »); y, constituye el actual punto de descarga de las aguas residuales domésticas en la bahía de Chancay.

## **PUNTO 2 (PTO 2).-**

Es segundo punto de control después de población, constituyó uno de los puntos de vertimiento sobre el cuerpo receptor localizado aguas abajo de la población. Las coordenadas de este punto son: 251986 E y 8718392 N. (Ver Apéndice « 8.4: Informe de Ensayo »); y, constituye el actual punto de desagüe de las aguas residuales domésticas en la bahía de Chancay.

### **3.3 Monitoreo de Parámetros Contaminantes.-**

El monitoreo se realizó en los 2 puntos ya descritos (PTO 1, PTO 2), a fin de determinar el grado de contaminación que tienen los vertimientos y plantear la solución del mismo a través de la PTAR.

Para esto se contrató a un laboratorio especializado no solo en los servicios de monitoreo, sino también con experiencias previas en Chancay, por lo cual el servicio de monitoreo se realizó con Delta Lab S.A.C. (Ver Apéndice « 8.4: Informe de Ensayo »), utilizando los métodos descritos a continuación:

- Monitoreo de DBO<sub>5</sub>: Standard method 5-Day BOD test-APHA-5210 B – Ed. 2012
- Monitoreo de SST: Standard Method Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C -APHA-2540 D Ed. 2012.
- Monitoreo de NAG: Standard Method n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry-EPA 1664 Ed.2012.
- Monitoreo de CCF: Standard Method Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium) - APHA 9221 E1.

### **3.4 Selección del Sistema de Tratamiento**

Se basó en criterios aplicables al diseño de las PTAR, tales como:

**Facilidad tecnológica**, procesos sanitarios ampliamente conocidos que puedan ser operados y mantenidos adecuadamente con tecnología y recurso humano fácilmente adquiribles, que involucran por su facilidad de construcción gastos económicos menores a comparación de otros tratamientos más complejos y costosos.

**Condiciones climáticas:** La bahía de Chancay presenta un clima desértico templado húmedo, con un clima templado, correspondiente a la faja central costera, durante las épocas de verano presenta sol intenso lo cual permite la proliferación de microorganismos para el tratamiento aireado.

**Disponibilidad de Terrenos:** Para determinar la ubicación de la planta se evaluó el tipo de zona aledaña a los puntos de vertimiento, encontrándose área disponible cerca a los mismos, que son propiedad de la municipalidad con clasificación de Zona de Recreación Pública, asimismo se superpuso el plano actual con el plano de Zonificación Económica y Ecológica con el cual se determinó que la bahía se encontraba clasificada como Zona de Recreación Pública, con un área total de 16808.429m<sup>2</sup> (Ver Apéndice 8.2 «Plano III.1: Plano de ubicación del Proyecto») aproximadamente disponibles para el diseño de la PTAR (Ver Apéndice « 8.4: Informe de Ensayo »).

**Tipo de Tratamiento:** De las opciones de tratamiento de aguas residuales, entre las cuales destacan: los procesos aerobios y anaerobios; se optó por el tratamiento de aguas residuales por procesos aerobios, debido a: los procesos anaerobios son susceptibles de generar malos olores lo cual podría implicar quejas de la población vecina, tienen una puesta en marcha mayor, en tiempo, comparados con el tiempo de puesta en marcha para una planta de tratamiento con proceso aerobio.

Por otro lado, los procesos **aerobios** son más aceptados y difundidos en nuestro medio, generan bajos olores, por lo cual sería más aceptado turística y poblacionalmente, tiene facilidad tecnológica, el terreno permite este tipo de tratamiento, y es factible realizarlo con los resultados de la caracterización de parámetros obtenida.

**Diseño de procesos dobles:** Con el fin de evitar que en un momento dado se interrumpa el funcionamiento de la planta debido al daño o falla de algún componente de la misma.

### **3.5 Diseño de una PTAR para los efluentes domésticos vertidos en La Bahía de Chancay.-**

Teniendo ya el nivel de contaminación presente en los vertimientos y la variación respecto a los LMP. Se procede a continuación a explicar la metodología utilizada para determinar el diseño de la PTAR.

### 3.5.1 Consideraciones para el Diseño.-

Se tuvo las siguientes consideraciones:

- Un tiempo de vida de la planta de tratamiento estimado en 25 años. Este horizonte de diseño (período de diseño) es el tiempo de vida útil promedio asumido en concordancia con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).
- Con propósitos de mantenimiento sin interrupción y con la final de prever un funcionamiento ininterrumpido de la planta de tratamiento ni de ninguno de sus componentes de tratamiento específico; se consideró con propósitos de mantenimiento: 2 cribas (una línea más por consideraciones de seguridad en caso de rebalse o falta de mantenimiento), 2 desarenadores, 2 tanques de sedimentación y 2 lagunas de estabilización (Ver Apéndice 8.2 «Planos y Esquemas: Esquema 3»). Consecuentemente, el diseño de los componentes en paralelo es igual, luego, para los elementos paralelos.
- Una tasa de crecimiento poblacional estimada en 1.1%<sup>36</sup>.
- El caudal en los puntos referenciales, guardan una relación proporcional a la población con servicios de alcantarillado.
- Dado que el RNE, en caso de sistemas nuevos, recomienda determinar el caudal medio de diseño tomando como base la población servida, las dotaciones de agua para consumo humano y los factores de contribución contenidos en la norma de redes de alcantarillado; se asumió que la PTAR propuesta será la única PTAR que cubrirá el tratamiento total de las aguas generadas por la población actual con servicio de alcantarillado en el distrito; además, el estudio no consideró a los caudales de infiltración y aportes industriales.
- Dado que el RNE recomienda que para la determinación de caudales de las descargas se efectuarán como mínimo cinco campañas adicionales de medición horaria durante las 24 horas del día y en días que se consideren representativos; el comportamiento del caudal (flujo general de aguas a través de los puntos referenciales asumidos en el presente estudio), fue el resultado de promediar tres

---

<sup>36</sup> Según la Tasa de Crecimiento de la Población Proyectada por Zonas, presentada en apéndice del Plan Intermodal de Transportes (Parte 2).

medidas del caudal en tres instantes del día y en cinco días distintos, por el método de flotador, obteniendo las mediciones detalladas en la **Tabla III.2** (Apéndice 8.5: «Guía para la toma de muestras Tabla III.2: Medición de Caudal»).

- Parámetros contaminantes analizados los cuales servirán de base para el diseño de la PTAR (DBO<sub>5</sub>, NAG, SST y CCF), de acuerdo a la norma nacional aplicable:

**Tabla 3.2:** Parámetros de Diseño

Parámetro Contaminante	LMP*
DBO <sub>5</sub> . mg/L	100
SST. mg/L	150
NAG. mg/L	20
CCF. NMP/100mL	10 <sup>4</sup>

Fuente: Elaboración propia \* D.S 003-2010-MINAM.

- El caudal per cápita de agua residual se mantiene constante en el horizonte programado para el funcionamiento de la PTAR propuesta.
- El tiempo transcurrido entre la entrada y salida del agua residual de la PTAR, es decir, la duración del proceso de tratamiento del agua residual en la PTAR propuesta, es de 30 días.

### 3.5.2 Periodo del Proyecto.-

Antes de realizar el diseño del tratamiento se debe tener en cuenta el periodo para el cual se plantea la PTAR, y en base al RNE se considera un periodo de 25 años.

### 3.5.3 Parámetro de diseño poblacional.-

Para considerar el crecimiento poblacional en Chancay, se consideró que el crecimiento de la población es proporcional al tamaño de ésta; luego, para el cálculo de la población de diseño se utilizó la fórmula para el cálculo de la población futura a través del método geométrico, la cual se expresa a través de la siguiente expresión:

$$Pd = Pa(1 + r)^t$$

Dónde:

Pd = Población de diseño (hab.)

Pa = Población actual (hab.)

r = Tasa de crecimiento anual

t = Periodo de diseño (años)

Teniendo en cuenta una población (P) que a 2013 asciende a 58462 habitantes en el distrito de Chancay, una tasa de crecimiento de 1,10% y un tiempo de vida útil de la planta de tratamiento estimado en 25 años. La población actual considerada en el diseño (PAD), equivale al 74% de la población al año 2013 y es igual a 43262 hab. En ese contexto, la Población de Diseño (Pd), se determinó de la siguiente manera:

$$Pd = PAD \times (1 + r)^t$$

$$Pd = 43262 \times (1 + 0.011)^{11}$$

Teniendo en cuenta:

Población total de chancay en el año 2013: 58462 habitantes. (74% cobertura de abastecimiento de agua.<sup>37</sup>

$$Pa = 74\%(58462) = 43262$$

Tasa de crecimiento anual según INEI del 1,10 %

$$r = 1,10$$

Periodo de diseño de 25 años.

$$t = 25$$

Obteniéndose:

$$Pd = 43262 \times (1 + 0,011)^{25}$$

$$Pd = 56870 \text{ hab.}$$

Pd = 56870 habitantes.

Al año 2013, el caudal per cápita estimado para la generación de aguas residuales domesticas en el distrito de Chancay, es:

---

<sup>37</sup> MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CHANCAY (2012). Perfil del Proyecto: Creación de las condiciones de transitabilidad en las calles de acceso al Malecón La Parva, Ciudad de Chancay, Distrito de Chancay; pág. 47.

$$\text{Caudal Per cápita} = \frac{\text{Caudal}}{\text{Población}}$$

Considerando que se tiene 2 puntos de vertimiento de aguas residuales domésticas, además de la cobertura de alcantarillado 48.4%<sup>38</sup>. Se tendría lo siguiente:

$$\text{Caudal Per cápita} = \frac{Q2 + Q3}{0,484 \times P}$$

Dónde:

$$Q2 = 0,066036 \text{ m}^3/\text{s} = 66,036 \text{ L/s}$$

$$Q3 = 0,088248 \text{ m}^3/\text{s} = 88,248 \text{ L/s}$$

$$P = 58462 \text{ hab.}$$

$$\text{Caudal Per cápita} = \frac{66,036 + 88,248}{0,484 \times 58462}$$

Se obtiene:

$$\text{Caudal Per cápita} = 5,45245 \times 10^{-3} \frac{\text{L}}{\text{s} \times \text{hab.}}$$

Al año 2013, el volumen de agua residual diaria (VAR), que es una función directa del caudal promedio de los dos puntos de vertimiento (Q2 + Q3), es:

$$\text{VAR} = \text{Caudal diario}$$

$$\text{VAR} = Q2 + Q3$$

Dónde:

$$Q2 = 0,066036 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q3 = 0,088248 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{VAR} = (0,066 + 0,088) \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 86400 \frac{\text{s}}{\text{día}}$$

<sup>38</sup> MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CHANCAY (2012). Perfil del Proyecto: Creación de las condiciones de transitabilidad en las calles de acceso al Malecón La Parva, Ciudad de Chancay, Distrito de Chancay; pág. 47.

Se tiene:

$$VAR = 13330 \frac{m^3}{dia}$$

### 3.5.4 Caudal máximo horario.-

Para el cálculo del caudal máximo horario, el cual será utilizado para definir las características hidráulicas de los elementos que permitirán captar agua para el sistema de tratamiento de las aguas residuales del distrito de Chancay; se tuvo en consideración las limitaciones para determinar las variaciones de consumo en las condiciones actuales, para tal efecto se asumió un factor  $K=2^{39}$ ; factor que cubre la demanda futura basada en la estimación del crecimiento poblacional teniendo en cuenta el ratio entre la población de diseño (Pd) y la población actual considerada en el diseño (PAD); el cual asciende a 1,31 y considera más del 50% (1,52 veces) del caudal promedio. En ese contexto:

$$Q_{\text{Máximo horario}} = K \times Q_{\text{promedio}} \frac{m^3}{s}$$

Dónde:

$K =$  Coeficiente de caudal máximo horario = 2

$Q_{\text{promedio}} = (Q_2 + Q_3) = (0,066036 + 0,088248) = 0,154284 \text{ m}^3/\text{s}$

Se tiene:

$$Q_{\text{Máximo horario}} = 2 \times 0,154284 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{\text{Máximo horario}} = 0,308568 \frac{m^3}{s}$$

El caudal máximo horario, pasa a constituir el principal parámetro de diseño de los componentes de la planta de tratamiento; dicho caudal tiene la bondad de ofrecer una holgura en el diseño.

---

<sup>39</sup> RNE – OS.070 Anexo 1

### 3.5.5 Estructura de recepción del emisor.-

La estructura de recepción del emisor se proyectó de tal manera que dicha estructura permitiera obtener velocidades adecuadas para el fluido sujeto a tratamiento y la disipación de la energía en las líneas de impulsión. Los volúmenes estimados de agua residual tratada y descargada; consideran una población de proyecto de 56870 habitantes, un flujo de diseño en condiciones de máxima demanda equivalente a:

Considerando:

$$\text{Maxima cantidad a tratar} = \text{Maxima cantidad a generar}$$

Máxima cantidad a generar, está en función al caudal per cápita y la población de diseño.

$$\text{Maxima cantidad a tratar} = \text{Caudal Per cápita} \times Pd$$

Dónde:

$$\text{Caudal per cápita} = 0,00545245 \text{ (L/s-hab.)} = 0,47109 \text{ (m}^3\text{/día-hab.)}$$

$$Pd = \text{Población de diseño} = 56870 \text{ hab.}$$

Se tiene:

$$\text{Maxima cantidad a tratar} = 0,47109 \times 56870$$

$$\text{Maxima cantidad a tratar} = 26790 \frac{\text{m}^3}{\text{día.}}$$

Luego, se estima una capacidad máxima de tratamiento de 0,308568 m<sup>3</sup>/s, en flujos pico equivalentes al caudal de máximo horario.

El RNE, define como Emisor al canal o tubería que recibe las aguas residuales de un sistema de alcantarillado hasta una planta de tratamiento o de una planta de tratamiento hasta un punto de disposición final. En el proyecto se consideró el desvío de las actuales dos tuberías de desagüe hacia la planta de tratamiento (Tubos de Entrada). Adicionalmente se consideró como una sola tubería de salida capaz de transportar en condiciones óptimas, como mínimo el caudal total previamente recepcionado en sus condiciones de diseño, es decir, el caudal máximo horario, (Ver Apéndice 8.2: Planos y Esquemas: Esquema 2 y Esquema 3).

### 3.5.6 Dispositivo de desvío de la planta.-

Dimensionamiento hidráulico<sup>40</sup>:

$$S_0 \text{ min} = 0,0055 \times Q_i^{-0,47}$$

Dónde:

$S_0 \text{ min}$  = Pendiente mínima (m/m)

$Q_i$  = Caudal inicial (L/s)

En esas condiciones:

$$Q_i = Q_{\text{Máximo horario}} = 0,308568 \frac{m^3}{s} = 308,568 \frac{L}{s}$$

Luego:

$$S_0 \text{ min} = 0,0055 \times 308,568^{-0,47}$$

$$S_0 \text{ min} = 0,0003718 \frac{m}{m} = i$$

Dado que la determinación del diámetro de la tubería de desvío debió garantizar un régimen de escurrimiento permanente y uniforme, se utilizó la fórmula de Manning<sup>41</sup>:

$$Q = \frac{\Omega}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Además:

Con  $n=0,015$  y una altura de lámina de agua de 50% del diámetro del colector, buscando asegurar la ventilación del tramo, y, considerando el espesor de la tubería despreciable, es decir diámetro interior = diámetro exterior (Ver Anexo 9.2: «Figura III.5: Tubería de Concreto»); se tiene:

$$R = \frac{\Omega}{x}$$

$$\Omega = \frac{\pi \times D^2}{8} = 0,3927 \times D^2$$

$$x = \frac{\pi \times D}{2} + D = 2,5708 \times D$$

<sup>40</sup> RNE-OS. 0.70

<sup>41</sup> RNE-OS 0.70

Dónde:

$\chi$  = Perímetro Mojado (perímetro que ocupa el fluido en un corte transversal de la tubería).

R = Radio Medio Hidráulico

$\Omega$  = Área Mojada

i = Pendiente Longitudinal de la tubería = 0,0003718 m/m.

n = Coeficiente de Manning (rugosidad de paredes de tubería), n=0,015 (tubería de concreto<sup>42</sup>).

La fórmula de Manning expresado en términos del diámetro queda expresada de la siguiente manera:

$$0.1764 = \frac{0,3927 \times D^2}{0,015} \times (0,1528 \times D)^{2/3} \times 0,0003718^{1/2}$$

$$D = 1,0728 \text{ m}$$

Aproximando el diámetro de la tubería se tiene: D = 1 m = 1000 mm = 40 pulgadas.

La tubería de 40 pulgadas exige que la siguiente velocidad para las aguas residuales en el dispositivo de desvío a media capacidad.

$$Q = V \times A$$

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

Dónde:

A = área =  $\pi D^2/8$ , respecto a la lámina de agua cubriendo 50% de abertura, Ver Anexo 9.2: Figura III.5.

Q = caudal m<sup>3</sup>/s.

Luego:

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi \times D^2}{8}}$$

---

<sup>42</sup> PTAR Miraflores

$$V = \frac{0,30856}{\frac{\pi \times 1^2}{8}}$$

$$V = 0,785760 \frac{m}{s}$$

### 3.5.7 Tratamiento Preliminar

#### 3.5.7.1 Cribas.-

Sección transversal de la criba

Considerando:

$$S = \frac{A_u}{E}$$

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

$$E = \frac{a}{a + t}$$

Dónde:

S = Sección transversal de la criba, m<sup>2</sup>

A<sub>u</sub> = Área de la reja, m<sup>2</sup>

Q = Caudal = 0,3085 m<sup>3</sup>/s

V = velocidad antes de reja, valor recomendado por el RNE de 0,45 m/s.<sup>43</sup>

a = abertura entre las barras.

t = espesor de barra

E = Llamado eficiencia, es el valor entre la abertura de barras y suma entre la abertura de barra con el espesor de la misma, sus valores varían entre 0,60 a 0,85 siendo más comunes los valores alrededor de 0,75.<sup>44</sup>

Luego:

$$A_u = \frac{0,3085}{0,45} = 0,6857 \text{ m}^2$$

<sup>43</sup> RNE – OS.090

<sup>44</sup> PTAR Miraflores

$$S = \frac{0,6857}{0,75} = 0,914276 \text{ m}^2$$

Si consideramos una sección transversal rectangular cuya base es el doble de la altura y un flujo a canal completo igual que la altura de la reja; el área por la que circula el fluido es un rectángulo.

Si consideramos una sección transversal rectangular cuya base es el doble de la altura y un flujo a canal completo igual que la altura de la reja; el área por la que circula el fluido es un rectángulo de área “ $2 \times a^2$ ”; luego, para lograr una velocidad de 0,45 m/s, el valor del parámetro “a” de la sección rectangular debe medir:  $a = 0,6761$  m. En esas condiciones, el ancho es  $2 \times a = 1,35$  m, este ancho concuerda con el ancho condicionado al tipo estandarizado de equipo para instalaciones mecanizadas, el cual varía de 0,60 hasta 3,60 m.

Por otro lado, la reja para aguas residuales adoptada fue la clasificada como de “Rejas Medianas”, esto en razón de lo señalado a inicio del presente epígrafe, con tamaño de abertura que va de 6 a 38 mm (Ver Capítulo I: Tabla 3 Clases de rejas para aguas residuales); es decir, se contará con una reja mediana para cribas de limpieza manual.

El desarrollo longitudinal de la criba, es decir, largo del canal considera una longitud para un tiempo de retención de 3 segundos<sup>45</sup>.

$$\textit{Longitud} = 3 \textit{ segundos de recorrido}$$

Dónde: Velocidad = 0,45 m/s

$$\textit{Longitud} = 3 \times 0,45$$

$$\textit{Longitud} = 1,35 \textit{ m}$$

El fondo debe estar por lo menos 15 cm debajo de la tubería de llegada.<sup>46</sup>

<sup>45</sup> Norma OS.090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales- Reglamento Nacional de Edificaciones (Ds. N° 011-2006-Vivienda). y su modificatoria Ds. N° 022-2009-Vivienda).

<sup>46</sup> PTAR Miraflores

La cantidad estimada de material cribado se calculó teniendo en cuenta que la abertura es de 25 mm, lo cual permite obtener 0,023 litros de material cribado por metro cubico de agua residual.<sup>47</sup>

$$\text{Material Cribado} = \text{caudal} \times \text{material cribado}$$

Dónde:

$$\text{Caudal} = 0,308568 \text{ m}^3/\text{s} = 26660,27 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Material cribado}_i = 0,023 \text{ L/m}^3$$

Luego:

$$\text{Material Cribado}_f = 26660,27 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 0,023 \frac{\text{L}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Material Cribado}_f = 26660,27 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 0,023 \frac{\text{L}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Material Cribado}_f = 613,18 \frac{\text{L}}{\text{m}^3} = 0,613 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Finalmente, considerando una Tolva de capacidad para un camión de contenedor desmontable de 4 ton efectivas (estándar en capacidad de tolvas), el tiempo de almacenamiento de material cribado (TAC), para material cribado de 800 Kg por metro cubico, será:

$$TAC = CT \times MC^{-1} \times dC^{-1}$$

Dónde:

TAC = Tiempo de material cribado. (Día).

CT = Capacidad de tolva = 4 TM (estándar de tolvas)

MC = Material Cribado = 0,613 m<sup>3</sup>/día.

dC = Densidad referencial de material cribado<sup>48</sup> = 800 kg = 0,8 Tm

Luego:

<sup>47</sup> RNE OS.090

<sup>48</sup> PTAR Miraflores

$$TAC = 4 \times 0,613^{-1} \times 0,8^{-1}$$

$$TAC = 8,15 \text{ dias}$$

### 3.5.7.2 Desarenador.-

Q = caudal = 0,308568 m<sup>3</sup>/s

S = sección transversal máxima del flujo.

h = altura máxima de la lámina de agua.

b = ancho medio de la sección del flujo.

A = área superficial.

L = largo que se pretende calcular.

Q/A = tasa de aplicación superficial.

V = velocidad óptima del flujo (0,30 m/s)

Luego:

$$A = Q/CS = 0,308568/(1200 \times 1/86400) = 22,22 \text{ m}^2$$

Asumiendo: L/h = 25, se obtiene:

$$\text{Largo (L)} = 23,56 \text{ m}$$

$$\text{Altura (h)} = 0,94 \text{ m}$$

Para una sección rectangular, una vez conocida la profundidad, se determina el ancho de los canales de manera que sea mantenida la velocidad óptima de 0,30 m/s; para tal efecto usamos la siguiente formula:

$$b = \frac{Q}{hV}$$

$$b = 1,09 \text{ m.}$$

$$S = b \times h = 1,09 \times 0,94 = 1,02 \text{ m}^2$$

$$\text{Longitud adicional a la salida y entrada del desarenador} = 0,25 \times 23,56 = 5,89 \text{ m}$$

En el desarenador se consideró la implementación de un aireador superficial con flotadores, el cual es adecuado para tratamiento de aguas residuales y tiene la

función de aportar y dispersar oxígeno en la masa líquida, además de remover los lodos y no permitir la sedimentación en el fondo del tanque. En el aireador superficial con flotadores el agua es aspirada verticalmente por el rodete desde el fondo del tanque y expulsada a través de los alabes a una altura próxima al nivel del agua. En la zona de turbulencia que se crea en la superficie del agua es donde se produce la aportación de oxígeno.

El aireador superficial con flotadores puede aportar oxígeno nominal se expresa en Kg de O<sub>2</sub>/kWh consumido. Como norma puede usarse una aportación de 1,8 a 2 Kg O<sub>2</sub> por kWh, obteniéndose para una (DBO<sub>5</sub>) de planta grande: 1,4 - 1,6 Kg O<sub>2</sub> / Kg DBO<sub>5</sub>. (Ver Anexo 9.3: «Imagen III.2 Aireadores superficiales»).

**Medidor y repartidor de caudal.**- Después de la criba se incluirá un medidor de caudal de régimen crítico del tipo Parshall, el cual incluye un pozo de registro para la instalación de un limnógrafo.

### 3.5.8 Tratamiento Primario

#### 3.5.8.1 Tanque de Sedimentación

Las características de diseño, son:

- Caudal de diseño: Caudal máximo = 0,308568 m<sup>3</sup>/s
- Volumen diario: Vol. = Q x t = 0,308568 m<sup>3</sup>/s x 86,400 s/día = 26 660 m<sup>3</sup>/día
- Volumen del sedimentador (Vs en m<sup>3</sup>) = Q [m<sup>3</sup>/h] x R [h]; R = Retención hidráulica entre 1.5 y 2.5 horas<sup>49</sup>.

$$V_s = (26600/24) \times 2 = 2220 \text{ m}^3$$

- Profundidad: 3,0 m
- Largo:  $5 < \text{largo/profundidad} < 30$ ; luego, elegimos: Largo = 30 m.
- Ancho:  $V_s / (\text{Largo} \times \text{Profundidad}) = 24,67 \text{ m}$ ; luego, Ancho = 25 m.

---

<sup>49</sup> Norma OS.090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales- Reglamento Nacional de Edificaciones (Ds. N° 011-2006-Vivienda). y su modificatoria Ds. N° 022-2009-Vivienda).

### 3.5.9 Tratamiento Secundario

#### 3.5.9.1 Lagunas de Sedimentación

Para calcular el periodo de retención se utilizó referencias experimentales en plantas de tratamiento elaboradas en el Perú. El cual se desarrolla con la siguiente formula.<sup>50</sup>

$$PR = \frac{[(L_o/L_1) - 1]}{K_{am}}$$

Dónde:

PR = Periodo de retención en la laguna (días)

Lo, L1 = DBO5, en el afluente y en el efluente respectivamente.

Kam = Constante de reacción para remoción de DBO en una laguna, dependiente de la materia.

$$K_{am} = K_{am\ 35^\circ C} / 1,085^{(35-T)}, K_{am\ 35^\circ C} = 1,2 \text{ (días}^{-1}\text{)}$$

T = Temperatura a la cual funciona la laguna (°C)

$$Ro = Q * (Lo - L1) * OD1 * 10^{-3} * 1/24$$

Donde:

Ro = Requerimiento de oxígeno (kg O2/día),

Q = Caudal medio (m<sup>3</sup>/día), y

OD1 = Oxígeno Disuelto en el efluente (mg/l).

Requerimiento de Oxígeno en condiciones de campo (SOR)

$$\frac{Ro \times Cs}{[(Beta) \times (ACF) \times (CW) - 1] \times Alpha \times 1.024^{T-20}}$$

Donde:

Ro = Requerimiento de Oxígeno (kg O2/hora),

Cs = Constante de saturación de O2 bajo condiciones estándar (mg/l)

ACF = Factor de Corrección de Altitud

Alpha = Factor de Corrección de transferencia de O2

Beta = Factor de corrección de tensión superficial – salinidad

<sup>50</sup> Planta de tratamiento de aguas residuales en San Juan de Miraflores, pág. 7-27

C1 = Concentración de Oxígeno disuelto en laguna aireada (mg/l)

T = Temperatura del afluente (° C)

Cw = Concentración de saturación de O2 a temperatura actual (mg/l)

$$P = \text{SOR}/Nc$$

Donde:

P = Potencia de equipo (kW)

Nc = Transferencia de oxígeno en condiciones reales

\*Calculando el tiempo de retención método 2:  $Tr = \frac{Q}{V} = \frac{53320 \frac{m^3}{día}}{26660 \frac{m^3}{día}} = 2 \text{ días}$

Obteniendo como resultado un periodo de retención de 2 días por lo descrito anteriormente, el dimensionamiento de las lagunas de sedimentación es como sigue:

- Caudal de diseño: Caudal promedio diario =  $0,308568 \times 86,400 = 26\ 660 \text{ m}^3/\text{día}$
- Volumen de la laguna:  $Q \times t = (26\ 660 \text{ m}^3/\text{día}) \times (2 \text{ días}) = 53\ 320 \text{ m}^3$
- Profundidad: 3.0 m
- Área (profundidad media):  $53\ 320/3 = 17\ 773 \text{ m}^2$
- Ancho = 100 m y Largo = 180 m.
- Volumen:  $V \text{ Laguna} = 100 \times 180 \times 3 = 54\ 000 \text{ m}^3$ .

Finalmente, dado que la cloración es un proceso muy usado en el tratamiento de aguas residuales industriales y urbanas, se consideró como opcional dicho proceso. La cloración es un proceso que se caracteriza por poderse aplicar a grandes cantidades de agua y resulta siendo relativamente barato. El cloro proporciona al agua sabor desagradable en concentraciones mayores de 0,2 ppm aunque elimina otros sabores y olores desagradables que le proporcionan diferentes materiales que se encuentran en el agua servida o ya tratada.

### 3.6 Remoción de Elementos Contaminantes

En la Criba, para el DBO<sub>5</sub> se tiene los siguientes datos:

Contaminante Entrada: 561 mg/L

Y considerando el porcentaje de remoción referencial mostrado en el capítulo 1, ítem 1.8.2.

% Remoción: 45% = 0,45 (Tabla 1.6: Porcentaje de remoción por etapa de tratamiento).

Luego:

$$\text{Contaminante Salida} = 561 \times (1 - 0,45) = 308,55 \text{ mg/L}$$

Los resultados de cada parámetro para cada etapa son mostrados en el capítulo IV resultados.

### 3.7 Evaluación Económica de la Propuesta.-

La evaluación económica de la propuesta, la cual se hizo desde una perspectiva general, considera las estimaciones de costos para lagunas aireadas presentadas en la investigación titulada «Panorama de Experiencias Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao», en la cual se detallan los siguientes costos y beneficios:

- Costo de inversión de algunas plantas de tratamiento de Lima (Ver Apéndice 8.6 tabla N°III.3)
- Relación beneficio/costo del agua residual tratada en algunas plantas de Lima (Ver Apéndice 8.6 tabla N°III.4).

Teniendo en cuenta los costos de inversión y tratamiento, la relación beneficio/costo del agua residual tratada en algunas plantas de Lima; y, el caudal de diseño de la propuesta (308 L/s), la estimación económica de la propuesta se hizo en términos de costos y beneficios por unidad de caudal (Ver Apéndice 8.6 tabla III.5); luego:

- El Costo de Inversión para la propuesta, se determinó de la siguiente manera:

$$\text{Costo}_{\text{inversión}} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Caudal}_{\text{tratado}}}$$

$$\text{Costo de Inversión para la propuesta} = \text{Costo}_{\text{Inversión}} \times \text{Caudal}$$

$$\text{Costo de Inversión para la propuesta} = (\text{US\$ } 74\,447/\text{L/s}) \times 308 \text{ L/s}$$

Costo de Inversión para la propuesta = US\$ 22 929 577

- El costo anual de mantenimiento para la propuesta, se determinó de la siguiente manera:

$$\text{Costo}_{\text{Mantenimiento}} = \frac{\text{Inversión}_{\text{mantenimiento}}}{\text{Caudal}_{\text{tratado}}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \text{Costo}_{\text{Mantenimiento}} \times \text{Caudal}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \text{US\$ } 1\,569/\text{Año}/\text{L/s} \times 308 \text{ L/s}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \text{US\$ } 483\,380/\text{Año}$$

- El beneficio anual de la propuesta, se determinó de la siguiente manera:

$$\text{Beneficio}_{\text{anual}} = \frac{\text{Utilidad}_{\text{Potencial}}}{\text{Caudal}_{\text{Tratado}}}$$

$$\text{Beneficio} = \text{Beneficio}_{\text{Anual}} \times \text{Caudal}$$

$$\text{Beneficio} = \text{US\$ } 3\,476/\text{Año}/\text{L/s} \times 308 \text{ L/s}$$

$$\text{Beneficio} = \text{US\$ } 1\,070\,713/\text{Año}$$

De la evaluación de los costos y beneficios para la propuesta se tiene que la recuperación de la inversión a los 25 años no es total (Ver Apéndice 8.6 Tabla III.5), pero es de resaltar que solo se tuvo en cuenta el precio del agua residual tratada de US\$ 0,16/m<sup>3</sup> que cobra UNITRAR a las municipalidades. Una estimación más orientada a la recuperación de la inversión sería considerar los beneficios económicos del uso de las aguas residuales tratadas en remplazo del agua potable, comúnmente usada para el riego de las áreas verdes urbanas. Finalmente no se consideraron otros beneficios ambientales sobre el ecosistema de la bahía, el impacto en la promoción turística de las playas, etc.

## IV RESULTADOS

### 4.1 Población y Muestra

Los resultados de población de diseño es de 56870 habitantes en el distrito de Chancay, la que fue objeto de estudio para la localización de la planta de tratamiento determinando en el capítulo anterior (Ver Apéndice 8.2: «Plano III.1: Plano de ubicación del proyecto»), la muestra está relacionado a los resultados de monitoreo y caudal del efluente, obteniendo como resultado de monitoreo del caudal total 0,154284 m<sup>3</sup>/s.

### 4.2 Caracterización de las aguas residuales.-

Para los puntos de vertimiento de la bahía de Chancay se muestran los resultados de laboratorio.

Considerando que las normativas que aplican son: D.S. 002-2008-MINAM y D.S. 003-2010-MINAM, así como la guía de toma de muestra (Ver Apéndice 8.5: «Guía para la toma de muestras»).

**Tabla 4.1: Caudal por Punto de Control**

Puntos de Control	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal Total (m <sup>3</sup> /s)
PTO 1	0,066	0,154284
PTO 2	0,088	

**Tabla 4.2: Resultados de Laboratorio**

Parámetro Contaminante	Puntos de Control	
	PTO 1	PTO 2
DBO <sub>5</sub> .	561 mg/L	477 mg/L
SST.	56 mg/L	60 mg/L
NAG.	20 mg/L	22 mg/L
CCF.	16x10 <sup>4</sup> NMP/100mL	16x10 <sup>4</sup> NMP/100mL

Fuente: Elaboración Propia

Se debe considerar para el análisis a los afluentes que ingresarían a la planta, son los efluentes de la bahía se comparan los puntos de vertimiento (PTO 1 y PTO 2).

## LMP en los Puntos de Control:

**Tabla 5.1:** Variación de cumplimiento del PTO 1.

Parámetro Contaminante	Parámetro de Mitigación en PTO 1	
	$\Delta$ LMP	$\Delta$ ECA
DBOs.	461 mg/L	551 mg/L
SST.	-94 mg/L (Dentro de LMP)	26 mg/L
NAG.	0 mg/L (Dentro de LMP)	19 mg/L
CCF.	$15 \times 10^4$ NMP/100mL	$15,99 \times 10^4$ NMP/100mL

**Tabla 5.2:** Variación de cumplimiento del PTO 2.

Parámetro Contaminante	Parámetro de Mitigación en PTO 2	
	$\Delta$ LMP	$\Delta$ ECA
DBOs.	377 mg/L	467 mg/L
SST.	-90 mg/L (Dentro de LMP)	30 mg/L
NAG.	2 mg/L	21 mg/L
CCF.	$15 \times 10^4$ NMP/100mL	$15,99 \times 10^4$ NMP/100mL

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3 Selección del Sistema de Tratamiento.

Se optó por seleccionar el sistema de tratamiento aerobio, ya que según el estudio de la mayoría de casos de tratamiento de aguas residuales (colectores) en el Departamento de Lima son aeróbicos, los que garantizó la eficiencia durante su ejecución, de lo que el sistema de tratamiento estará conformado por las siguientes operaciones unitarias:

- a. Criba (02 unidades)
  - i. Línea de Desbaste (01 unidades)
- b. Desarenador (02 unidades)
  - ii. Aireadores
- c. Tanque de Sedimentación (02 unidades)
- d. Laguna de estabilización (04 unidades)

### 4.4 Diseño de la PTAR.

#### 4.4.1 Parámetros de Diseño.-

Para poder realizar los cálculos de diseño de la PTAR se tuvo que considerar, caudal, población, entre otros de los cuales se presentan a continuación los resultados.

Caudal:

$$Q = 0,308568 \text{ m}^3/\text{s}$$

Población:

Pd (Población de diseño) = 56870 habitantes (Calculado en el Capítulo III)

#### 4.4.2 Dispositivo de desvío de la Planta

**Tabla 4.3: Resultado de cálculos de desvío de la PTAR.**

Parámetros	Resultado	Unidades
Qi = Caudal inicial	0,308568	m <sup>3</sup> /s
So min = Pendiente mínima	0,0003718	m/m
D=Diámetro de la tubería	1,0728	m
V=Velocidad de las aguas residuales	0,785760	m/s

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.3 Tratamiento Preliminar:

##### 4.4.3.1 Cribas.-

De las fórmulas aplicadas en el capítulo 3, se obtuvieron los resultados que se detallan a continuación:

**Tabla 4.4: Resultado de cálculos de Criba**

Parámetros	Resultado	Unidades
S = Sección transversal de la criba,	0,914276	m <sup>2</sup>
Au = Área de la reja,	0,6857	m <sup>2</sup>
L: Longitud de la criba	1,35	m
Material Cribado i	0,023	L/m <sup>3</sup>
Q: Caudal 0,308568 m <sup>3</sup> /s	26660,27	m <sup>3</sup> /día
Material Cribado r	0,613	m <sup>3</sup> /día
<b>Tolva</b>		
CT = Capacidad de tolva (estándar de tolvas)	4	TM
dC = Densidad referencial de material cribado	0,8	Tn
TAC = Tiempo de material cribado	8,15	Día

Fuente: Elaboración propia

Datos a partir de los cuales se diseñó el plano mostrado en el capítulo VIII, Apéndice 8.2 («Planos y esquemas: Plano IV.2 Plano de diseño de Cribas»).

#### 4.4.3.2 Desarenador

De las fórmulas aplicadas en el capítulo 3, se obtuvieron los resultados que se detallan a continuación:

**Tabla 4.5: Resultado de cálculos de Desarenador**

Parámetros	Resultado	Unidades
A = área superficial	22,22	m <sup>2</sup>
L = Largo	25,56	m
h: Altura	0,94	m
S = sección transversal máxima del flujo	1,02	m <sup>2</sup>
Lf=Longitud adicional de salida	5,89	m
Aireador	01	unidad

Fuente: Elaboración propia

Datos a partir de los cuales se diseñó el plano mostrado en el capítulo VIII, Apéndice 8.2 («Planos y esquemas: Plano IV.3 Plano de diseño de Desarenador»).

#### 4.4.4 Tratamiento Primario

##### 4.4.4.1 Tanque de Sedimentación

De las fórmulas aplicadas en el capítulo 3, se obtuvieron los resultados que se detallan a continuación:

**Tabla 4.6: Resultado de cálculos de Sedimentación**

Parámetros	Resultado	Unidades
Q = Caudal de diseño	0,308568	m <sup>3</sup> /s
Vol = Volumen diario	26 660	m <sup>3</sup> /día
Vs= Volumen del sedimentador	2220	m <sup>3</sup>
Profundidad	3	m
Largo	30	m
Ancho	25	m

Fuente: Elaboración propia.

Datos a partir de los cuales se diseñó el plano mostrado en el capítulo VIII, Apéndice 8.2 («Planos y esquemas: Plano IV.4 Plano de diseño de Sedimentador»).

#### 4.4.5 Tratamiento Secundario

##### 4.4.5.1 Lagunas de Sedimentación

De las fórmulas aplicadas en el capítulo 3, se obtuvieron los resultados que se detallan a continuación:

**Tabla 4.6: Resultado de cálculos de Laguna**

Parámetros	Resultado	Unidades
Q = Caudal de diseño	26 660	m <sup>3</sup> /día
Vol = Volumen de la laguna	53 320	m <sup>3</sup>
Vs= Volumen del sedimentador	2 220	m <sup>3</sup>
Profundidad	3	m
Área (profundidad media)	17 773	m <sup>2</sup>
Largo	180	m
Ancho	100	m
Vol T= Volumen total de la laguna	54 000	m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

Datos a partir de los cuales se diseñó el plano mostrado en el capítulo VIII, Apéndice 8.2 («Planos y esquemas: Plano IV.5 Plano de diseño de Lagunas»).

#### 4.4.6 Remoción de Elementos Contaminantes

Se muestra a continuación el resultado del cálculo realizado en el capítulo III (ítem 3.5.10) de remoción de contaminantes que se muestran a continuación:

**Tabla 4.7: Remoción de elementos contaminantes en el tratamiento preliminar.**

Elementos del Proceso de Tratamiento	Remoción			
	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	NAG (mg/L)	CCF (NMP/100mL)	SST (mg/L)
Entrada	561,00	22,00	160000,00	60,00
Cribas	308,55	22,00	160000,00	14,40
Desarenador	215,99	11,00	64000,00	3,46
Salida de Tratamiento Preliminar	215,99	11,00	64000,00	3,46

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4.8:** Remoción de elementos contaminantes en el tratamiento primario.

Elementos del Proceso de Tratamiento	Remoción			
	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	NAG (mg/L)	CCF (NMP/100mL)	SST (mg/L)
Entrada	215,99	11,00	64000,00	3,46
Tanque de sedimentación	151,19	5,50	25600,00	0,83
Aireadores	120,95	5,50	25600,00	0,83
Salida de Tratamiento Primario	120,95	5,50	25600,00	0,83

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4.7:** Remoción de elementos contaminantes en el tratamiento secundario.

Elementos del Proceso de Tratamiento	Remoción			
	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	NAG (mg/L)	CCF (NMP/100mL)	SST (mg/L)
Entrada	120,95	5,50	25600,00	0,83
Lagunas de estabilización (Completa)	60,48	2,75	23040,00	0,70
Aireadores (1er orden)	48,38	2,75	23040,00	0,70
Lagunas de estabilización (Parcial)	24,19	1,38	18432,00	0,56
Aireadores (2do orden)	21,77	1,38	18432,00	0,56
Lagunas de estabilización	10,89	0,69	12902,40	0,33
Salida de Tratamiento Secundario	10,89	0,69	12902,40	0,33

Fuente: Elaboración propia.

## V DISCUSIÓN DE RESULTADOS

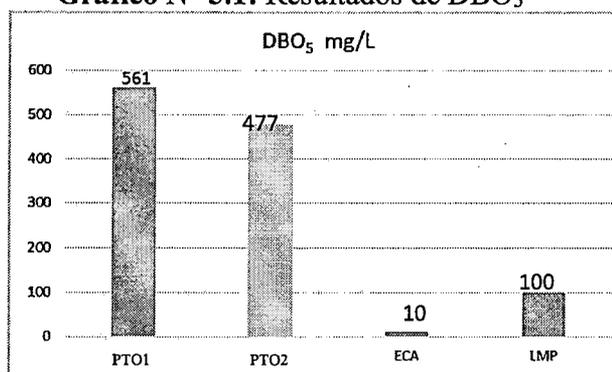
### 5.1 Caracterización de las aguas residuales.-

#### 5.1.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno.-

- PTO 1: Se obtuvo una DBO<sub>5</sub> equivalente a 561 mg/L. En este punto, la DBO<sub>5</sub> no cumple los LMP y ECA establecidos; en efecto, la DBO<sub>5</sub> en este punto, supera ampliamente el ECA recomendado (10 mg/L), y además, supera en 5,6 veces del LMP establecido (100 mg/L).

- PTO 2: Se obtuvo una DBO<sub>5</sub> equivalente a 477 mg/L. En este punto, la DBO<sub>5</sub> no cumple el ECA y supera en 4,7 veces el LMP (100 mg/L).

**Gráfico N° 5.1: Resultados de DBO<sub>5</sub>**



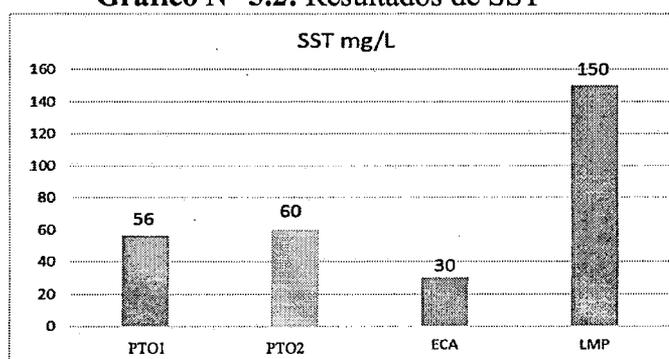
Fuente: Elaboración Propia

#### 5.1.2 Sólidos Suspendidos Totales.-

- Punto 1: Se obtuvo una SST de 56 mg/L, sin embargo en el D.S. 002-2008-MINAM, la norma establece que la concentración de dicho elemento contaminante no debe exceder los 30 mg/L. Por otro lado en este punto, los SST no supera el LMP (150 mg/L).

- Punto 2: Los SST son de 60 mg/L. en este punto, los SST no supera el LMP (150 mg/L).

**Gráfico N° 5.2: Resultados de SST**

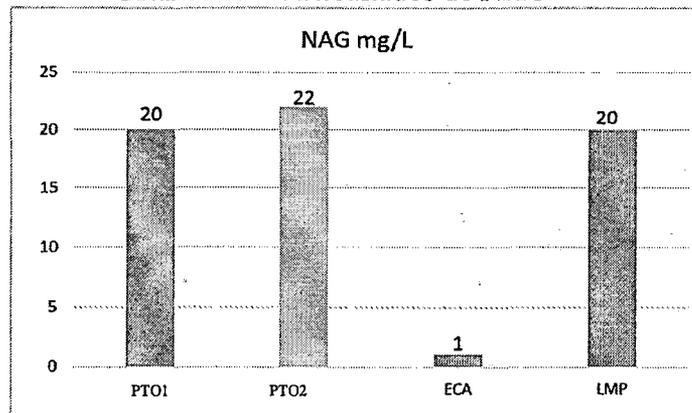


Fuente: Elaboración Propia

### 5.1.3 Nivel de Aceites y Grasas.-

- Punto 1: El NAG es de 20 mg/L. En este punto, el NAG se encuentra en el LMP correspondiente (20 mg/L).
- Punto 2: El NAG es de 22 mg/L. En este punto, el NAG supera el LMP correspondiente (20 mg/L).

Gráfico N° 4: Resultados de NAG

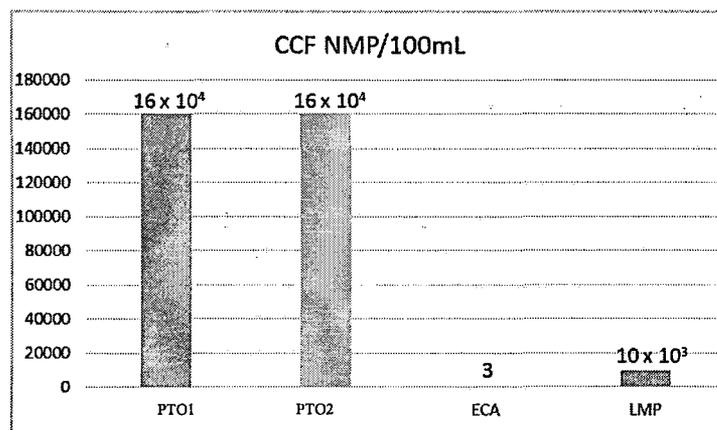


Fuente: Elaboración Propia

### 5.1.4 Cantidad de Coliformes Fecales.-

- Punto 1: La estimación estadística de la densidad microbiana presente en las aguas superficiales dio como resultado o NMP de la presencia de CCF el valor de  $16 \times 10^4$  NMP/100mL, encontrándose que en este punto la presencia de CCF supera el LMP establecido.
- Punto 2: La presencia de CCF dio el valor de  $16 \times 10^4$  NMP/100mL, encontrándose que en este punto la presencia de CCF supera el LMP establecido para dicho parámetro contaminante.

Gráfico N° 5.3: Resultados de CCF



Fuente: Elaboración Propia

## 5.2 Selección del Sistema de Tratamiento.

El sistema de tratamiento seleccionado se integró en lo fundamental con procesos unitarios del tipo biológico, con el fin remover materia orgánica, sólidos suspendidos, y eliminar microorganismos patógenos y parásitos.

## 5.3 Diseño de PTAR.

El agua residual que captaría la planta proviene de dos colectores principales que se ubican en la bahía de Chancay, por lo que se dispuso el diseño de un dispositivo de desvío a la planta, así como la selección del sistema de tratamiento en paralelo, para garantizar la continuidad por mantenimiento del sistema de Tratamiento.

## 5.4 Remoción de elementos contaminantes en la PTAR.-

La remoción de elementos contaminantes en la planta de tratamiento propuesto y su respectivo cumplimiento de objetivos de descontaminación se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 5.3:** Remoción de elementos contaminantes en la planta de tratamiento y logro de objetivos.

Elemento Contaminante	Entrada	Salida	ECA	LMP	Logros de Objetivo
DBOs (mg/L)	561	10,89	10	100	Se logró cumplir el LMP y aproximarse significativamente al ECA.
NAG (mg/L)	22	0,69	1	20	Se logró cumplir el LMP y el ECA.
CCF (NMP/100mL)	16x10 <sup>4</sup>	1x10 <sup>4</sup>	≤ 30	1x10 <sup>4</sup>	No se logró cumplir el ECA pero si se logró cumplir con el LMP.
SST (mg/L)	60	0,33	30	150	Inicialmente cumplía el LMP y con el tratamiento se logró cumplir con el ECA.

Fuente: Elaboración propia.

## Eficiencia de Remoción de Elementos Contaminantes en la Planta de Tratamiento.-

La relación entre el nivel de presencia de elementos contaminantes en las aguas residuales a la entrada de la planta de tratamiento (Afluente) y el nivel de presencia de elementos contaminantes en las aguas tratadas a la salida de planta (Efluentes); permiten conocer la eficiencia de remoción de la planta de tratamiento, para tal efecto se utiliza la siguiente formula:

$$\text{Eficiencia}_{\text{Planta}} = \frac{\text{Contaminante}_{\text{Entrada}} - \text{Contaminante}_{\text{Salida}}}{\text{Contaminante}_{\text{Entrada}}} * 100$$

Haciendo uso de la formula, la eficiencia de la planta de tratamiento propuesto, para cada uno de los elementos contaminantes objeto de estudio, fue:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>): 98,06%
- Nivel de Aceites y Grasas (NAG): 96,86%
- Cantidad de Coliformes Fecales (CCF): 91,88%
- Solidos Totales Suspendedos (SST): 99,45%.

### 5.5 Comparación con otras Experiencias de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas.-

La comparación de la propuesta con sus pares del ámbito nacional estuvo sustentada en la confrontación con otros proyectos similares existentes en términos de eficiencia de remoción de elementos contaminantes; para tal efecto se tomaron como casos de comparación a las siguientes plantas de tratamiento:

- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de San Juan de Miraflores (PTAR – San Juan).
- Tratamiento de efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes en el distrito de San Juan de Marcona (PTAR – Marcona).
- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “La Tatora”, Ayacucho (PTAR – La Tatora).
- Planta de Tratamiento de Aguas residuales Taboada, Callao (PTAR - Taboada).

**Tabla 5.4:** Comparación de las eficiencias obtenidas en diversas plantas de tratamiento.

Elemento Contaminante	Eficiencia de Remoción (%)				
	PTAR San Juan	PTAR Marcona	PTAR La Tatora	PTAR Taboada	PTAR Propuesto
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	92,80	90,71	86,20	99,20	98,06
NAG (mg/L)					96,86
CCF (NMP/100mL)	99,99	99,99	99,98	99,99	91,88
SST (mg/L)	92,81	90,90			99,45

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente y como resultado del cuadro comparativo presentado en la parte inmediata anterior, se observa que:

- Para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), la propuesta alcanza un 98,06% de eficiencia, dicha eficiencia está por encima de todas sus pares referenciales, excepto la PTAR – Taboada.
- Para la remoción del Nivel de Aceites y Grasas (NAG), la propuesta alcanza un 96,86% de eficiencia, en ese aspecto, todas sus pares referenciales no detallan la eficiencia de remoción de dicho elemento contaminante.
- Para la Cantidad de Coliformes Fecales (CCF), la propuesta alcanza un 91,88%, dicha eficiencia está por debajo de todas sus pares referenciales, debido a que la planta propuesta está centrada en el tratamiento para la emisión hacia el receptor marino, no está dirigido al consumo humano.
- Para los Solidos Totales Suspendidos (SST), la propuesta alcanza un 99,45%, dicha eficiencia está por encima de todas sus pares referenciales.

## VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones.

- En cuanto a determinar la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), el nivel de sólidos totales suspendidos (SST), el Nivel de Aceites y Grasas, y, el Nivel de Coliformes Fecales presente en los efluentes líquidos domésticos vertidos en la bahía de Chancay; se llegó a los siguientes resultados:
  - \* Para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), la propuesta alcanza un 98,06% de eficiencia, con dicha eficiencia se logra cumplir el LMP y se aproxima significativamente al ECA.
  - \* Para la remoción del Nivel de Aceites y Grasas (NAG), la propuesta alcanza un 96,86% de eficiencia, en ese aspecto, se logró cumplir el LMP y el ECA tomado como parámetro referencial.
  - \* Para la Cantidad de Coliformes Fecales (CCF), la propuesta alcanza un 91,88%, no se logró cumplir el ECA pero si cumplir con el LMP.
  - \* Para los Sólidos Totales Suspendidos (SST), la propuesta alcanza un 99,45%, se tiene que inicialmente, antes de ingresar a planta de tratamiento, el afluente cumplía el LMP y con el tratamiento se logró cumplir con el ECA.
- En cuanto a seleccionar la alternativa de tratamiento que mejor se aplica a los efluentes líquidos domésticos vertidos en la bahía de Chancay; se determinó que entre las diferentes alternativas (En anexos, ver: «Cuadro 9.1. Tecnologías de tratamiento de aguas residuales domésticas») se optó por lagunas aireadas, debido a que para caudales de diseños elevados, las lagunas aireadas es la más usada y más efectiva.
- En cuanto a determinar los parámetros de diseño para una planta capaz de dar tratamiento a los efluentes líquidos domésticos vertidos en la bahía de Chancay; se determinó los siguientes parámetros:
  - \* Caudal de diseño:  $Q \text{ (Max.)} = 308 \text{ L/s}$ .

- \* Parámetro de control: Estándar de Calidad Ambiental para cada elemento contaminante.
- \* Tasa de crecimiento poblacional: 1.1%.
- \* Tiempo de vida de la planta de tratamiento: 25 años.
- \* Puntos referenciales:
  - ° PTO 1: Entrada del Río Chancay para tratamiento de consumo ( $Q_1 = 0.308 \text{ m}^3/\text{s}$ ).
  - ° PTO 2: Salida en uno de los desagües general en el puerto de Chancay ( $Q_2 = 0,066 \text{ m}^3/\text{s}$ ).
- En cuanto a establecer las características que debe tener la planta de tratamiento de aguas residuales; se determinó los siguientes:
  - \* Una serie de elementos del proceso, dos en paralelo con propósitos de saturación o mantenimiento, compuesto por:
    - ° Cribas.
    - ° Desarenador.
    - ° Tanque de sedimentación
    - ° Aireadores.
    - ° Lagunas de estabilización (Completa).
    - ° Lagunas de estabilización (Parcial).
    - ° Lagunas de estabilización
  - \* Ambientes generales:
    - ° Cuarto de bombas de aire y agua.
    - ° Cuarto de control de válvulas.
    - ° Almacén de insumos.
    - ° Zona para secado de lodos.
    - ° Tolvas para material cribado.
    - ° Caseta de vigilancia.
    - ° Habitaciones para personal.
    - ° Áreas de tránsito.
    - ° Áreas verdes.

° Otros ambientes.

- En cuanto a localizar la ubicación adecuada para la planta de tratamiento; se determinó la ubicación de la planta de tratamiento frente al puerto de Chancay, lindando con la zona de gran industria y la zona de recreación pública de Chancay.
- En cuanto a realizar la evaluación económica para la planta de tratamiento, se determinó los siguientes indicadores referenciales:
  - \* Costo de Inversión de la propuesta: US\$ 22 929 577.
  - \* Costo anual de mantenimiento de la propuesta: US\$ 483 380/Año.
  - \* Beneficio anual de la propuesta: Beneficio = US\$ 1 070 713/Año.

## **6.2 Recomendaciones.**

- Dado que no se logró alcanzar el ECA para los coliformes fecales, se recomienda implementar la etapa de desinfección como etapa final del proceso de tratamiento.
- Para los tanques de sedimentación y desarenadores, se recomienda implementar mecanismos para captar la película de aceite que flota en el agua; por ejemplo, colocar trampas para aceites, que pueden ser tan sencillas como tubos horizontales abiertos en la parte superior dispuestos en la superficie de los tanques, con el fin de captar la película de aceite que flota en el agua.
- Se recomienda controlar mediante mecanismos de recirculación para rebajar la concentración de DBO5 y lograr el estándar de calidad ambiental.
- Se recomienda evaluar la factibilidad de implementar lagunas de maduración o de pulimento ubicadas como el último paso de los sistemas lagunares en serie. Este tipo de laguna se diseña primordialmente para remover microorganismos patógenos sin necesidad de adicionar agentes químicos desinfectantes.

## VII BIBLIOGRAFÍA

- 7.1. ALIANZA POR EL AGUA (2008). Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas. León - Nicaragua: Secretariado Alianza por el Agua / Ecología y Desarrollo.
- 7.2. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (2010). Proyecto: Obras de Control y Medición de Agua por Bloques de Riego en el Valle Chancay Huaral. Estudio de Pre inversión a nivel de Perfil. Lima: Ministerio de Agricultura.
- 7.3. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA Y DIRECCIÓN DE CONSERVACIÓN Y PLANEAMIENTO DE RECURSOS HÍDRICOS (Coordinadores) (2011). Evaluación de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del río Chancay-Huaral. Lima: Administración Local de Agua Barranca – ALA Chancay-Huaral.
- 7.4. BACA NEGLIA, Máximo Fidel. Tratamiento de los efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes en el distrito de San Juan de Marcona (Tesis de Maestría). Callao: Universidad Nacional del Callao, 2012.
- 7.5. BARRERA GODOY, Héctor Daniel y RAMOS LÓPEZ Dalia Cecilia (2007). Propuesta para la gestión de los efluentes líquidos de origen doméstico en proyectos urbanísticos (Tesis de grado). San Salvador: Universidad de El Salvador. Extraído el 3 de marzo de 2013 desde <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2613>
- 7.6. CABRERA CARRANZA, Carlos Francisco (2002). Estudio de la Contaminación de las Aguas Costeras en la Bahía de Chancay: Propuesta de recuperación. Tesis para optar el grado académico de magíster en geografía. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- 7.7. CABRERA CARRANZA, Carlos Francisco (2003). Plan de Recuperación Ambiental de la Bahía de Chancay. En: Revista del Instituto de Investigación del Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos; Vol. 6, N° 11; págs. 51 – 63.
- 7.8. CANEPA DE VARGAS, Lidia (1994). Informe Técnico N° 403. Evaluación y control de la planta de filtración rápida (PFR) de “El Milagro”, Cajamarca. Cajamarca: Servicio Municipal de Agua Potable.
- 7.9. CENTURIÓN ROBLES, Iván; GANOZA RIVAS, Erikson y TORRES ROCHA, Manuel (2007). Propuesta de mejora en el control de efluentes de una planta

- pesquera. Tesis para optar el Grado Académico de Magíster en Operaciones y Logística: Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- 7.10 CHUCHÓN MARTÍNEZ, Saúl A. y AYBAR ESCOBAR, Carlos A. *Evaluación de la capacidad de remoción de bacterias coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno de la planta de tratamiento de aguas residuales "La Totorá"*. En: Ecología Aplicada, Vol. 7, Núm. 1,2, 2008. Lima: Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina
- 7.11 DECRETO SUPREMO N° 010-2008-PRODUCE. Límites Máximos Permisibles (LMP) para la Industria de Harina y Aceite de Pescado y Normas Complementarias. Lima, El Peruano, edición del miércoles 30 de abril de 2008.
- 7.12 DUKE UNIVERSITY - CENTER FOR TROPICAL CONSERVATION (CTC) (2003). Perfil de Área Protegida – Perú: Reserva Nacional de Lachay. Trinity, Carolina del Norte: ParksWatch.org. Extraído el 20 de mayo de 2013 desde [http://www.parkswatch.org/parkprofiles/pdf/lanr\\_spa.pdf](http://www.parkswatch.org/parkprofiles/pdf/lanr_spa.pdf)
- 7.13 DULANTO VALDIVIESO, Carlos (2010). Plan de Gobierno Municipal 2011-2014: Distrito de Chancay. Chancay: Movimiento Independiente Regional PADIN 2010.
- 7.14 GÁMEZ MORALES, William R. (2010). Texto básico de hidrología. Managua: Universidad Nacional Agraria.
- 7.15 GARCÍA TRUJILLO, Zarela Milagros (2012). Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- 7.16 HENRY, J. Glynn y HEINKE, Gary W. (1999) Ingeniería Ambiental. 2da Edición. Traducción de Héctor Javier Escalona y García. México: Prentice Hall.
- 7.17 HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, Pilar (2003). Metodología de la Investigación, 3ª edición. México: Mc Graw-Hill Interamericana.
- 7.18 INRENA (2005). Diagnóstico de la calidad del agua en la vertiente del Pacífico. Lima: Instituto Nacional de Recursos Naturales.
- 7.19 INRENA (2005). Plan de Uso Turístico y Recreativo de la Reserva Nacional de Lachay. Lima: Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA.

- 7.20 INSTITUTO NACIONAL DE PLANIFICACIÓN (1969). Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Valle Chancay – Huaral. Lima: Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales – ONERN.
- 7.21 LEY Nº 28245. Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. En Lima, a los cuatro días del mes de junio de dos mil cuatro.
- 7.22 LEY Nº 29338. Ley de Recursos Hídricos. Lima, El Peruano, edición del martes 31 de marzo de 2009.
- 7.23 MACHADO MEJÍA, Patricia Carolina; BURUCA ROMERO, Glenda Berenice y ARGUETA UMAÑA, Wilver Adolfo (2009). Diseño de la Red de Alcantarillado y Propuesta Para el Tratamiento de las Aguas Residuales Domésticas de la Zona Urbana del Municipio de Chilanga, Departamento de Morazán. Extraído el 10 de febrero de 2013 desde <http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/019911/>
- 7.24 MARTÍNEZ MORALES, David Antonio (2003). Análisis comparativo de criterios de diseños de lagunas de estabilización para ciudades pequeñas y medianas (Tesis de Grado). México D.F.: Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional. Extraído el 17 de febrero de 2013 desde <http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/10725/1/30.pdf>
- 7.25 MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR Y TURISMO (2012). Información de las Regiones del Perú. Lima: Viceministerio de Turismo.
- 7.26 MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DE COLOMBIA (2000). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000: Tratamiento de aguas residuales (Sección II - Título E). Bogotá D.C.: Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico del Ministerio de Desarrollo Económico de la República de Colombia.
- 7.27 MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: SENCICO.
- 7.28 MOSCOSO CAVALLINI, Julio César (Consultor). Estudio de opciones de tratamiento y reúso de aguas residuales en Lima Metropolitana. Lima: Universidad de Stuttgart y Lima Water – LIWA, 2011.
- 7.29 MOSCOSO, Julio y ALFARO, Tomás (2008). Panorama de Experiencias Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao. Serie: Cuaderno de Agricultura Urbana N°6. Lima: IPES.

- 7.30 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CHANCAY (2013). Humedal de Santa Rosa. En: Agenda Municipal: Plan de Desarrollo Urbano del Distrito de Chancay. Edición N° 02, abril de 2013.
- 7.31 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CHANCAY Y MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (2009). Plan de Desarrollo Urbano del Distrito de Chancay 2008 – 2018. Chancay: Municipalidad Distrital de Chancay - Gestión Municipal 2007 - 2010.
- 7.32 OLIVOS LARA, Omar Eduardo. Tratamiento de Aguas: Tratamiento primario (Apuntes de clase). Lima: Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Alas Peruanas, 2010.
- 7.33 PIMENTEL ARAUJO, Luis Alberto (2012). Plan de Manejo de la Subcuenca Pachacayo para la Gestión del Recurso Hídrico. Trabajo Final del Diplomado en Manejo Integrado de Cuencas en el Siglo XXI. Huancayo: Instituto Tecnológico del Medio Ambiente - ITMA.
- 7.34 PRANDO, Raúl R. (1996). Manual de Gestión de la Calidad Ambiental. Ciudad de Guatemala: Piedra Santa.
- 7.35 RAMALHO, Rubens Sette. Tratamiento de Aguas Residuales. Traducción: Domingo Jiménez Beltrán y Federico de Lora. Barcelona: Editorial Reverte, 2003.
- 7.36 RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 721·97·PE. Aprueban Protocolo de Monitoreo de Efluentes de la Industria Pesquera de Consumo Humano Indirecto. Lima, El Peruano, edición del 14 de noviembre de 1997.
- 7.37 TORRES BARDALES, Colonibol (2002). Orientaciones básicas de Metodología de la Investigación científica. Octava edición. Lima: Libros y Publicaciones.

## VIII.- APÉNDICE

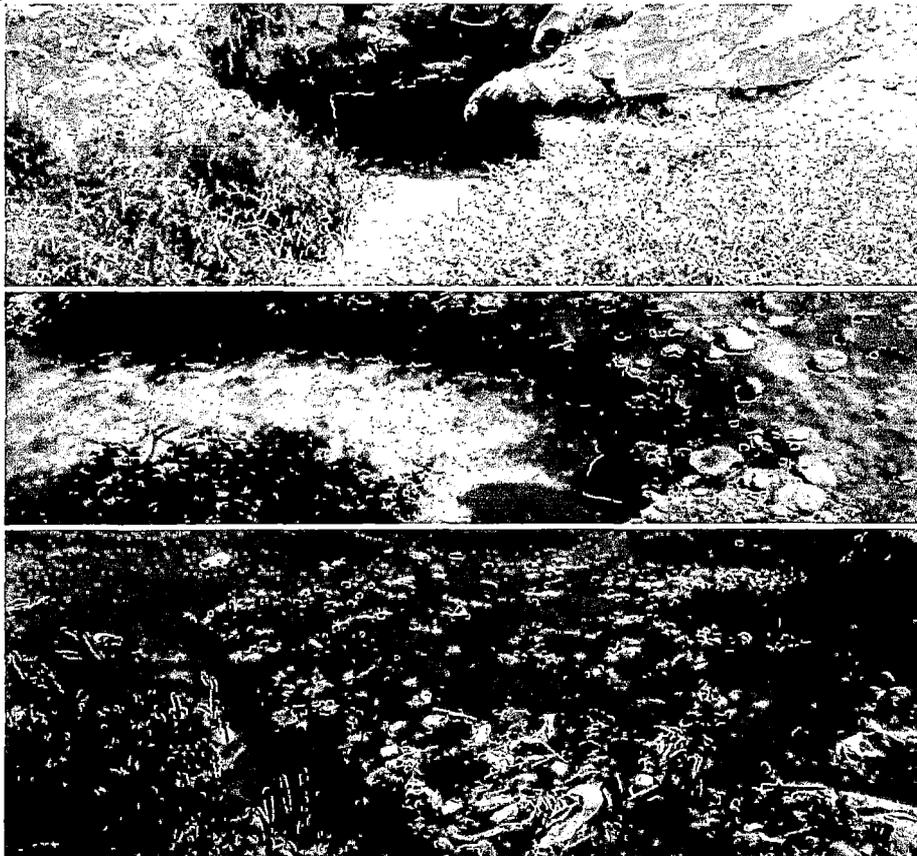
### 8.1. Galería de Imágenes.

**Imagen I.1.** Vista parcial de la bahía de Chancay.



Fuente: Fotografiado propio.

**Imagen I. 2.** Colectores de aguas servidas en la bahía de Chancay.



Fuente: Fotografiado propio.

**Imagen 3. Toma de muestra de efluente para análisis antes de población.**



**Fuente: Fotografiado propio.**

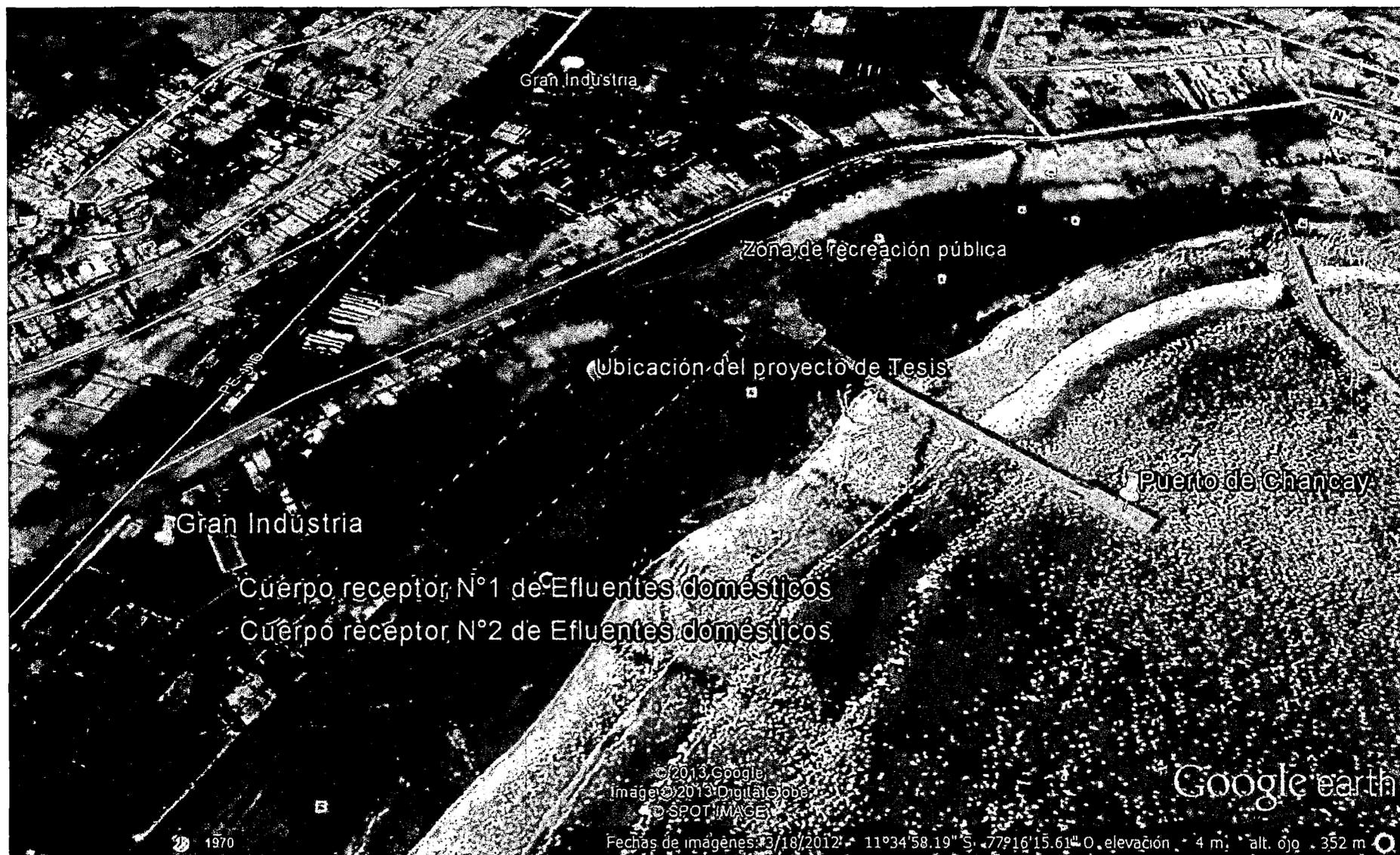
**Imagen 4. Toma de muestra de efluente para análisis después de población.**



**Fuente: Fotografiado propio.**

## 8.2. Planos y Esquemas

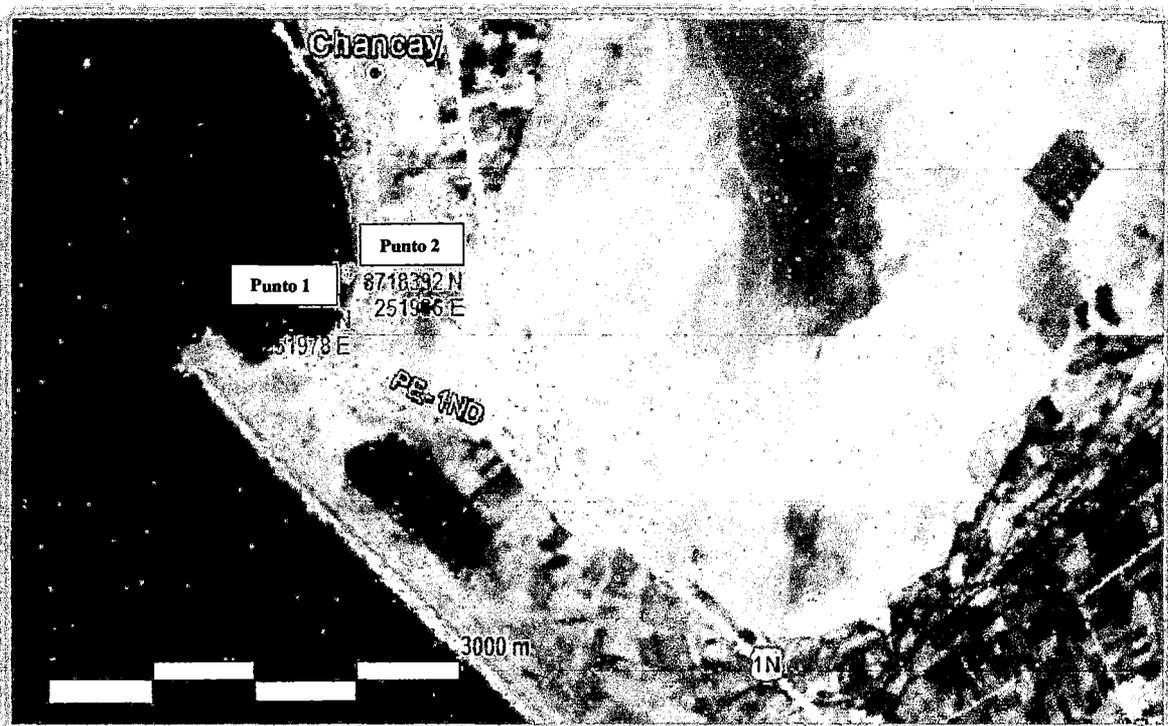
Plano III.1. Plano de ubicación del proyecto.



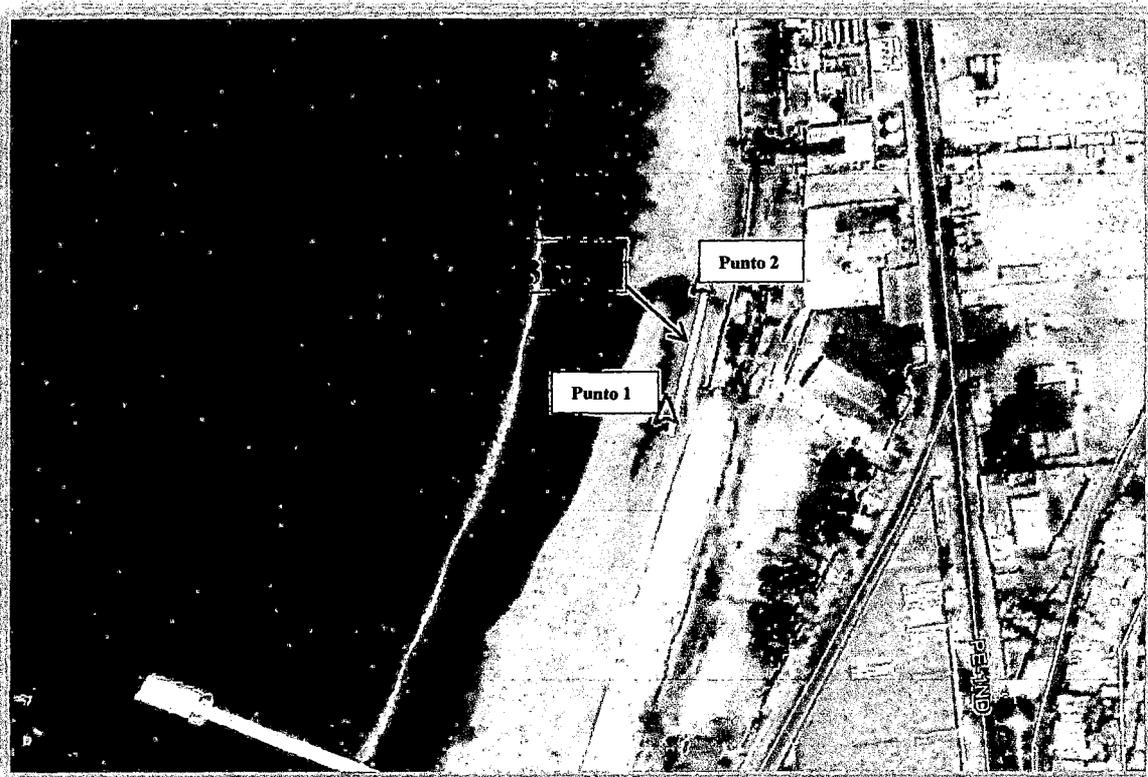
Fuente: Elaboración propia: Adaptación propia en base a cartografía de programa informático Google Earth

**Plano III.2. Ubicación de los puntos de monitoreo.**

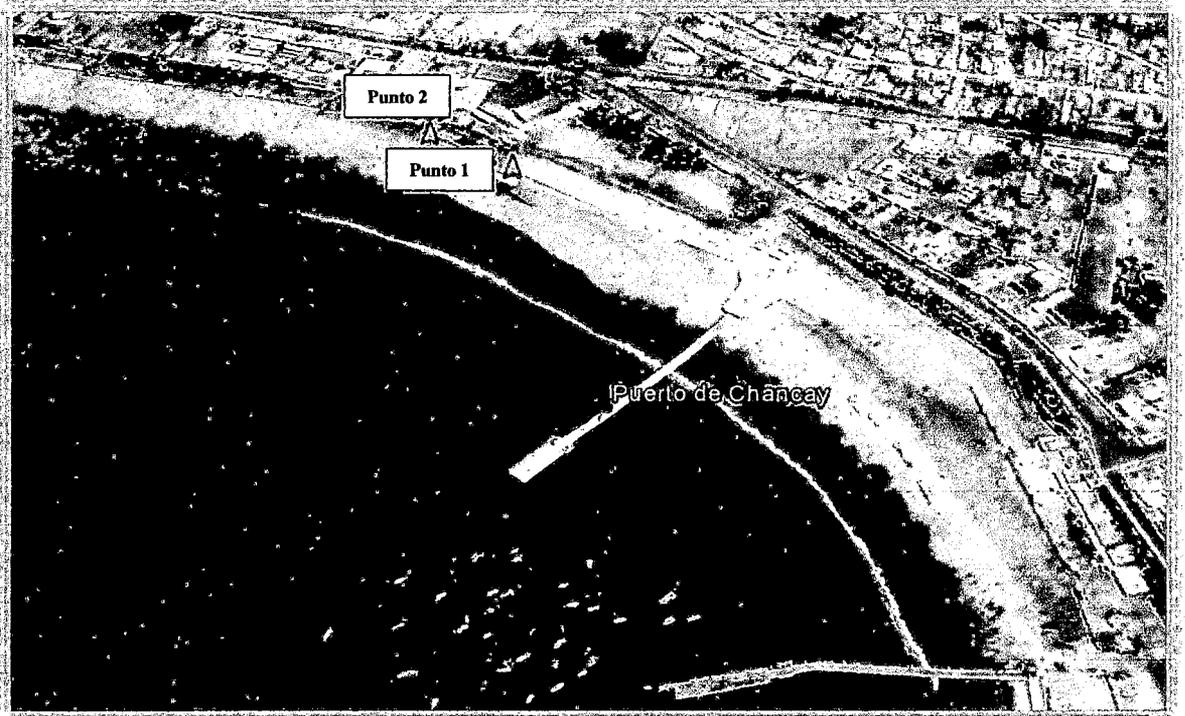
**Ubicación de los puntos de monitoreo**



**Vista de frente de los puntos de monitoreo de estudio (PTO 1 y PTO 2)**



Vista de lado de los puntos de monitoreo de estudio (PTO 1 y PTO 2)



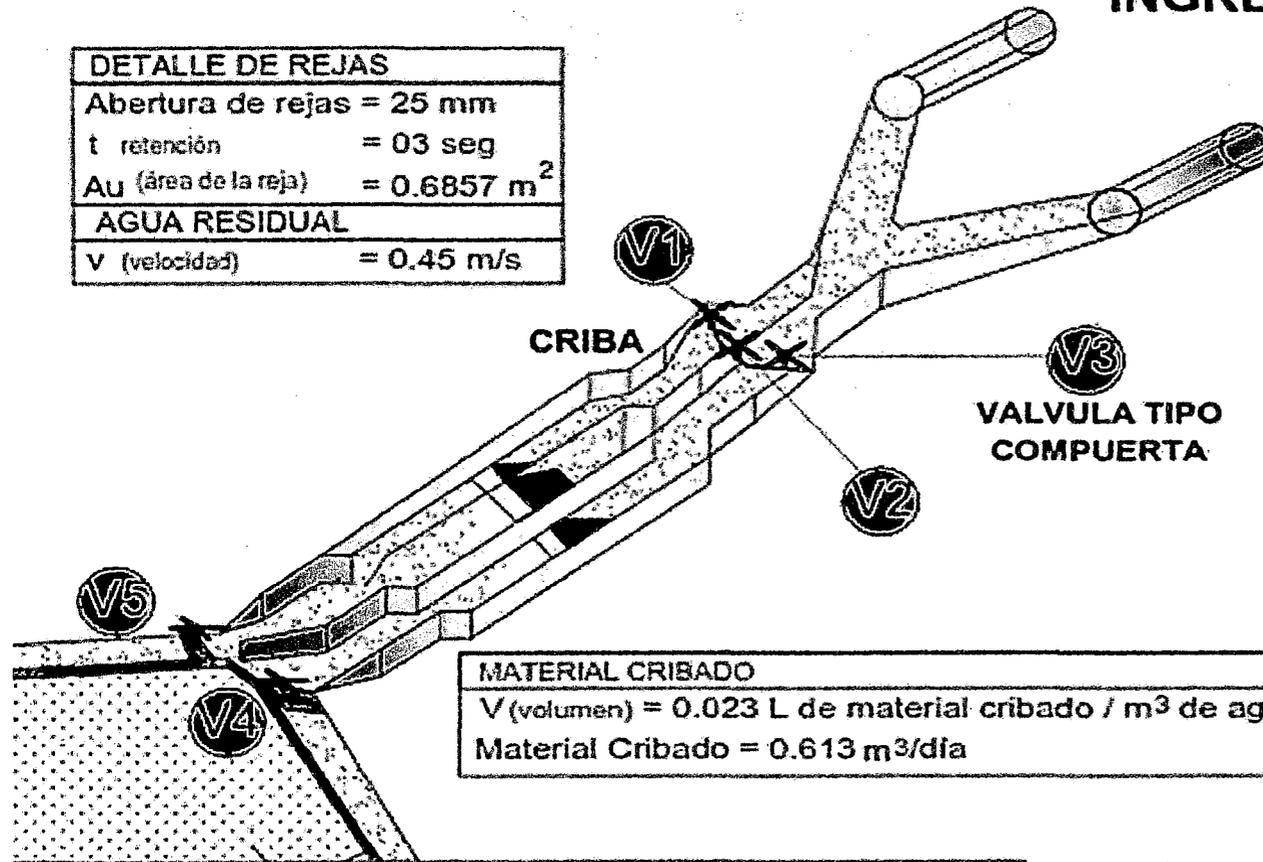
Vista de perfil de los puntos de monitoreo de estudio (PTO 1 y PTO 3)



Plano IV.2. Plano de diseño de CRIBAS.

TUBERIAS DE INGRESO

DETALLE DE REJAS	
Abertura de rejas =	25 mm
t retención =	03 seg
Au (área de la reja) =	0.6857 m <sup>2</sup>
AGUA RESIDUAL	
v (velocidad) =	0.45 m/s



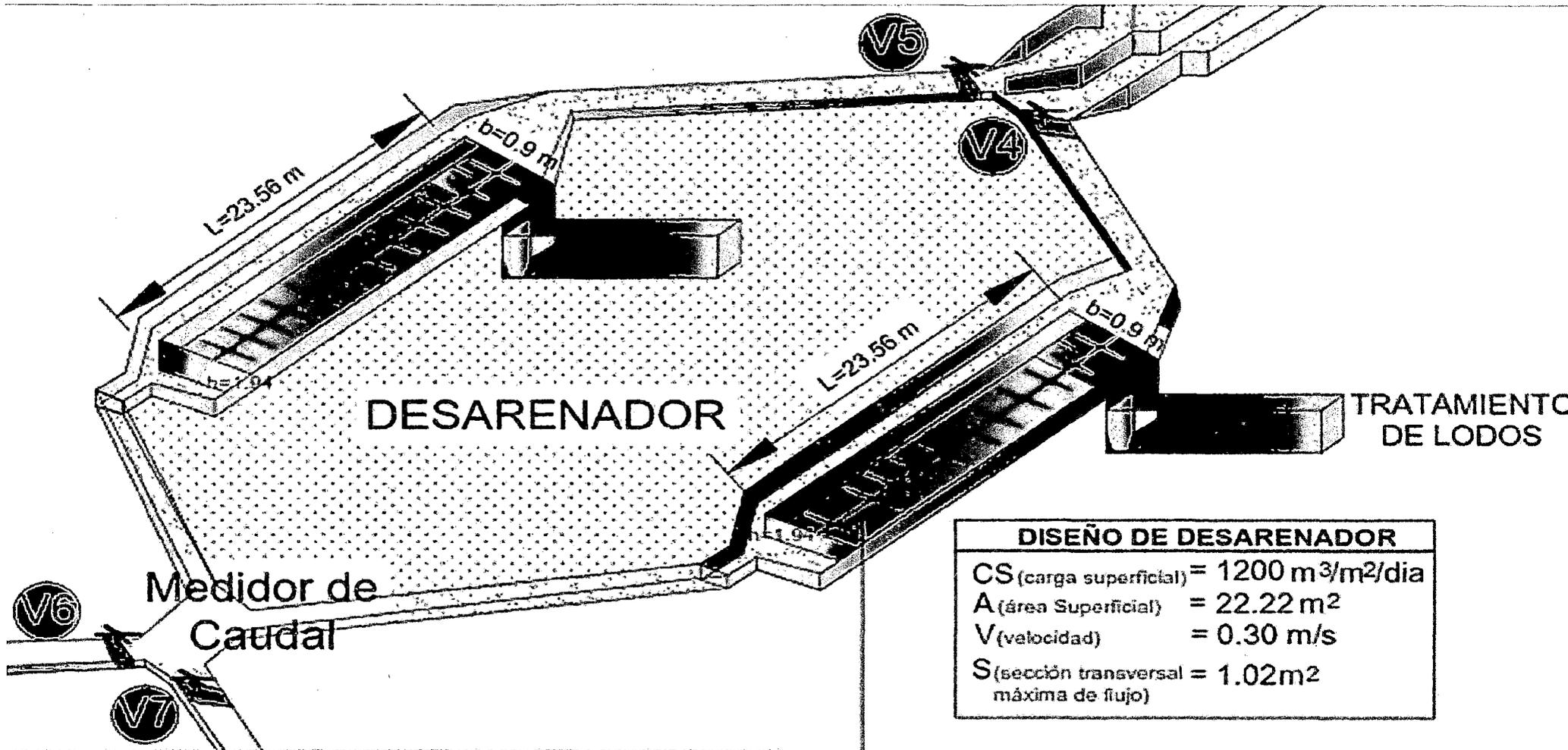
DATOS	
OBTENIDOS EN CAMPO	
Q T max horario =	0.308568 m <sup>3</sup> /s
Q 1 max horario =	0.066 m <sup>3</sup> /s
Q 2 max horario =	0.0882 m <sup>3</sup> /s
DISEÑO	
Q inicial =	308,568 L/s
V velocidad de aguas residuales =	0.7858 m/s
TUBERIA	
i (pendiente mín) =	0.3718 mm/m
D tubería =	40 plg
CRIBA	
S (sección transversal) =	0.91427 m <sup>2</sup>
Ancho =	1.35 m

<b>MATERIAL CRIBADO</b>
V (volumen) = 0.023 L de material cribado / m <sup>3</sup> de agua residual
Material Cribado = 0.613 m <sup>3</sup> /día

Tiempo de almacenamiento de material cribado = 8.15 días

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO</b>	
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES	
NOMBRE DE LA TAREA: Diseño de una Planta de Tratamiento para los Efluentes Líquidos Domésticos del Distrito de Chancay	
<b>PLANO DE CRIBAS</b>	
DISCIPLINARIO: KAHC / JLMCA	<b>PLANO N° 1:</b>
FECHA: MAYO 2014	<b>PRIMERA ETAPA DEL PROCESO</b>

Fuente: Elaboración Propia



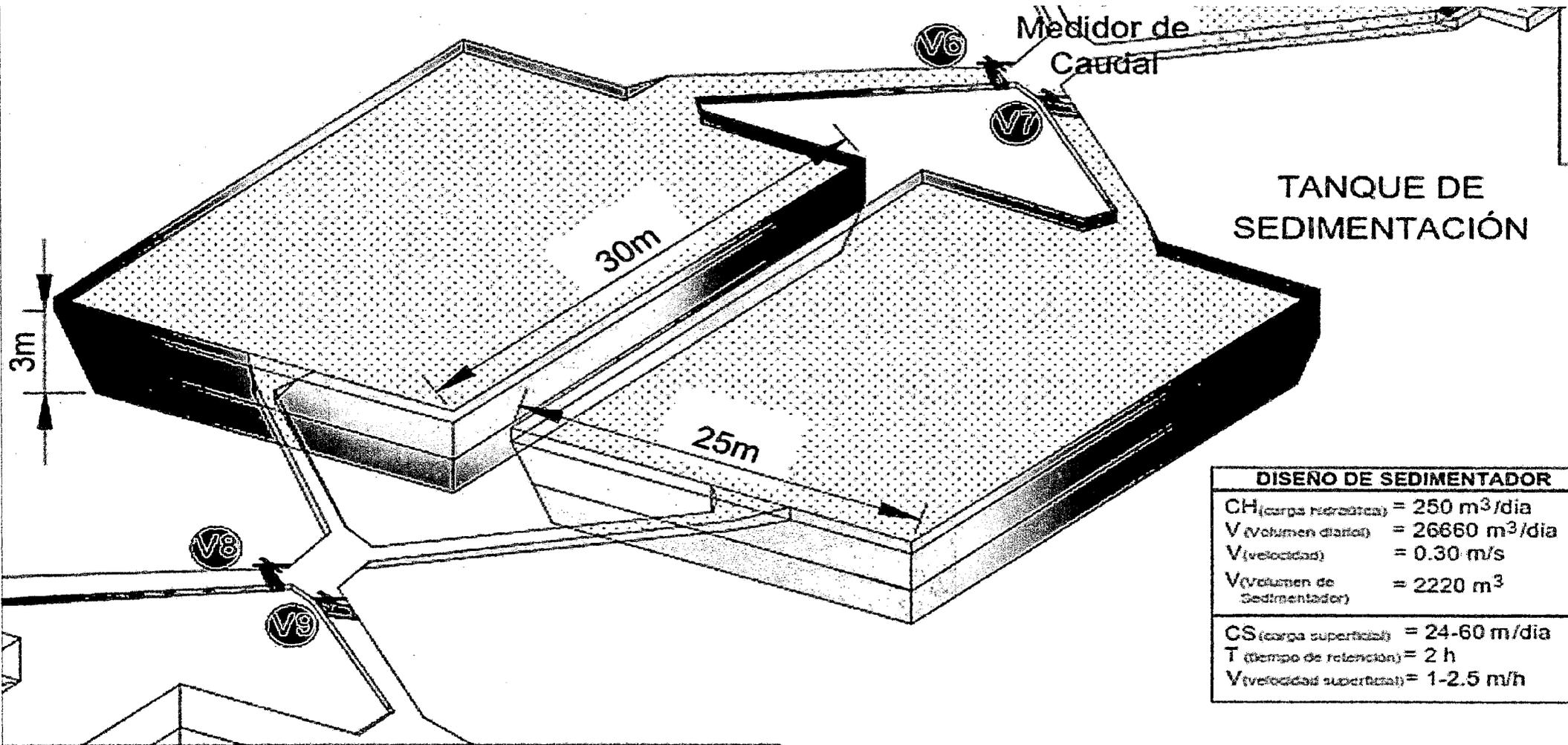
DISEÑO DE DESARENADOR	
CS (carga superficial)	= 1200 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /dia
A (área Superficial)	= 22.22 m <sup>2</sup>
V (velocidad)	= 0.30 m/s
S (sección transversal máxima de flujo)	= 1.02m <sup>2</sup>



AIREADOR (movible)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO	
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES	
NOMBRE DE LA TAREA: Diseño de una Planta de Tratamiento para los Efluentes Líquidos Domésticos del Distrito de Chancay	
TÍTULO: PLANO DE DESARENADOR	
ESPECIALIZADO: KAHC / ILMCA	PLANO N°2:
FECHA: MAYO 2014	PRIMERA ETAPA DEL PROCESO

Plano IV.4. Plano de diseño de SEDIMENTADOR.



DISEÑO DE SEDIMENTADOR	
CH (carga hidráulica)	= 250 m <sup>3</sup> /dia
V (Volumen diario)	= 26660 m <sup>3</sup> /dia
V (velocidad)	= 0.30 m/s
V (Volumen de Sedimentador)	= 2220 m <sup>3</sup>
CS (carga superficial)	= 24-60 m <sup>3</sup> /dia
T (tiempo de retención)	= 2 h
V (velocidad superficial)	= 1-2.5 m/h

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO</b>	
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES	
NOMBRE DE LA TAREA: Diseño de una Planta de Tratamiento para los Efluentes Líquidos Domésticos del Distrito de Chancay	
<b>PLANO DE SEDIMENTADOR</b>	
DESIGNADO: KAHC / JLMCA	<b>PLANO N°3:</b>
FECHA: MAYO 2014	<b>SEGUNDA ETAPA DEL PROCESO</b>

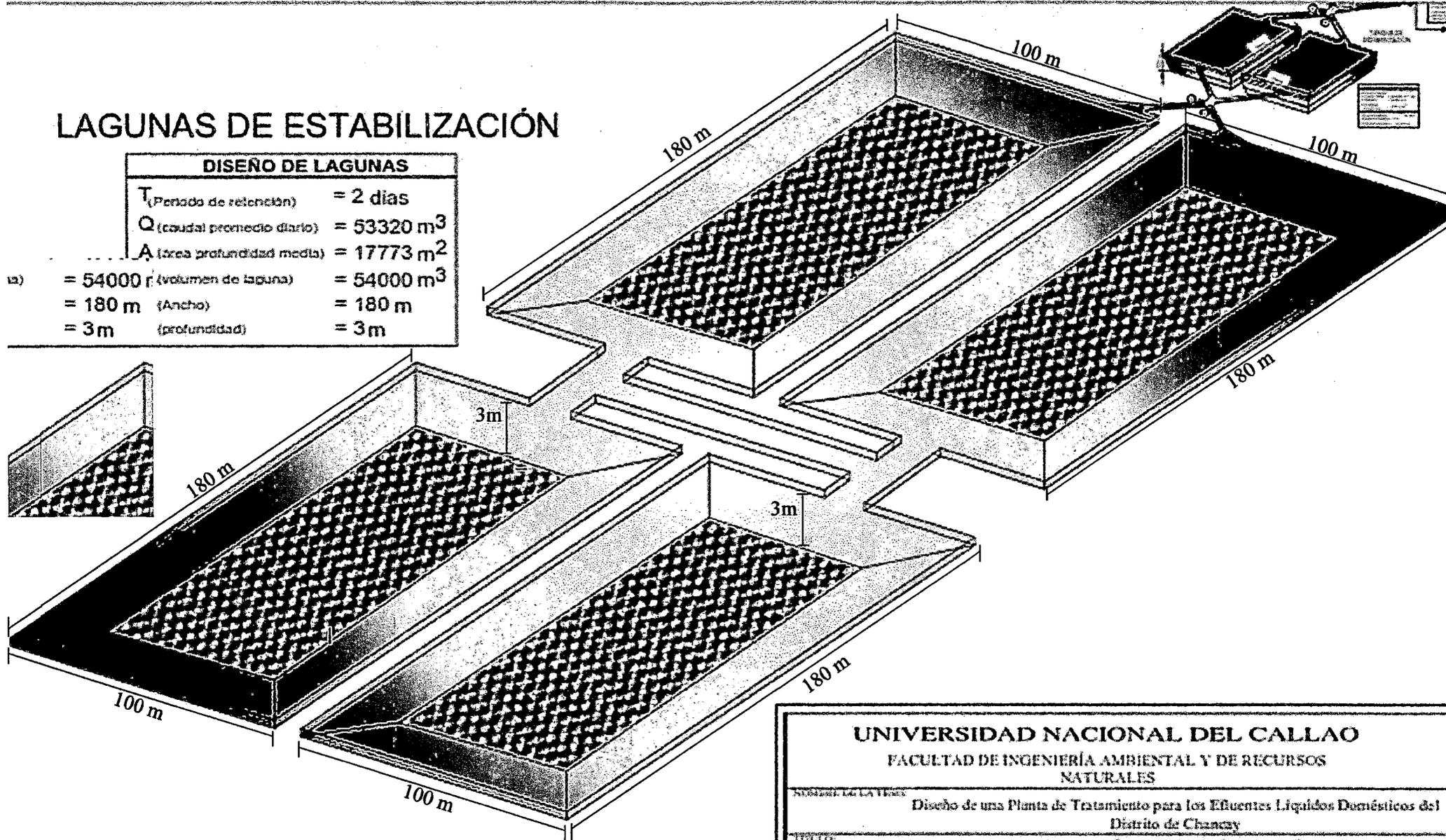
Fuente: Elaboración Propia.

## LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

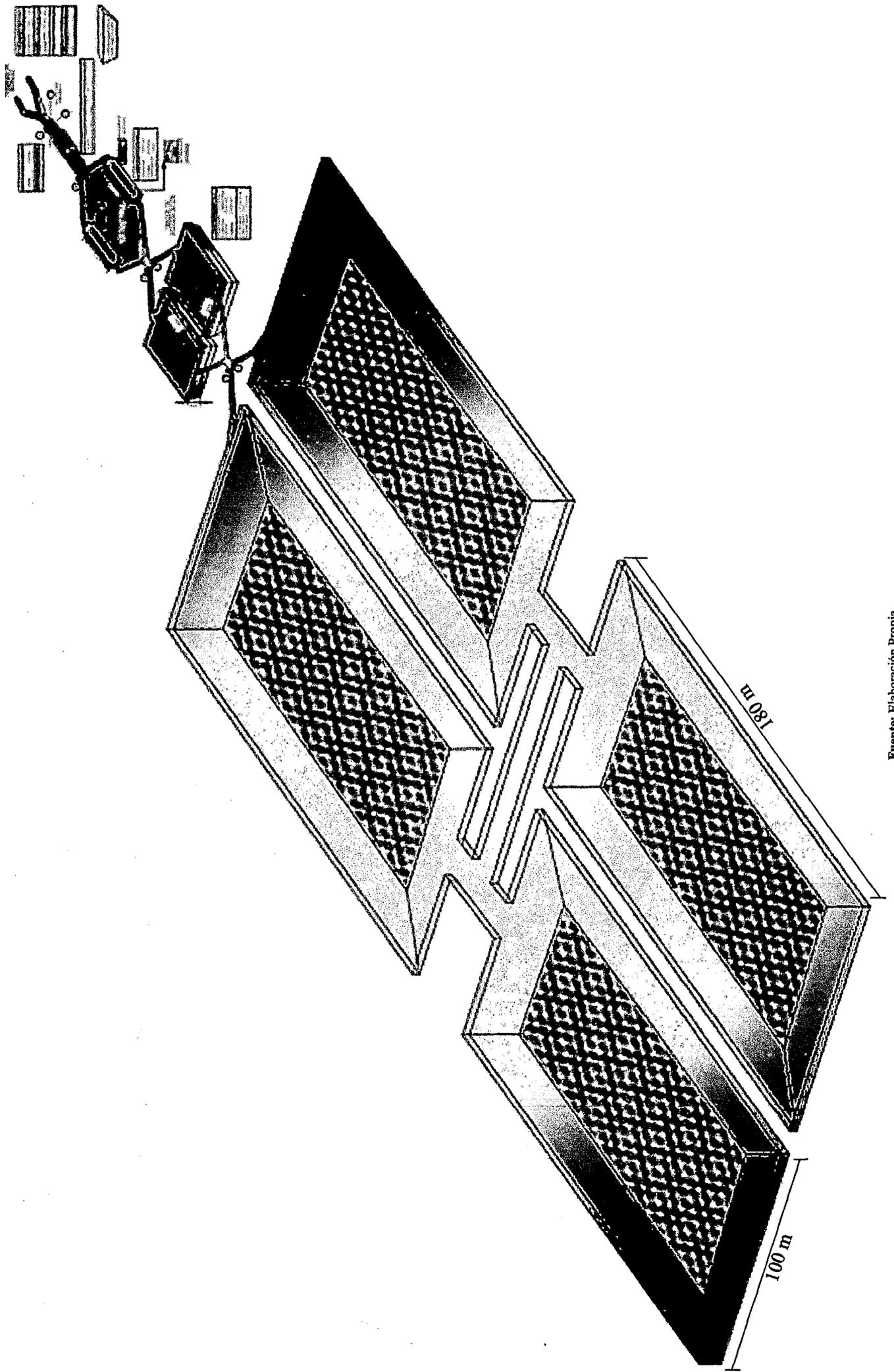
### DISEÑO DE LAGUNAS

$T_r$ (Periodo de retención)	= 2 días
$Q$ (caudal promedio diario)	= 53320 m <sup>3</sup>
$A$ (área profundidad media)	= 17773 m <sup>2</sup>
$V$ (volumen de laguna)	= 54000 m <sup>3</sup>
$L$ (Ancho)	= 180 m
$P$ (profundidad)	= 3 m

a) = 54000 r (volumen de laguna)  
 = 180 m (Ancho)  
 = 3 m (profundidad)



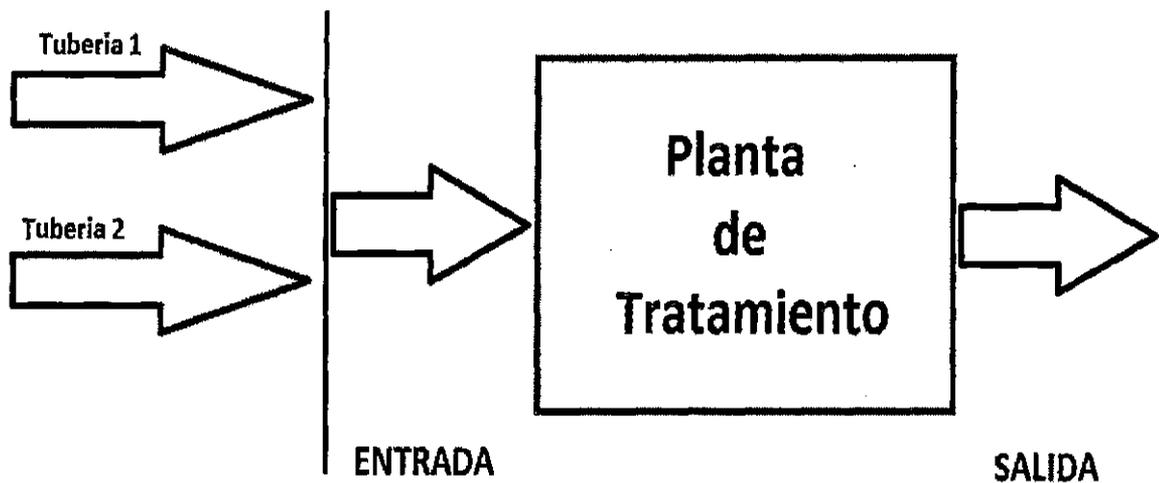
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES	
Diseño de una Planta de Tratamiento para los Efluentes Líquidos Domésticos del Distrito de Chancay	
<b>PLANO DE LAGUNAS</b>	
DIGITALIZADOR: KAHC / JLMCA	<b>PLANO N°3:</b>
FECHA: MAYO 2014	<b>TERCERA ETAPA DEL PROCESO</b>



**Esquema 1.** Diagrama de flujo del proceso a seguirse en la Planta de Tratamiento.



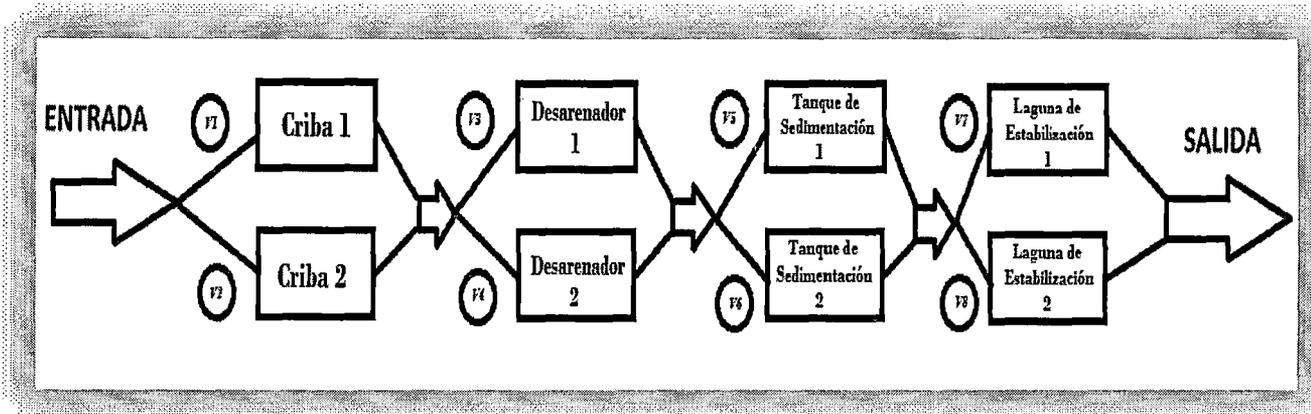
**Esquema 2.** Esquema general de la Planta de Tratamiento.



*La estructura de recepción del emisor y el dispositivo de desvío de la planta de tratamiento presentada como proyecto, son continuación de las dos tuberías de desagüe existentes en la actualidad, previamente desviadas y fusionadas a la entrada de la planta de tratamiento. Se prevé la descarga al mar mediante una única tubería de salida de la planta de tratamiento.*

**Fuente:** Elaboración propia.

**Esquema I.3.** Esquema de flujo de efluente en la Planta de Tratamiento.



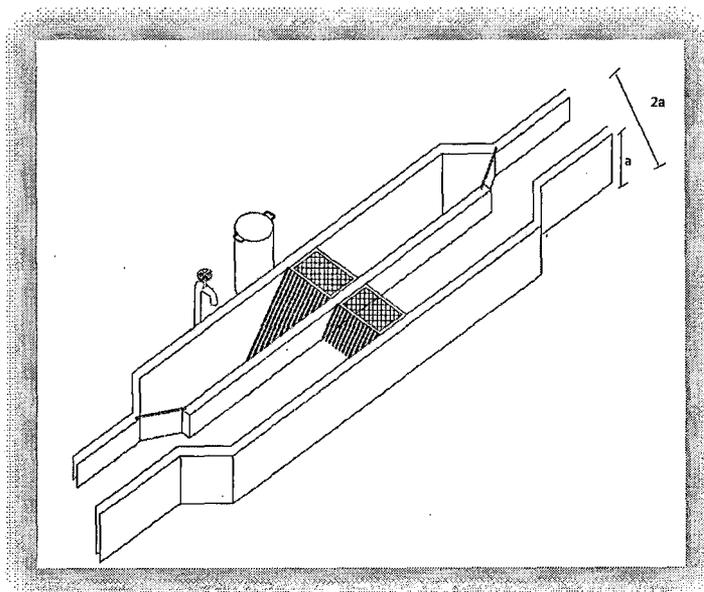
*Con propósitos de mantenimiento sin interrupción del funcionamiento la planta de tratamiento ni de ninguno de sus componentes de tratamiento específico; se consideró componentes seriados y en paralelo con coeficiente de simultaneidad de 0,5 por componente. En efecto, con propósitos de mantenimiento se consideró 2 cribas, 2 desarenadores, 2 tanques de sedimentación y 2 lagunas de estabilización.*

**Fuente:** Elaboración propia.

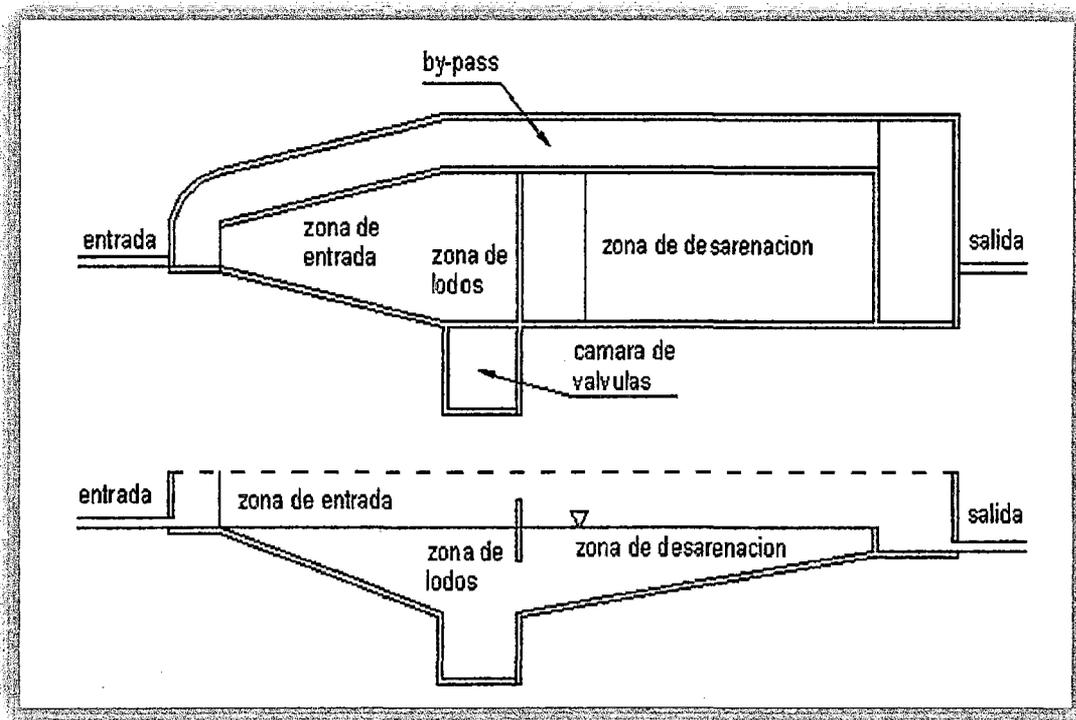
**Leyenda:**

- V1,... V8:** Válvulas para control y derivación de efluente.
- : Acumulador de efluente con propósito de derivación.
- : Tubería para transporte de efluente en planta.

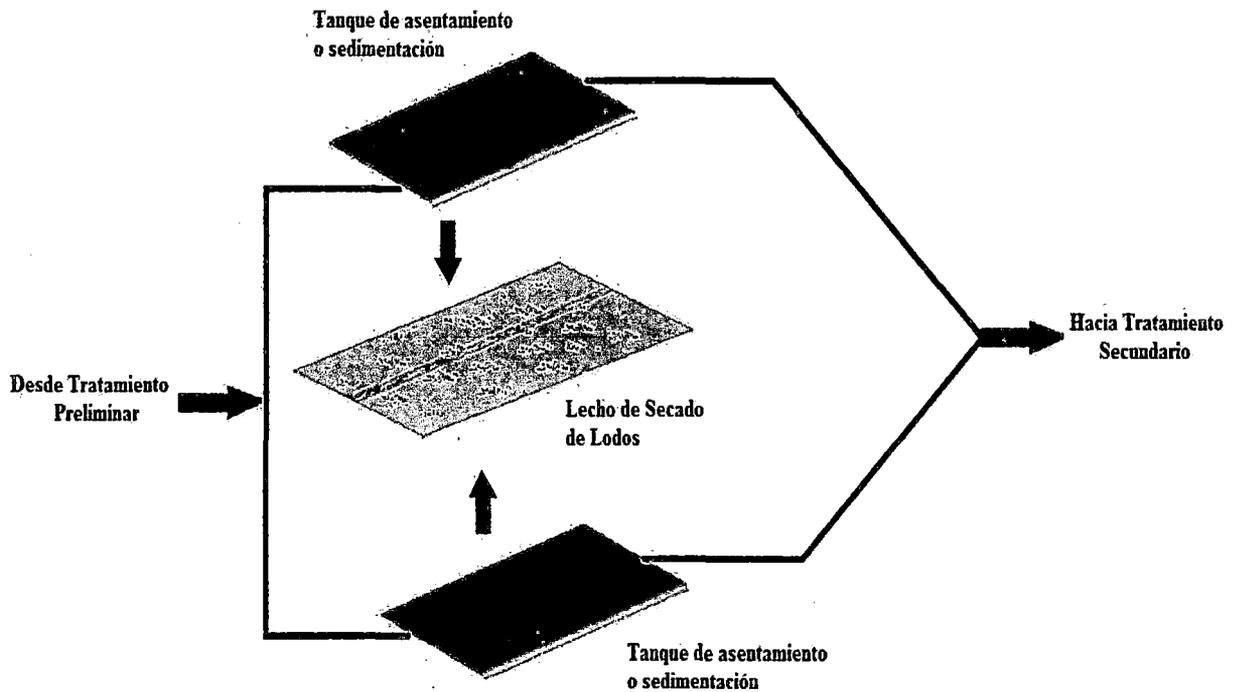
**Esquema 4.** Esquema general de la criba.



**Esquema 5.** Los desarenadores de flujo horizontal están compuestos por cuatro partes, como se muestra en la figura.

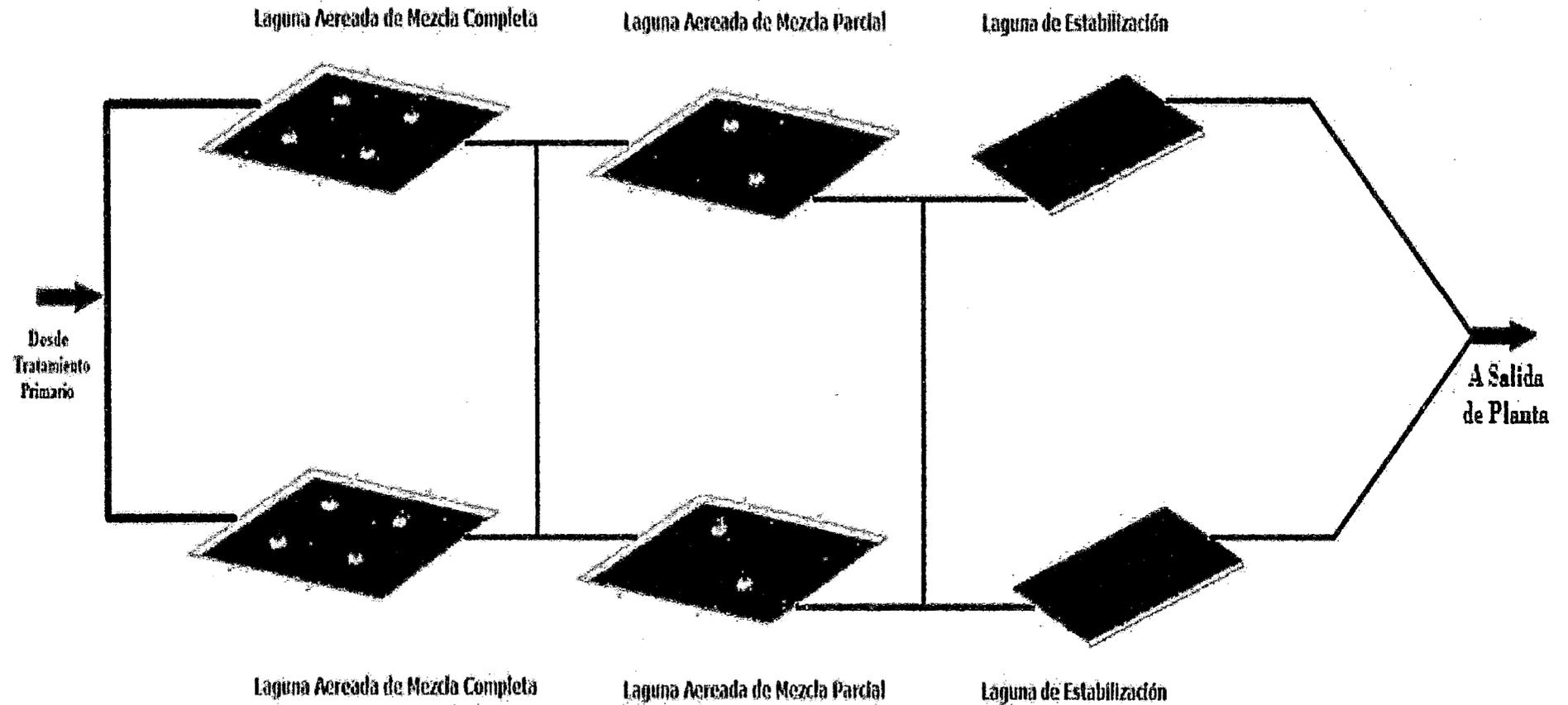


**Esquema I.6.** Tratamiento primario.



Fuente: Elaboración propia.

**Esquema 7.** Sistema de lagunas consideradas para el tratamiento secundario.



**Fuente:** Elaboración propia.

### 8.3. Matriz de Consistencia.

Título: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LOS EFLUENTES LÍQUIDOS DOMÉSTICOS DEL DISTRITO DE CHANCAY.					
Problema general	Objetivo principal	Hipótesis principal	Variables	Indicadores	Metodología
¿Cuál es el diseño adecuado de una planta de tratamiento capaz de dar tratamiento a los efluentes residuales domésticos generados en el distrito de Chancay previas a su disposición final?	Diseñar una planta de tratamiento para las aguas residuales domésticas generadas en el distrito de Chancay para su vertimiento al cuerpo receptor.	El diseño adecuado de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, permitirá que los efluentes domésticos generados en el distrito de Chancay cumplan con la normatividad vigente referida a la presencia de elementos contaminantes en dichas aguas, antes de ser vertidas al cuerpo receptor.	Variable independiente = Variable X:  Elementos contaminantes presente en las aguas residuales domésticas generadas en el distrito de Chancay.	Contaminación en puntos de vertimiento: X <sub>1</sub> : Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ). X <sub>2</sub> : Cantidad de Sólidos Totales Suspendidos (SST). X <sub>3</sub> : Nivel de aceites y grasas. X <sub>4</sub> : Cantidad de coliformes fecales.  Límites Máximos Permisibles (LMP) por elemento contaminante: X <sub>5</sub> : LMP para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ). X <sub>6</sub> : LMP para la Cantidad de Sólidos Totales Suspendidos (SST). X <sub>7</sub> : LMP para el Nivel de aceites y grasas. X <sub>8</sub> : LMP para la Cantidad de coliformes fecales.	<b>Tipo de Investigación:</b> Investigación Aplicada.  <b>Diseño de investigación:</b> No experimental que ocurre sin manipulación de variables, cuyo diseño es el transeccional.  <b>Población y muestra.</b> La población lo constituye el total de puntos de captación de aguas y de vertimientos existentes en el distrito de Chancay; pero, la muestra seleccionada de forma no probabilística e intencionada, está
Problemas específicos	Objetivos específicos				
PE <sub>1</sub> : ¿Cuál es la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ), el nivel de Sólidos Totales Suspendidos (SST), el nivel de aceites y grasas, y, el nivel de coliformes fecales presente en los efluentes líquidos	OE <sub>1</sub> : Determinar la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ), el nivel de Sólidos Totales Suspendidos (SST), el nivel de aceites y grasas, y, el nivel de coliformes fecales presente en los efluentes líquidos				

Título: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LOS EFLUENTES LÍQUIDOS DOMÉSTICOS DEL DISTRITO DE CHANCAY.					
Problema general	Objetivo principal	Hipótesis principal	Variables	Indicadores	Metodología
domésticos vertidos en la Bahía de Chancay?  PE <sub>2</sub> : ¿Qué alternativas de tratamiento son aplicables a los efluentes líquidos domésticos vertidos en la Bahía de Chancay?  PE <sub>3</sub> : ¿Cuáles son los parámetros de diseño para una planta capaz de dar tratamiento a los efluentes líquidos domésticos vertidos en la Bahía de Chancay?  PE <sub>4</sub> : ¿Qué características debe	domésticos vertidos en la Bahía de Chancay.  OE <sub>2</sub> : Seleccionar la alternativa de tratamiento que mejor se aplica a los efluentes líquidos domésticos vertidos en la Bahía de Chancay.  OE <sub>3</sub> : Determinar los parámetros de diseño para una planta capaz de dar tratamiento a los efluentes líquidos domésticos vertidos en la Bahía de Chancay.  OE <sub>4</sub> : Establecer las características que debe tener la planta de tratamiento de aguas residuales.			<b>Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para elemento contaminante:</b> X <sub>9</sub> : ECA para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ). X <sub>10</sub> : ECA para la Cantidad de Sólidos Totales Suspensos (SST). X <sub>11</sub> : ECA para el Nivel de aceites y grasas. X <sub>12</sub> : ECA para la Cantidad de coliformes fecales.	conformado por los siguientes puntos para la toma de muestras: - PTO1: Entrada del Río Chancay para tratamiento de consumo. - PTO2: Salida en primera tubería hacia la bahía de Chancay. - PTO3: Salida en segunda tubería hacia la bahía de Chancay.
			<b>Variable dependiente =</b> <b>Variable Y:</b> Diseño de una planta de tratamiento para las aguas residuales domésticas generadas en el distrito de Chancay.	<b>Parámetros de diseño para la obra de llegada:</b> Y <sub>1</sub> : Caudal máximo horario. Y <sub>2</sub> : Estructura de recepción del emisor. Y <sub>3</sub> : Dispositivo de desvío de la planta. <b>Parámetros de diseño para el tratamiento preliminar:</b> Y <sub>4</sub> : Cribas. Y <sub>5</sub> : Desarenador.	<b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos.</b> Las técnicas de recolección de datos se circunscribirán a los procedimientos para la determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ), la

**Título: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LOS EFLUENTES LÍQUIDOS DOMÉSTICOS DEL DISTRITO DE CHANCAY.**

Problema general	Objetivo principal	Hipótesis principal	Variables	Indicadores	Metodología
<p>tener la planta de tratamiento de aguas residuales?</p> <p><b>PE<sub>5</sub>:</b> ¿Cuál es la ubicación adecuada para la planta de tratamiento?</p> <p><b>PE<sub>6</sub>:</b> ¿Qué inversión será necesaria para implementar la planta de tratamiento?</p>	<p><b>OE<sub>5</sub>:</b> Localizar la ubicación adecuada para la planta de tratamiento.</p> <p><b>OE<sub>6</sub>:</b> Realizar la evaluación económica para la planta de tratamiento.</p>			<p><b>Y<sub>6</sub>:</b> Medidor y repartidor de caudal.</p> <p><b>Parámetros de diseño para el tratamiento primario:</b></p> <p><b>Y<sub>7</sub>:</b> Tanques de sedimentación.</p> <p><b>Y<sub>8</sub>:</b> Aireadores.</p> <p><b>Y<sub>9</sub>:</b> Lecho de secado de lodos.</p> <p><b>Parámetros de diseño para el tratamiento secundario:</b></p> <p><b>Y<sub>10</sub>:</b> Laguna aireada de mezcla completa.</p> <p><b>Y<sub>11</sub>:</b> Laguna aireada de mezcla parcial.</p> <p><b>Y<sub>12</sub>:</b> Laguna de estabilización.</p> <p><b>Parámetros de diseño para elementos complementarios:</b></p> <p><b>Y<sub>13</sub>:</b> Válvulas.</p> <p><b>Y<sub>14</sub>:</b> Aireadores.</p> <p><b>Y<sub>15</sub>:</b> Ambientes auxiliares.</p>	<p>cantidad de Sólidos Totales Suspendidos (SST), el nivel de aceites y grasas, y, la determinación de la cantidad de coliformes fecales.</p> <p>Los instrumentos son los correspondientes a cada uno de los procedimientos.</p>

## 8.4. Informe de Ensayo.



**DELTA  
LAB S.A.C**

**INFORME DE ENSAYO  
N° 1309003A**

**KATHERINE HUAMANI**

F-IE-01  
REVISIÓN: 01  
Fecha: 18/05/2011

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.  
Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. De La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ  
Telefax: (511) 3560230 Celular: 994198739 Nextel: 419\*8739 Email: [deltalab@infonegocio.net.pe](mailto:deltalab@infonegocio.net.pe) [www.laboratoriodeltalab.com](http://www.laboratoriodeltalab.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 1309003A**

Informe a nombre de : **KATHERINE HUAMANI**  
 Domicilio legal : Calle San Martin de Porres N° 418 - San Jose - Ate  
 Lugar del muestreo : Puerto de Chancay - Río Chancay  
 Fecha de recepción : 24/09/2013  
 Fecha de inicio del ensayo : 24/09/2013  
 Fecha de término del ensayo : 02/10/2013  
 Referencia de Plan de Muestreo : 1309002  
 Muestreo realizado por : DELTALAB S.A.C.

<b>Código de Laboratorio:</b> 1309003A-1	<b>Descripción del Cliente:</b> PTO 2	<b>Fecha de Muestreo:</b> 24/09/2013		
		<b>Tipo de muestra:</b> Agua Residual		
Referencia	Ensayo	Límite de Reporte	Resultado	Unidad
APHA 5210 B	DBO <sub>5</sub>	2	561	mg/L
APHA 2540 D	Sólidos Totales Suspendedos	2	56	mg/L
EPA 1664	Aceites y Grasas	1	20	mg/L

**Ensayo:** Descripción del Método de Referencia:  
 Demanda Bioquímica de Oxígeno: APHA-AWWA-WEF, 5210 B, 22<sup>nd</sup> Edition 2012, 5-Day BOD Test  
 Sólidos Totales Suspendedos: APHA-AWWA-WEF, 2540 D, 22<sup>nd</sup> Edition 2012, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C  
 Aceites y grasas: EPA - 821-r-98-002 Method 1664 Revisión A, 1999 N-Hexane Extractable Material (HEM: Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry

- Nota:**
- Condición y estado de la muestra ensayada: La muestra llevo refrigerada y preservada al laboratorio.
  - La muestra llegara en frascos de vidrio y polietileno.
  - La muestra se mantendrá por un periodo de 10 días luego de entregado el informe de ensayo.
  - Toda corrección o emienda física al presente informe de ensayo será emitido con la Declaración "Suplemento al informe de Ensayo"
  - Estos resultados no deben ser utilizados como certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

  
**DELTA LAB S.A.C.**  
**EDGAR NINA VELASQUEZ**  
 JEFE DE LABORATORIO DE FÍSICO QUÍMICA  
 COP N° 728

F-IE-02  
 REVISIÓN: 03  
 Fecha: 10/01/2013

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.  
 Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. De La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ  
 Telefax: (511) 3560230 Celular: 994198739 Nextel: 419\*8739 Email: deltalab@infonegocio.net.pe www.laboratoriodeltalab.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1309003A**

Informe a nombre de : **KATHERINE HUAMANI**  
 Domicilio legal : **Calle San Martín de Porres N° 418 – San José – Ate**  
 Lugar del muestreo : **Puerto de Chancay – Río Chancay**  
 Fecha de recepción : **24/09/2013**  
 Fecha de inicio del ensayo : **24/09/2013**  
 Fecha de término del ensayo : **02/10/2013**  
 Referencia de Plan de Muestreo : **1309002**  
 Muestreo realizado por : **DELTALAB S.A.C.**

<b>Código de Laboratorio:</b> 1309003A-2	<b>Descripción del Cliente:</b> PTO 3	<b>Fecha de Muestreo:</b> 24/09/2013		
		<b>Tipo de muestra:</b> Agua Residual		
Referencia	Ensayo	Límite de Reporte	Resultado	Unidad
APHA 5210 B	DBO <sub>5</sub>	2	477	mg/L
APHA 2540 D	Sólidos Totales Suspensos	2	60	mg/L
EPA 1664	Aceites y Grasas	1	22	mg/L

**Ensayo:** Descripción del Método de Referencia:  
 Demanda Bioquímica de Oxígeno: APHA-AWWA-WEF. 5210 B. 22<sup>nd</sup> Edition 2012. 5-Day BOD Test  
 Sólidos Totales Suspensos: APHA-AWWA-WEF. 2540 D. 22<sup>nd</sup> Edition 2012. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.  
 Aceites y grasas: EPA – 821-r-98-002 Method 1664 Revision A: 1999 N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry

- Nota:**
- Condición y estado de la muestra ensayada: La muestra llegó refrigerada y preservada al laboratorio.
  - La muestra llegó en frascos de vidrio y polietileno.
  - La muestra se mantendrá por un periodo de 10 días luego de entregado el informe de ensayo.
  - Toda corrección o emienda hasta al presente informe de ensayo será emitido con la Declaración "Suplemento al Informe de Ensayo"
  - Estos resultados no deben ser utilizados como certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**DELTA LAB S.A.C.**  
  
**EDGAR NINA VELASQUEZ**  
 JEFE DE LABORATORIO DE FÍSICO QUÍMICA  
 COP N° 729

F-IE-02  
 REVISIÓN: 03  
 Fecha: 10/01/2013

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.  
 Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. De La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ  
 Telefax: (511) 3560230 Celular: 994198739 Nextel: 419\*8739 Email: deltalab@infonegocio.net.pe www.laboratoriodeltalab.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1309003A**

Informe a nombre de : KATHERINE HUAMANI  
 Domicilio legal : Calle San Martín de Porres N° 418 – San José – Ate.  
 Lugar del muestreo : Puerto de Chancay – Río Chancay  
 Fecha de recepción : 24/09/2013  
 Fecha de inicio del ensayo : 24/09/2013  
 Fecha de término del ensayo : 02/10/2013  
 Referencia de Plan de Muestreo : 1309002  
 Muestreo realizado por : DELTALAB S.A.C.

<b>Código de Laboratorio:</b> 1309003A-3	<b>Descripción del Cliente:</b> PTO 1	<b>Fecha de Muestreo:</b> 24/09/2013			
		<b>Tipo de muestra:</b> Agua Superficial			
Referencia	Ensayo	Límite de Reporte	Resultado	Unidad.	
APHA 5210 B	DBO <sub>5</sub>	2	5	mg/L	
APHA 2540 D	Sólidos Totales Suspendedos	2	8	mg/L	
EPA 1664	Aceites y Grasas	1	1	mg/L	

Ensayo: Descripción del Método de Referencia:  
 Demanda Bioquímica de Oxígeno: APHA-AWWA-WEF. 5210 B. 22<sup>da</sup> Edición 2012. 5-Day BOD Test  
 Sólidos Totales Suspendedos: APHA-AWWA-WEF. 2540 D. 22<sup>da</sup> Edición 2012. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C  
 Aceites y grasas: EPA – 821-r-98-002 Method 1664 Revision A: 1999 N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry

- Nota:
- Condición y estado de la muestra ensayada: La muestra llegó refrigerada y preservada al laboratorio.
  - La muestra llegó en frascos de vidrio y polietileno.
  - La muestra se mantendrá por un periodo de 10 días luego de entregado el informe de ensayo.
  - Todo corrección o omisión física al presente informe de ensayo será emitido con la Declaración "Suplemento al Informe de Ensayo"
  - Estos resultados no deben ser utilizados como certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

  
**DELTA LAB S.A.C.**  
 EDGAR NINA VELÁSQUEZ  
 JEFE DE LABORATORIO DE FÍSICO QUÍMICA  
 CQP N° 729

F-IE-01  
 REVISIÓN: 03  
 Fecha: 10/01/2013

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.  
 Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. De La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ  
 Telefax: (511) 3560230 Celular: 994198739 Nextel: 419\*8739 Email: deltalab@infonegocio.net.pe www.laboratoriodeltalab.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1309003A**

Informe a nombre de : **KATHERINE HUAMANI**  
 Domicilio legal : **Calle San Martín de Porres N° 418 – San José – Ate**  
 Lugar del muestreo : **Puerto de Chancay – Río Chancay**  
 Fecha de recepción : **24/09/2013**  
 Fecha de inicio del ensayo : **24/09/2013**  
 Fecha de término del ensayo : **02/10/2013**  
 Referencia de Plan de Muestreo : **1309002**  
 Muestreo realizado por : **DELTALAB S.A.C.**

<b>Código de Laboratorio:</b> 1309003A-1	<b>Descripción:</b> PTO 2	<b>Fecha de Muestreo:</b> 24/09/2013		
		<b>Tipo de muestra:</b> Agua Residual		
<b>Método de Referencia</b>	<b>Análisis</b>	<b>Límite de Reporte</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidad</b>
APIA 9221 E1	Coliformes fecales	1,8	>16x10 <sup>4</sup>	NMP/100 mL

Ensayo: Descripción del Método de Referencia:

Coliformes fecales (NMP): APIA-AWWA-WEF 22<sup>nd</sup> Edition 2012 Part 9221.E-1 – Fecal Coliform Procedure.

**Nota:**

- Condición y estado de la muestra ensayada: La muestra llegó refrigerada al laboratorio.
- La muestra llegó en frascos de vidrio esterilizado.
- La muestra se mantendrá por un periodo de 10 días luego entregado el informe de ensayo.
- Toda corrección o emienda física al presente informe de ensayo será emitido con la Declaración "Suplemento al Informe de Ensayo".
- Estos resultados no deben ser utilizados como certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**DELTA LAB S.A.C.**  
  
**KETY NOELIA LEON PALOMIN**  
 JEFE DE LAB DE HIDROBIOLOGIA Y MICROBIOLOGIA  
 CBP N° 8592

F-JE-02  
 REVISIÓN: 03  
 Fecha: 10/01/2013

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.  
 Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. De La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ  
 Telefax: (511) 3560230 Celular: 994198739 Nextel: 419\*8739 Email: deltalab@infonegocio.net.pe www.laboratoriodeltalab.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1309003A**

Informe a nombre de : **KATHERINE HUAMANI**  
 Domicilio legal : **Calle San Martín de Porres N° 418 – San José – Ate**  
 Lugar del muestreo : **Puerto de Chancay – Río Chancay**  
 Fecha de recepción : **24/09/2013**  
 Fecha de inicio del ensayo : **24/09/2013**  
 Fecha de término del ensayo : **02/10/2013**  
 Referencia de Plan de Muestreo : **1309002**  
 Muestreo realizado por : **DELTALAB S.A.C.**

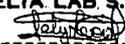
<b>Código de Laboratorio:</b> 1309003A-2	<b>Descripción:</b> PJO 1	<b>Fecha de Muestras:</b> 24/09/2013		
		<b>Tipo de muestra:</b> Agua Residual		
<b>Método de Referencia</b>	<b>Análisis</b>	<b>Límite de Reporte</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidad</b>
APHA 9221 E1	Coliformes fecales	1,8	>16x10 <sup>6</sup>	NMP/100 ml.

Ensayo: Descripción del Método de Referencia:

Coliformes fecales (NMP): APHA-AWWA-WEF 22<sup>nd</sup> Edition 2012 Part 9221.E-1 – Fecal Coliform Procedure.

**Nota:**

- Condición y estado de la muestra ensayada: La muestra llegó refrigerada al laboratorio.
- La muestra llegó en frascos de vidrio esterilizado.
- La muestra se mantendrá por un período de 10 días luego entregado el informe de ensayo.
- Toda corrección o emienda física al presente informe de ensayo será emitido con la Declaración "Suplemento al Informe de Ensayo".
- Estos resultados no deben ser utilizados como certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**DELTA LAB S.A.C.**  
  
**KETY NOELIA LEÓN PALOMINO**  
 JEFE DE LAB. DE HIDROLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA  
 CBP N° 8592

F-IE-02  
 REVISIÓN: 03  
 Fecha: 10/01/2013

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.  
 Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. De La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ  
 Telefax: (511) 3560230 Celular: 994198739 Nextel: 419\*8739 Email: dcltalab@infonegocio.net.pe www.laboratoriodeltalab.com



**INFORME DE ENSAYO N° 1309003A**

Informe a nombre de : **KATHERINE HUAMANI**  
 Domicilio legal : **Calle San Martin de Porres N° 418 - San Jose - Ate**  
 Lugar del muestreo : **Puerto de Chancay - Rio Chancay**  
 Fecha de recepción : **24/09/2013**  
 Fecha de inicio del ensayo : **24/09/2013**  
 Fecha de término del ensayo : **02/10/2013**  
 Referencia de Plan de Muestreo : **1309002**  
 Muestreo realizado por : **DELTALAB S.A.C.**

<b>Código de Laboratorio:</b> 1309003A-3	<b>Descripción:</b> PTO 1	<b>Fecha de Muestreo:</b> 24/09/2013		
		<b>Tipo de muestra:</b> Agua Superficial		
<b>Método de Referencia</b>	<b>Análisis</b>	<b>Límite de Reporte</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidad</b>
APHA 9221 E1	Coliformes fecales	1,8	>16x10 <sup>5</sup>	NMP/100 mL

**Ensayo:** Descripción del Método de Referencia:  
 Coliformes fecales (NMP): APHA-AWWA-WEF 22<sup>nd</sup> Edition 2012 Part 9221.E-1 - Fecal Coliform Procedure.

- Nota:**
- Condición y estado de la muestra ensayada: La muestra llegó refrigerada al laboratorio.
  - La muestra llegó en frascos de vidrio esterilizado.
  - La muestra se mantendrá por un periodo de 10 días luego entregado el informe de ensayo.
  - Toda corrección o errata física al presente informe de ensayo será emitido con la Declaración "Suplemento al informe de Ensayo".
  - Estos resultados no deben ser utilizados como certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**DELTA LAB S.A.C.**  
  
**KETY NOELIA LEON PALOMIN**  
 ASPE DE LAB. DE MICROBIOLOGIA Y QUIMIA  
 C.B.P. N° 8388

F-IE-02  
 REVISIÓN: 03  
 Fecha: 10/01/2013

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.  
 Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.  
 Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. De La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ  
 Telefax: (511) 3560230 Celular: 994198739 Nextel: 419\*8739 Email: deltalab@infonegocio.net.pe www.laboratoriodeltalab.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1309003A**

Informe a nombre de : **KATHERINE HUAMANI**  
 Domicilio legal : **Calle San Martín de Porres N° 418 – San José – Ate**  
 Lugar del muestreo : **Puerto de Chancay – Río Chancay**  
 Fecha de recepción : **24/09/2013**  
 Fecha de inicio del ensayo : **24/09/2013**  
 Fecha de término del ensayo : **02/10/2013**  
 Referencia de Plan de Muestreo : **1309002**  
 Muestreo realizado por : **DELTA LAB S.A.C.**

**CONTROL DE CALIDAD  
 DUPLICADOS**

Fecha de Muestreo: 24/09/2013  
 Tipo de muestra: Agua Residual

Código de laboratorio	Referencia	Ensayo	Límite de Reparte	Resultado		Rango (%)	%RPD	Unidad
				Original	Duplicado			
1309003A-2	APHA 5210 B	DBO <sub>5</sub>	2	543	543	≤20	0	mg/L
1309003A-2	APHA 2540 D	Sólidos Totales Suspendedos	2	60	60	≤20	0	mg/L
1309003A	EPA 1664	Aceites y Grasas	1	48,2	49,6	≤20	2,8	mg/L

Ensayo: Descripción del Método de Referencia:  
 Demanda Bioquímica de Oxígeno: APHA-AWWA-WEF. 5210 B. 22<sup>nd</sup> Edición 2012. 5-Day BOD Test  
 Sólidos Totales Suspendedos: APHA-AWWA-WEF. 2540 D. 22<sup>nd</sup> Edición 2012. Total Suspended Solids Dried at 103-103°C.  
 Aceites y grasas: EPA - 821-r-98-002 Method 1664 Revision B: 2010 N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry

Nota:

- RPD: Diferencia porcentual relativa

**DELTA LAB S.A.C.**  
  
**EDGAR NINA VELÁSQUEZ**  
 JEFE DE LABORATORIO DE FÍSICO QUÍMICA  
 CQP N° 729

F-1E-18  
 REVISIÓN: 03  
 Fecha: 10/01/2013

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.  
 Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. De La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ  
 Telefax: (511) 3560230 Celular: 994198739 Nextel: 419\*8739 Email: deltalab@infonegocio.net.pe www.laboratoriodeltalab.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1309003A**

Informe a nombre de : **KATHERINE HUAMANI**  
 Domicilio legal : **Calle San Martín de Porres N° 418 - San José - Ate**  
 Lugar del muestreo : **Puerto de Chancay - Río Chancay**  
 Fecha de recepción : **24/09/2013**  
 Fecha de inicio del ensayo : **24/09/2013**  
 Fecha de término del ensayo : **02/10/2013**  
 Referencia de Plan de Muestreo : **1309002**  
 Muestreo realizado por : **DELTA LAB S.A.C.**

**CONTROL DE CALIDAD  
 DUPLICADOS**

Fecha de Muestreo: 24/09/2013  
 Tipo de muestra: Agua Superficial

Código de Laboratorio	Referencia	Ensayo	Límite de Reporte	Resultado		Rango (%)	%RPD	Unidad
				Original	Duplicado			
1309003A-3	APHA 5210 B	DBO <sub>5</sub>	2	4,8	4,8	≤20	0	mg/L
1309003A-3	APHA 2540 D	Sólidos Totales Suspendedos	2	8	8	≤20	0	mg/L
1309003A	EPA 1664	Aceites y Grasas	1	3,8	3,8	≤20	0	mg/l.

Ensayo: Descripción del Método de Referencia:  
 Demanda Bioquímica de Oxígeno: APHA-AWWA-WEF, 5210 B, 22<sup>nd</sup> Edition 2012, 5-Day BOD Test  
 Sólidos Totales Suspendedos: APHA-AWWA-WEF, 2540 D, 22<sup>nd</sup> Edition 2012, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.  
 Aceites y grasas: EPA - 821-r-98-002 Method 1664 Revision B: 2010 N-Hexane Extractable Material (HEM: Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM: Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry

Nota:

- RPD: Diferencia porcentual relativa

  
**DELTA LAB S.A.C.**  
**EDGAR NINA VELÁSQUEZ**  
 JEFE DE LABORATORIO DE FÍSICO QUÍMICA  
 CQP N° 729

F-1E-18  
 REVISIÓN: 03  
 Fecha: 10/01/2013

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.  
 Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. De La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ  
 Telefax: (511) 3560230 Celular: 994198739 Nextel: 419\*8739 Email: deltalab@infonegocio.net.pe www.laboratoriodeltalab.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1309003A**

Informe a nombre de : KATHERINE HUAMANI  
 Domicilio legal : Calle San Martín de Porres N° 418 – San José – Ate  
 Lugar del muestreo : Puerto de Chancay – Río Chancay  
 Fecha de recepción : 24/09/2013  
 Fecha de inicio del ensayo : 24/09/2013  
 Fecha de término del ensayo : 02/10/2013  
 Referencia de Plan de Muestreo : 1309002  
 Muestreo realizado por : DELTALAB S.A.C.

**CONTROL DE CALIDAD  
 BLANCOS FORTIFICADOS**

Fecha de Muestreo: 24/09/2013  
 Tipo de muestra: Agua residual

Código de laboratorio	Referencia	Ensayo	Concentración del Blanco Fortificado Experimental (mg/L)	Concentración del Blanco Fortificado (mg/L)	Rango (%)	Recuperación (%)	Unidad
1309003A	APHA 5210 B	DBO <sub>5</sub>	198	212	85-115	106,8	mg/L
1309003A	APHA 2540 D	Sólidos Totales Suspendedos	250	248	80-120	99,2	mg/L
1309003A	EPA 1664	Aceites y Grasas	50	48,2	80-120	96,4	mg/L

**Ensayo: Descripción del Método de Referencia:**

Demanda Biológica de Oxígeno: APHA-AWWA-WEF. 5210 B. 22<sup>nd</sup> Edition 2012. 5-Day BOD Test

Sólidos Totales Suspendedos: APHA-AWWA-WEF. 2540 D. 22<sup>nd</sup> Edition 2012. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.

Aceites y grasas: EPA - 821-e-98-002 Method 1664 Revision B: 2010 N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry



**DELTA LAB S.A.C.**  
 EDGAR NINA VELASQUEZ  
 JEFE DE LABORATORIO DE FÍSICO QUÍMICA  
 CQP N° 723

F-IE-19  
 REVISIÓN: 01  
 Fecha: 27/08/2012

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.  
 Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. De La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ  
 Telefax: (511) 3560230 Celular: 994198739 Nextel: 419\*8739 Email: deltalab@infonegocio.net.pe www.laboratoriodeltalab.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1309003A**

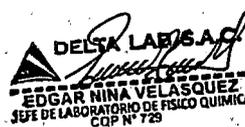
Informe a nombre de : KATHERINE HUAMANI  
 Domicilio legal : Calle San Martín de Porres N° 418 – San José – Ate  
 Lugar del muestreo : Puerto de Chancay – Río Chancay  
 Fecha de recepción : 24/09/2013  
 Fecha de inicio del ensayo : 24/09/2013  
 Fecha de término del ensayo : 02/10/2013  
 Referencia de Plan de Muestreo : 1309002  
 Muestreo realizado por : DELTALAB S.A.C.

**CONTROL DE CALIDAD  
 BLANCOS FORTIFICADOS**

Fecha de Muestreo: 24/09/2013  
 Tipo de muestra: Agua Superficial

Código de laboratorio	Referencia	Ensayo	Concentración del Blanco Fortificado Experimental (mg/L)	Concentración del Blanco Fortificado (mg/L)	Rango (%)	Recuperación (%)	Unidad
1309003A	APHA 5210 B	DBO <sub>5</sub>	198	211,5	85-115	106,8	mg/L
1309003A	APHA 2540 D	Sólidos Totales Suspendedos	100	96	80-120	96	mg/L
1309003A	EPA 1664	Accites y Grasas	4	3,8	80-120	95,0	mg/L

Ensayo: Descripción del Método de Referencia:  
 Demanda Bioquímica de Oxígeno: APHA-AWWA-WEF, 5210 B, 22<sup>nd</sup> Edition 2012, 5-Day BOD Test  
 Sólidos Totales Suspendedos: APHA-AWWA-WEF, 2540 D, 22<sup>nd</sup> Edition 2012, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.  
 Aceites y grasas: EPA - 821-e-98-002 Method 1664 Revision B: 2010 N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry



DELTA LAB S.A.C.  
 EDGAR NINA VELASQUEZ  
 JEFE DE LABORATORIO DE FISICO QUIMICA  
 COP N° 729

F-IE-19  
 REVISIÓN: 01  
 Fecha: 27/08/2012

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.  
 Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. De La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ  
 Telefax: (511) 3560230 Celular: 994198739 Nextel: 419\*8739 Email: deltalab@infonegocio.net.pe www.laboratoriodeltalab.com



**INFORME DE ENSAYO N° 1309003A**

Informe o nombre de : **KATHERINE HUAMANI**  
 Domicilio legal : **Calte San Martín de Porres N° 418 – San José – Ate**  
 Lugar del muestreo : **Puerto de Chancay – Río Chancay**  
 Fecha de recepción : **24/09/2013**  
 Fecha de inicio del ensayo : **24/09/2013**  
 Fecha de término del ensayo : **02/10/2013**  
 Referencia de Plan de Muestreo : **1309002**  
 Muestreo realizado por : **DELTA LAB S.A.C.**

**CONTROL DE CALIDAD  
BLANCOS**

Referencia	Ensayo	Blanco		Conforme	
		Gus	Turbidez	Si	No
APIA 9221 E1	Coliformes fecales			X	

Ensayo: Descripción del Método de Referencia:

Coliformes fecales (NSF): APHA-AWWA-WEF 22<sup>nd</sup> Edition 2012 Part 9221.E-1 – Fecal Coliform Procedure.

**DELTA LAB S.A.C.**  
  
**KETY NOELIA LEON PALOMINO**  
 JEFE DE LAB. DE HIDROBIOLOGIA  
 C.B.P. N° 8554

F-IE-21  
REVISIÓN: 01  
Fecha: 27/09/2012

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.  
Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. De La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ  
 Telefax: (511) 3560230 Celular: 994198739 Nextel: 419\*8739 Email: deltalab@infonegocio.net.pe www.laboratoriodeltalab.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1309003A**

Informe a nombre de : **KATHERINE HUAMANI**  
 Domicilio legal : **Calle San Martín de Porres N° 418 – San José – Ate**  
 Lugar del muestreo : **Puerto de Chancay – Río Chancay**  
 Fecha de recepción : **24/09/2013**  
 Fecha de inicio del ensayo : **24/09/2013**  
 Fecha de término del ensayo : **02/10/2013**  
 Referencia de Plan de Muestreo : **1309002**  
 Muestreo realizado por : **DELTA LAB S.A.C.**

**CONTROL DE CALIDAD**
**Ensayo: Coliformes fecales**

Medios de Cultivo	Cepas de Control	
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Enterobacter aerogenes</i>
EC medium	+	-

Ensayo: Descripción del Método de Referencia:  
 Coliformes fecales (N.M.P): **APHA-AWWA-WEF 22<sup>nd</sup> Edición 2012 Part 921.E-1 – Focal Coliform Procedure.**

Fin del Documento

Lima, 02 de Octubre del 2013



**DELTA LAB S.A.C.**  
**KETY NOELIA LEÓN PALOMINO**  
 JEFE DE LAB DE MICROBIOLOGÍA Y MUESTRAS  
 CSP N° 6592

F-IE-20  
 REVISIÓN: 01  
 Fecha: 27/08/2012

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.  
 Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. De La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ  
 Telefax: (511) 3560230 Celular: 994198739 Nextel: 419\*8739 Email: [deltalab@infonegocio.net.pe](mailto:deltalab@infonegocio.net.pe) [www.laboratoriodeltalab.com](http://www.laboratoriodeltalab.com)

## **8.5. Guía para la Toma de Muestras.**

### **I. OBJETIVO**

Orientar la recolección de información para iniciar el “Diseño de una Planta de Tratamiento para los Efluentes Líquidos Domésticos del Distrito de Chancay”; basado en la cuantificación y verificación de si los efluentes domésticos cumplen con los LMP establecidos por el sector referencial (pesquería).

### **II. MATERIALES**

Se recomienda confeccionar una lista de equipos, materiales, reactivos, hojas de datos de campo, formularios, etc., los que serán llevados al campo. En dicha lista se puede incluir:

- Envases para las muestras.
- Envases para el blanco.
- Algunos envases adicionales en caso de ruptura o muestras duplicadas.
- Etiquetas y plumones indelebles.
- Formatos de registro de muestreo.
- Termómetro.
- Botellas de plástico.
- Wincha
- Sistema de refrigeración (caja térmica con hielo).
- Medidores de campo de pH, oxígeno disuelto (Opcional para el caso de la presente tesis).
- Cronómetro (Opcional).
- Sistema de Posición Geográfica (GPS).
- Accesorios, tales como (Dependiendo de la forma de acceso a los puntos de monitoreo): toalla, papel absorbente, gancho para levantar tapas de registro, martillo, y soguilla, lastres, bolsas de plástico, linterna, baterías, cinta engomada, etc.

- Ropa de protección, como: mandiles, guantes, botas, mascarilla, lentes, correas y cascos (las que consideren necesarios).
- Cronograma de muestreo.

### **III. PROCEDIMIENTO**

#### **3.1. Preparación de muestras "blanco"**

Antes de salir al campo se debe seleccionar el 10 % de cada tipo de botella. Esta selección será utilizada como "blancos de botella". Estas botellas deben llenarse con agua destilada y preservarse de manera similar a las muestras de campo, almacenándose hasta que sean entregadas al laboratorio, junto con las otras muestras, para análisis. No deben existir restos orgánicos o inorgánicos detectables. Los resultados indicarán si existe contaminación dentro de las botellas. El pH y oxígeno disuelto, deben mantenerse en niveles propios del agua destilada.

#### **3.2. Frecuencia**

La frecuencia de monitoreo de los parámetros de los efluentes líquidos domésticos se presenta en la Tabla 1. Se realizará un mínimo de 3 muestreos. Se asume como premisa que:

- Las actividades domésticas tienen una duración de 12 horas, se inician a las 8 am y finalizan a las 8 pm (en razón de ello no hay distinción temporal o estacional).
- Las actividades domésticas se realizan de forma casi homogénea y simultánea (Las actividades domésticas están relacionadas, principalmente, con la preparación de alimentos, el aseo personal, la limpieza de los muebles e inmuebles, la limpieza de los artefactos y maquinarias consideradas como de uso doméstico, las deposiciones biológicas, etc.).
- Las actividades domésticas son cambiantes a lo largo del día, luego, los muestreos no dependen del día elegido para tal cometido, sino de la hora del día elegido para el muestreo.

**Tabla 1. Frecuencia de muestreo.**

LUGAR (REF. DEL PUNTO DE MONITOREO)	FECHA	HORA	OBSERVACIONES
PTO 1 (salida de efluentes domésticos) – Colector N°1	27/08/2012	08:00	Presencia de residuos domésticos
PTO 2 (salida de efluentes domésticos) – Colector N°2	27/08/2012	12:00	Fuertes olores putrefactos (presencia de heces)

**Tabla III.2. Medición de Caudal**

PTO 1					
Hora	lunes	martes	viernes	sábado	domingo
09:00	0.24948	0.23562	0.26334	0.33264	0.30492
12:00	0.23562	0.22176	0.38808	0.2079	0.33264
16:00	0.25872	0.44352	0.40656	0.29568	0.44352
PTO 2					
Hora	lunes	martes	viernes	sábado	domingo
10:00	0.04752	0.04488	0.05016	0.06336	0.05808
13:00	0.05049	0.04752	0.08316	0.04455	0.07128
18:00	0.06006	0.10296	0.09438	0.06864	0.10296

Fuente: Elaboración Propia.

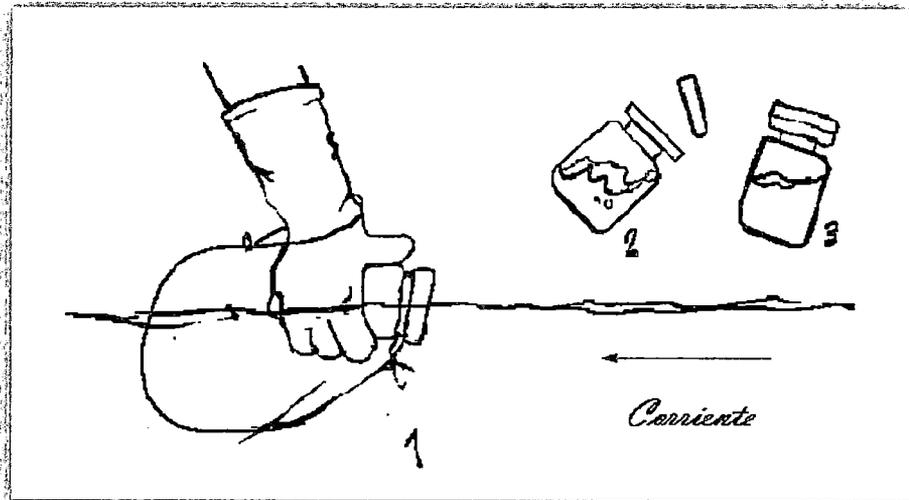
### 3.3. Selección de las estaciones de monitoreo

Los puntos de muestreo son:

- PTO 1: Salida en uno de los desagües general en el puerto de Chancay. (Colector N°1).
- PTO 2: Salida en otro desagüe general en la bahía de Chancay. (Colector N°2).

### 3.4. Recolección de la muestra

Dado que las muestras se recolectaron por los investigadores responsables, las mismas se tomaron en frascos teniendo en cuenta de NO enjuagar el frasco en la corriente principal de la descarga. Se sumerge el frasco, y se llena hasta aproximadamente  $\frac{3}{4}$  partes del volumen, o hasta la marca de un litro cuidando que quede un espacio vacío, para permitir la fijación de la muestra y para evitar que la “nata” se adhiera a la tapa del frasco. Esquemáticamente el procedimiento general se presenta en la figura siguiente:



Una vez tomada la muestra, se llena la correspondiente acta de muestreo indicando:

- Cantidad de muestra.
- Número de muestra.
- Características de la muestra.
- Dirección del punto de monitoreo.
- Propietario(a) del mismo.
- Hora de muestreo.
- Hora de remisión al laboratorio.
- Nombre y firma del responsable.

### 3.5. Manipulación y preservación de muestras

**Demanda Bioquímica de Oxígeno al quinto día (DBO<sub>5</sub>):** Por razones técnicas la primera submuestra obtenida, de cada muestra compuesta será para el análisis de DBO<sub>5</sub>, para lo cual se utilizará un frasco de plástico o de vidrio esterilizado. El volumen de la muestra estará en función de la concentración del efluente, el cual puede variar de 250 a 500 mL según sea el caso. La muestra será refrigerada (4°C) hasta su análisis (Ver: tabla 2).

**Sólidos Suspendidos Totales (SST):** La muestra compuesta, colectada del efluente, se recepcionará en frascos de plástico de 500ml y se preservará según lo indicado en la Tabla 2 hasta su análisis.

**Aceites y Grasas:** La muestra compuesta, colectada se recepcionará en frascos de vidrio de 500 ml, agregándole inmediatamente 2,5 mL de ácido clorhídrico (HCl, 1:1) o también ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 1:1) por 0,5 L de muestra colectada. Se homogenizará bien la muestra y se mantendrá en refrigeración hasta su análisis según lo señalado en la Tabla 2.

**Coliformes fecales:** Debido a que las aguas residuales son de composición variada provenientes de descargas de diversos usos considerados como domésticos, los cuales contienen diferentes tipos de microorganismos contaminantes y las diferentes concentraciones, dependiendo de su fuente; la determinación de la presencia de coliformes fecales en el efluente domestico se realizará por el método del Número Más Probable (NMP); la muestra se recogerá de forma similar al de los otros parámetros, consecuentemente se tratara de forma similar a los requerimientos para el muestreo de agua residual presentado en la Tabla 2 (Preferentemente al DBO<sub>5</sub>).

**Tabla 2.** Requerimientos para el muestreo de agua residual.

PARAMETRO	VOLUMEN REQUERIDO	ENVASE TIPO	PRESERVACION	TIEMPO MAXIMO DE CONSERVACION
Temperatura	—————	A/B	—————	Análisis <i>in situ</i>
DBO <sub>5</sub>	250-500 mL	A / B	Refrigerado a 4 °C	24 horas
pH	120 mL	A	Refrigerado a 4 °C (1)	Análisis <i>in situ</i>
Sólidos suspendidos totales	500 mL	A	Refrigerado a ≤ 4 °C	72 horas
Aceites y grasas	500 mL	C	HCl (1:1) pH < 2 2,5 mL/0,5L muestra Refrigerado a 4 °C (2)	72 horas

A: Frascos de plástico con boca ancha.

B: Frascos de vidrio con boca ancha.

C: Frasco de vidrio ámbar con boca ancha.

(1): Cuando no se ha podido hacer la determinación *in situ*.

(2): Se puede usar el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en la misma concentración de HCl.

## 8.6. Tablas de la Evaluación Económica de la Propuesta

**Tabla N° III. 3: Costo de inversión de algunas plantas de tratamiento de Lima**

TECNOLOGÍA / PLANTA	CAUDAL TRATADOS (L/S)	POBLACIÓN DE APOORTE	INVERSIÓN (US\$)	COSTO INV. (US\$/ HAB)
Lagunas aireadas	497,00	193,427	37,000,000	191
San Juan de Miraflores	424,00	165,016	30,000,000	182
Huáscar	73,00	28411	7,000,000	246

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° III. 4: Relación beneficio/costo del agua residual tratada en algunas plantas de Lima**

TECNOLOGÍA / PLANTA	COSTO DE TRATAMIENTO (US\$/ M <sup>3</sup> )	PRECIO (US\$/ M2)	RELACIÓN B/C	UTILIDAD POTENCIAL (US\$/ AÑO)
Lagunas aireadas	0,05	0,16	3,22	
San Juan de Miraflores	0,05	0,16	3,34	1,499,402
Huáscar	0,06	0,16	2,63	228,340

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° III.5: Evaluación de los beneficios económicos de la planta de tratamiento propuesto**

	Costos Totales (US\$)	Beneficios Totales (US\$)	Factor de Actualización 10%	Costos Actualizados (US\$)	Beneficios Actualizados (US\$)
Año 0	22929577		1,00	22929577	
Año 1	483380	1070713	0,91	439392,42	973278,12
Año 2	483380	1070713	0,83	399271,88	884408,94
Año 3	483380	1070713	0,75	363018,38	804105,46
Año 4	483380	1070713	0,91	439392,42	973278,12
Año 5	483380	1070713	0,83	399271,88	884408,94
Año 6	483380	1070713	0,75	363018,38	804105,46
Año 7	483380	1070713	0,77	370011,28	819595,11
Año 8	483380	1070713	0,75	361282,82	800261,09
Año 9	483380	1070713	0,73	352554,35	780927,08
Año 10	483380	1070713	0,71	343825,89	761593,06
Año 11	483380	1070713	0,69	335097,43	742259,04
Año 12	483380	1070713	0,68	326368,97	722925,02
Año 13	483380	1070713	0,66	317640,51	703591,01
Año 14	483380	1070713	0,64	308912,05	684256,99
Año 15	483380	1070713	0,62	300183,58	664922,97
Año 16	483380	1070713	0,60	291455,12	645588,95
Año 17	483380	1070713	0,58	282726,66	626254,94
Año 18	483380	1070713	0,57	273998,20	606920,92

	<b>Costos Totales (US\$)</b>	<b>Beneficios Totales (US\$)</b>	<b>Factor de Actualización 10%</b>	<b>Costos Actualizados (US\$)</b>	<b>Beneficios Actualizados (US\$)</b>
<b>Año 19</b>	483380	1070713	0,55	265269,74	587586,90
<b>Año 20</b>	483380	1070713	0,53	256541,28	568252,88
<b>Año 21</b>	483380	1070713	0,51	247812,81	548918,86
<b>Año 22</b>	483380	1070713	0,49	239084,35	529584,85
<b>Año 23</b>	483380	1070713	0,48	230355,89	510250,83
<b>Año 24</b>	483380	1070713	0,46	221627,43	490916,81
<b>Año 25</b>	483380	1070713	0,44	212898,97	471582,79
<b>Total</b>	<b>35014077</b>	<b>26767825,00</b>		<b>30870589,68</b>	<b>17589775,14</b>

Fuente: Elaboración propia

**8.7. Reporte de avance en la elaboración de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) a Setiembre de 2010.**

ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA)			Formulación de propuesta	Consulta publica	proceso de revisión y opinión de sectores	Propuesta final	Aprobado
AIRE	Dióxido de azufre, Benceno, Hidrocarburos totales de Petróleo, Material Particulado (PM 10 y PM 2.5), Sulfuro de Hidrogeno, Monóxido de Carbono, Dióxido de Nitrógeno, Ozono, Plomo, otros.	Reglamento para la implementación de los estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire.					
	Cadmio ,Arsénico , Antimonio, Bismuto y Talio	Propuesta de ECA para Aire.					
RUIDO	Decibelios	Revisión del estándar de calidad Ambiental (ECA) para ruido					
AGUA	Varios parámetros físicos químicos, orgánicos, inorgánicos y biológicos entre otros.	Reglamento para la implementación de los ECA para agua se aprobaron mediante decreto supremo N°023-2009 MINAM, las disposiciones complementarias para la aplicación de ECA para agua.					
SUELO	Varios parámetros físicos químicos, orgánicos, inorgánicos y biológicos entre otros	Elaboración de propuesta ECA para suelo.					
		Reglamento para la implementación de los ECA para suelo.					

**8.8. Reporte de avance en la elaboración de los Límites Máximos Permisibles (LMP) a Setiembre de 2010.**

SECTOR	LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP)	Formulación de propuesta	Consulta pública	En proceso de revisión	Opinión del sector competente	Propuesta final	Aprobado
<b>MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS</b>	EMISIONES	Gases vapores y partículas de las actividades de hidrocarburos					
		Actividades de generación, transmisión y distribución eléctrica					
		Actividades minero metalúrgicas					
	EFLUENTES	Actividades minero metalúrgicas					
	RUIDO	Actividades de hidrocarburos					
<b>MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES</b>	RUIDO	Fuentes móviles (vehículos mayores y menores. Ferrocarriles)					
		Actividad aeroportuaria					
		Actividades de telecomunicaciones					
<b>MINISTERIO DE CONSTRUCCION VIVIENDA Y SANAMIENTO</b>	EFLUENTES	Planta de tratamiento de Efluentes Líquidos de Efluentes Domesticas					
	RUIDO	Actividades de construcción y edificación. (adicional al Plan de ECA y LMP 2009)					
<b>MINISTERIO DE SALUD</b>	EFLUENTES	Infraestructuras de Residuos Sólidos					
	EMISIONES	De Residuos Hospitalarios- Incineradores de Residuos Hospitalarios					
<b>MINISTERIO DE LA PRODUCCION – INDUSTRIA</b>	EMISIONES	Industria cementera para Dióxido de Azufre SO <sub>2</sub>					
		Calderas para Partículas, Óxido de Nitrógeno (NOX), Dióxido de					

SECTOR	LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP)	Formulación de propuesta	Consulta pública	En proceso de revisión	Opinión del sector competente	Propuesta final	Aprobado	
		Azufre (SO <sub>2</sub> ) y Monóxido de carbono (CO)						
		De Fundiciones						
		Industria Siderúrgica						
	EFLUENTES	LMP Transversales para efluentes de las actividades del Sub Sector Industria						
		Industria Siderúrgica						
		Industria textil						
		Industria Imprenta						
<b>MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN – PESQUERÍA</b>	EMISIONES	fuelle Puntual del Proceso de secado de la Industria de harina y Aceite de pescado y Harina de residuos Hidrológicos aprobado mediante Decreto Supremo N° 011-209-MINAM						
<b>MINISTERIO DE AGRICULTURA</b>	EMISIONES	Industria del Azúcar						
	EFLUENTES	Industria del Azúcar						
		Actividades Agroindustriales tales como: Camales y Plantas de beneficio						
		Transversales de las actividades agroindustriales						

## IX ANEXOS

### 9.1. Cuadros Explicativos.

**Cuadro I.1. Diferencias entre LMP y ECA.**

Estándares de Calidad Ambiental (ECA)	Límites Máximos Permisibles (LMP)
Mide la concentración de elementos, sustancias u otros en el aire, agua o suelo (cuerpos receptores).	Los LMP miden la concentración de ciertos elementos, sustancias y/o aspectos físicos, químicos y/o biológicos, que se encuentran presentes en las emisiones, efluentes o descargas generadas por una actividad productiva en particular
Son usados para el establecimiento de políticas ambientales públicas	Son exigibles para cada sector en particular y su cumplimiento es obligatorio para cada una de las empresas y personas pertenecientes a él.
Su medición se realiza directamente en los cuerpos receptores.	Su medición se realiza en los puntos de emisión o vertimiento.
Son propuestos por el Ministerio del Ambiente (MINAM) previa evaluación y consulta.	Son propuestos por la autoridad sectorial correspondiente (Ministerios).
Su medición y vigilancia está a cargo de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) y el MINAM	Su medición hasta finales del 2008 estuvo a cargo de Osinergmin. A partir del 2009 su fiscalización está a cargo del Ministerio del Ambiente (MINAM).

**Fuente:** Los Estándares de Calidad Ambiental y los Límites Máximos Permisibles. En: Informe Quincenal de la SNMPE.

**Cuadro 2. Flora en el distrito de Chancay.**

Ámbito	Género o Especie	Nombre Común
<b>Marino</b>	- Chaetoceros socialis.	Micro algas
	- Nitzschia sp.	
	- Diatomeas.	
<b>Continental (Humedales)</b>	- Distichlis spicata.	- Grama salada.
	- Salicornia fruticosa.	- Patita de Polla.
	- Typha dominguensis.	- Totora.
	- Chloris, Setaria y Cynodon.	- Herbáceas.
<b>Continental (Áreas desérticas)</b>	- Caesalpinia espinosa.	- Tara.
	- Carica candicans.	- Mito.
	- Haageocereus lachayensis).	- Cactus.
	- Ismene amancae.	- Flor de Amancaes.
	- Nicotiana paniculata.	- Tabaco silvestre.
	- Taraxacum officinale.	- Diente de león.

**Fuente:** Elaboración propia basado en los siguientes documentos: «Estudio de la Contaminación de las Aguas Costeras en la Bahía de Chancay: Propuesta de recuperación»,

«Plan de Desarrollo Urbano del Distrito de Chancay 2008 – 2018» y «Perfil de Área Protegida – Perú: Reserva Nacional de Lachay».

**Cuadro 3.** Fauna silvestre en el distrito de Chancay.

<b>Ámbito</b>	<b>Áreas</b>	<b>Nombre Común</b>
<b>Marino</b>	<b>Puntas y Acantilados</b>	<i>Moluscos:</i> Barquillos, Chitones, Lapas, Patelas, Chanque, Caracoles, y Choros. <i>Equinodermos:</i> Sol de mar, Estrella de mar y Erizo de mar. <i>Crustáceos:</i> Cangrejo peludo, Cangrejo violáceo y el Cangrejo de las peñas.
	<b>Playas</b>	<i>Crustáceos:</i> Cangrejo de Cascajo, Cangrejo carretero. <i>Moluscos:</i> Marucha, Concha mariposa, y el Muy muy. <i>Aves:</i> Gaviota gris, Gaviota de Franklin, etc.
<b>Continental</b>	<b>Áreas Desérticas</b>	<i>Aves:</i> Cernícalo americano, Gallinazo cabeza roja, Gallinazo cabeza negra, Pampero peruano, Golondrinas, Canastero de los cactus, Lechuza de los arenales, Cernícalo americano y el Turtupilín. <i>Insectos:</i> Arañas y Escorpiones. <i>Anfibios:</i> Lagartija peruana y pequeñas víboras. <i>Moluscos:</i> Caracoles terrestres. <i>Mamíferos:</i> Roedores (tres especies introducidas), Zorro costeño y el gato del pajonal.
	<b>Humedal de Santa Rosa</b>	<i>Aves:</i> Patos, Garzas, Gallináceas y variedad de aves migratorias.
	<b>Áreas Urbanas</b>	<i>Aves:</i> Gorrión americano, Gorrión casero, Palomas, etc.
	<b>Áreas Agrícolas</b>	<i>Aves:</i> Guardacaballo, Turtupilín, Chisco y el Cernícalo americano.

**Fuente:** Elaboración propia basado en los siguientes documentos: «Estudio de la Contaminación de las Aguas Costeras en la Bahía de Chancay: Propuesta de recuperación», «Plan de Desarrollo Urbano del Distrito de Chancay 2008 – 2018» y «Perfil de Área Protegida – Perú: Reserva Nacional de Lachay».

**Cuadro 4.** Centros poblados del distrito de Chancay.

CATEGORÍA	CLASE	CENTRO POBLADO	VIVIENDAS	LONGITUD	LATITUD
Ciudad	Urbano	Chancay	7163	-77.27	-11.57
P.J. A.H.	Urbano	28 de Julio	115	-77.25	-11.55
P.J. A.H.	Urbano	Buena Vista	210	-77.25	-11.55
P.J. A.H.	Urbano	Cerro La Culebra	193	-77.26	-11.51
P.J. A.H.	Urbano	Nueva Estrella	141	-77.26	-11.51
P.J. A.H.	Urbano	Quepepampa	185	-77.25	-11.52
Pueblo	Urbano	Chancayllo	425	-77.31	-11.49
Pueblo	Urbano	Pampa Libre	1195	-77.29	-11.52
Unidad Agropecuaria	Rural	El Hatillo	55	-77.32	-11.46
Unidad Agropecuaria	Rural	La Calera	29	-77.29	-11.53
Unidad Agropecuaria	Rural	Los Laureles Norte	135	-77.28	-11.52
Unidad Agropecuaria	Rural	Los Laureles Sur	132	-77.27	-11.53
Unidad Agropecuaria	Rural	Los Tilos	42	-77.25	-11.53
Unidad Agropecuaria	Rural	Lunaviuca	49	-77.22	-11.58
Unidad Agropecuaria	Rural	Molino Hospital	60	-77.25	-11.53
Unidad Agropecuaria	Rural	Torre Blanca	162	-77.26	-11.54

Fuente: Plan de Desarrollo Urbano del Distrito de Chancay 2008 – 2018; pág. 21.

**Cuadro 5.** La Educación en el Distrito de Chancay.

Indicador	Cifras Absolutas	%
Asistencia al sistema educativo regular (6 a 24 años)	13188	70,4
De 6 a 11 años	5682	97,5
De 12 a 16 años	5081	93,6
De 17 a 24 años	2425	32,4
Población con educación superior (15 y más años)	8222	23,4
Hombre	3902	22,2
Mujer	4320	24,5
Población analfabeta (15 y más años)	2098	6
Hombre	503	2,9
Mujer	1595	9,1
Urbana	1806	5,7
Rural	292	7,9

Fuente: Perú: Censos nacionales 2007, XI de población y VI de vivienda.

**Cuadro 6.** La Discapacidad, Etnia y Religión en el distrito de Chancay.

<b>Indicadores</b>	<b>Cifras Absolutas</b>	<b>%</b>
Hogares con algún miembro con discapacidad	1373	11,2
Urbana	1274	11,6
Rural	99	7,8
ETNIA (Idioma o lengua aprendida)		
Idioma castellano	42847	94,8
Idioma o lengua nativa 4/	2293	5,1
RELIGION (Población de 12 y más años)		
Católica	32360	84,1
Evangélica	4238	11

Fuente: Perú: Censos nacionales 2007, XI de población y VI de vivienda.

**Cuadro 7.** La Identidad en el distrito de Chancay.

<b>Indicador</b>	<b>Cifras Absolutas</b>	<b>%</b>
Población sin partida de nacimiento	224	0,4
Hombre	76	0,3
Mujer	148	0,6
Urbano	194	0,4
Rural	30	0,6
Población sin DNI (18 y más años)	658	2,1
Hombre	248	1,6
Mujer	410	2,6
Urbano	588	2,1
Rural	70	2,1

Fuente: Perú: Censos nacionales 2007, XI de población y VI de vivienda.

**Cuadro 8.** La salud en el distrito de Chancay.

<b>Indicador</b>	<b>Cifras Absolutas</b>	<b>%</b>
Población con seguro de salud	23435	46,9
Hombre	11872	47,4
Mujer	11563	46,5
Urbana	21534	48
Rural	1901	37,5
Población con Seguro Integral de Salud	9796	19,6
Urbana	9006	20,1
Rural	790	15,6
Población con ESSALUD	11018	22,1
Urbana	10022	22,3
Rural	996	19,6

**Cuadro 9.** Población Económicamente Activa (PEA) en el distrito de Chancay.

Indicador	Cifras Absolutas	%
PEA ocupada según actividad económica	18525	100
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	4645	25,1
Pesca	642	3,5
Explotación de minas y canteras	92	0,5
Industrias manufactureras	1900	10,3
Suministro de electricidad, gas y agua	65	0,4
Construcción	1052	5,7
Comercio	3114	16,8
Venta, mantenimiento y reparación de vehículos, etc.	322	1,7
Hoteles y restaurantes	963	5,2
Transporte, almacenes y comunicaciones	1597	8,6
Intermediación financiera	60	0,3
Actividad inmobiliaria, empresarial y alquileres	806	4,4
Administración pública y defensa; seguro social	544	2,9
Enseñanza	807	4,4
Servicios sociales y de salud	310	1,7
Otras actividades servicios comunicación y personales	605	3,3
Hogares privados con servicio doméstico	562	3
Actividad económica no especificada	439	2,4

**Fuente:** Perú: Censos nacionales 2007, XI de población y VI de vivienda.

**Cuadro 10. Relación de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en Lima Metropolitana.**

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

**Fuente:** Estudio de opciones de tratamiento y reúso de aguas residuales en Lima Metropolitana; pág. 12.

**Cuadro 11.** Tecnologías de tratamiento de aguas residuales domésticas.

Cod.	Tecnología de tratamiento	Plantas		Caudal	
		(No.)	(%)	(l/s)	(%)
1	Lagunas facultativas	10	24.39	130.51	4.64
2	Lagunas aireadas	5	12.20	62.00	2.20
3	Lagunas aireadas, de sedimentación y pulimento	3	7.32	1,244.00	44.21
4	Lagunas anaeróbicas, aireadas y pulimento	3	7.32	819.00	29.10
5	Reactor anaeróbico y lagunas facultativas	2	4.88	71.50	2.54
6	Lodos activados	14	34.16	476.48	16.93
7	Filtros percoladores	2	4.88	6.90	0.25
8	Humedales artificiales	2	4.88	3.70	0.13
	<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>100.00</b>	<b>2,814.09</b>	<b>100.00</b>

**Fuente:** Estudio de opciones de tratamiento y reúso de aguas residuales en Lima Metropolitana; pág. 14.

**Cuadro 12.** Costo de inversión de algunas plantas de tratamiento de Lima.

Tecnología/planta	Caudal tratados (l/s)	Población de aporte	Inversión (US\$)	Costo inv. (US\$/hab)
<b>Lagunas de estabilización</b>	<b>23.10</b>	<b>9,257</b>	<b>175,000</b>	<b>19</b>
Colegio Inmaculada	15.00	5,838	36,000	6
Huachipa (Imhoff+reserv.)	0.60	500	14,000	28
UNITRAR (RAFA+lagunas)	7.50	2,919	125,000	43
<b>Lagunas aireadas</b>	<b>497.00</b>	<b>193,427</b>	<b>37,000,000</b>	<b>191</b>
San Juan de Miraflores	424.00	165,016	30,000,000	182
Huáscar	73.00	28411	7,000,000	246
<b>Lodos activados</b>	<b>28.75</b>	<b>11,189</b>	<b>780,000</b>	<b>70</b>
Alameda de la Solidaridad	6.00	2,335	80,000	34
Jardines de la Paz	5.25	2,043	100,000	49
Surco	15.50	6,811	600,000	88
<b>Humedales artificiales</b>	<b>3.20</b>	<b>1,468</b>	<b>50,300</b>	<b>34</b>
Oasis de Villa	3.00	1,168	11,900	10
Nievería (Acuasan)	0.20	300	38,400	128
<b>Filtros percoladores</b>	<b>2.00</b>	<b>778</b>	<b>10,000</b>	<b>13</b>
Costa Verde-Miraflores	2.00	778	10,000	13

**Fuente:** Panorama de Experiencias Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao; pág. 45.

**Cuadro 13.** Costo de tratamiento en algunas plantas de Lima.

Tecnología/planta	L/s tratados	Población de aporte	Operación y mantenim. (US\$/año)	Costo de tratamiento (US\$/m <sup>3</sup> )
<b>Lagunas de estabilización</b>	<b>23.10</b>	<b>9,257</b>	<b>36,650</b>	<b>0.05</b>
Colegio Inmaculada	15.00	5,838	16,800	0.04
Huachipa (Imhoff+reserv.)	0.60	500	1,100	0.06
UNITRAR (RAFA+lagunas)	7.50	2,919	18,750	0.08
<b>Lagunas aireadas</b>	<b>497.00</b>	<b>193,427</b>	<b>780,000</b>	<b>0.05</b>
San Juan de Miraflores	424.00	165,016	640,000	0.05
Huáscar	73.00	28411	140,000	0.06
<b>Lodos activados</b>	<b>28.75</b>	<b>11,189</b>	<b>34,440</b>	<b>0.10</b>
Alameda de la Solidaridad	6.00	2,335	11,440	0.06
Jardines de la Paz	5,25	2,043	23,000	0.14
<b>Humedales artificiales</b>	<b>5.20</b>	<b>2,246</b>	<b>3,567</b>	<b>0.02</b>
Oquendo	2.00	778	1,450	0.02
Oasis de Villa	3.00	1,168	2,063	0.02
Nievería (Acuasan)	0.20	300	54(*)	0.01
<b>Filtros percoladores</b>	<b>2.00</b>	<b>778</b>	<b>7,500</b>	<b>0.12</b>
Costa Verde-Miraflores	2.00	778	7,500	0.12

Fuente: Panorama de Experiencias Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao; pág. 46.

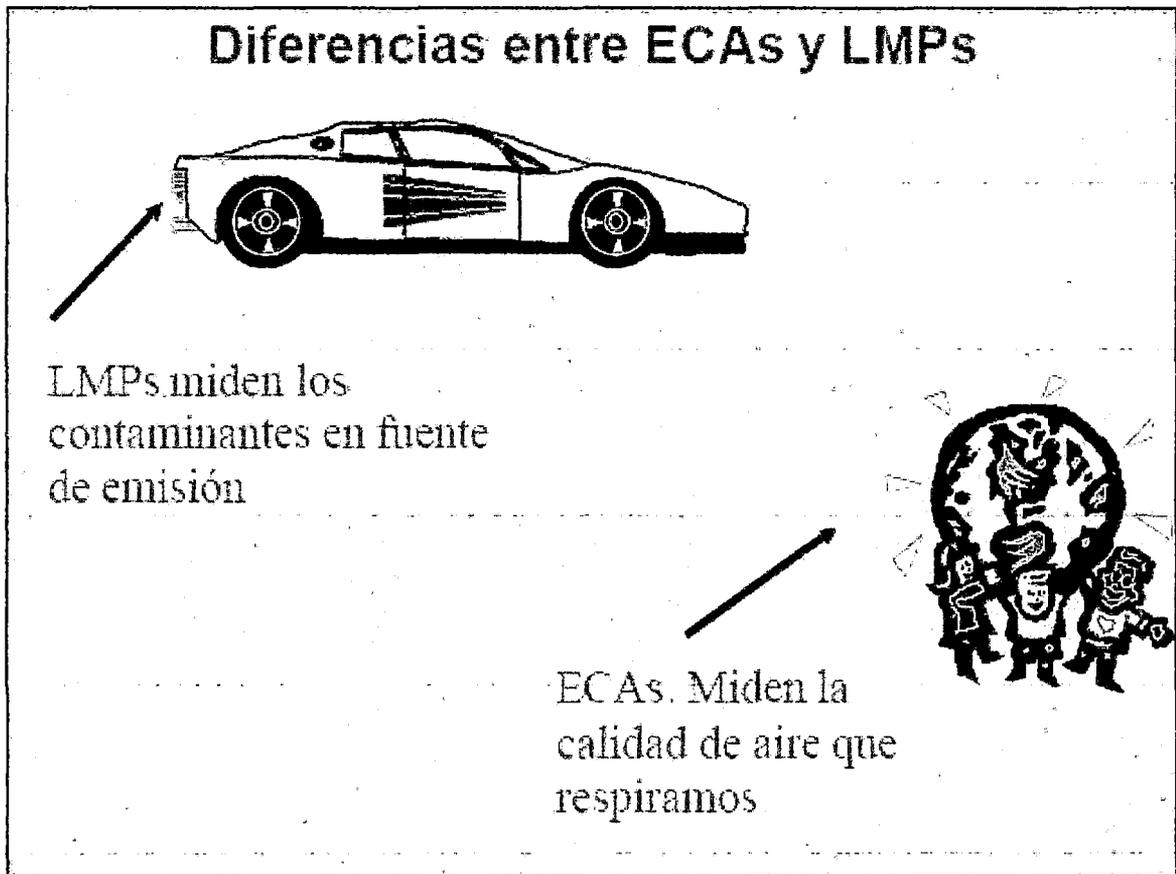
**Cuadro 14.** Relación beneficio/costo del agua residual tratada en algunas plantas de Lima.

Tecnología/planta	Costo de tratamiento (US\$/m <sup>3</sup> )	Precio * (US\$/m <sup>2</sup> )	Relación B/C	Utilidad potencial (US\$/año)
<b>Lagunas de estabilización</b>	<b>0.05</b>	<b>0.16</b>	<b>3.18</b>	
Colegio Inmaculada	0.04	0.16	4.51	58,666
Huachipa (Imhoff+reserv.)	0.06	0.16	2.75	1,927
UNITRAR (RAFA+lagunas)	0.08	0.16	2.02	19,093
<b>Lagunas aireadas</b>	<b>0.05</b>	<b>0.16</b>	<b>3.22</b>	
San Juan de Miraflores	0.05	0.16	3.34	1,499,402
Huáscar	0.06	0.16	2.63	228,340
<b>Lodos activados</b>	<b>0.10</b>	<b>0.16</b>	<b>1.65</b>	
Alameda de la Solidaridad	0.06	0.16	2.65	18,835
Jardines de la Paz	0.14	0.16	1.15	3,490
<b>Humedales artificiales</b>	<b>0.02</b>	<b>0.16</b>	<b>7.36</b>	
Oquendo	0.02	0.16	6.96	8,642
Oasis de Villa	0.02	0.16	7.34	13,074
Nievería (Acuasan)	0.01	0.16	18.69	955
<b>Filtros percoladores</b>	<b>0.12</b>	<b>0.16</b>	<b>1.35</b>	
Costa Verde-Miraflores	0.12	0.16	1.35	2,592

Fuente: Panorama de Experiencias Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao; pág. 47.

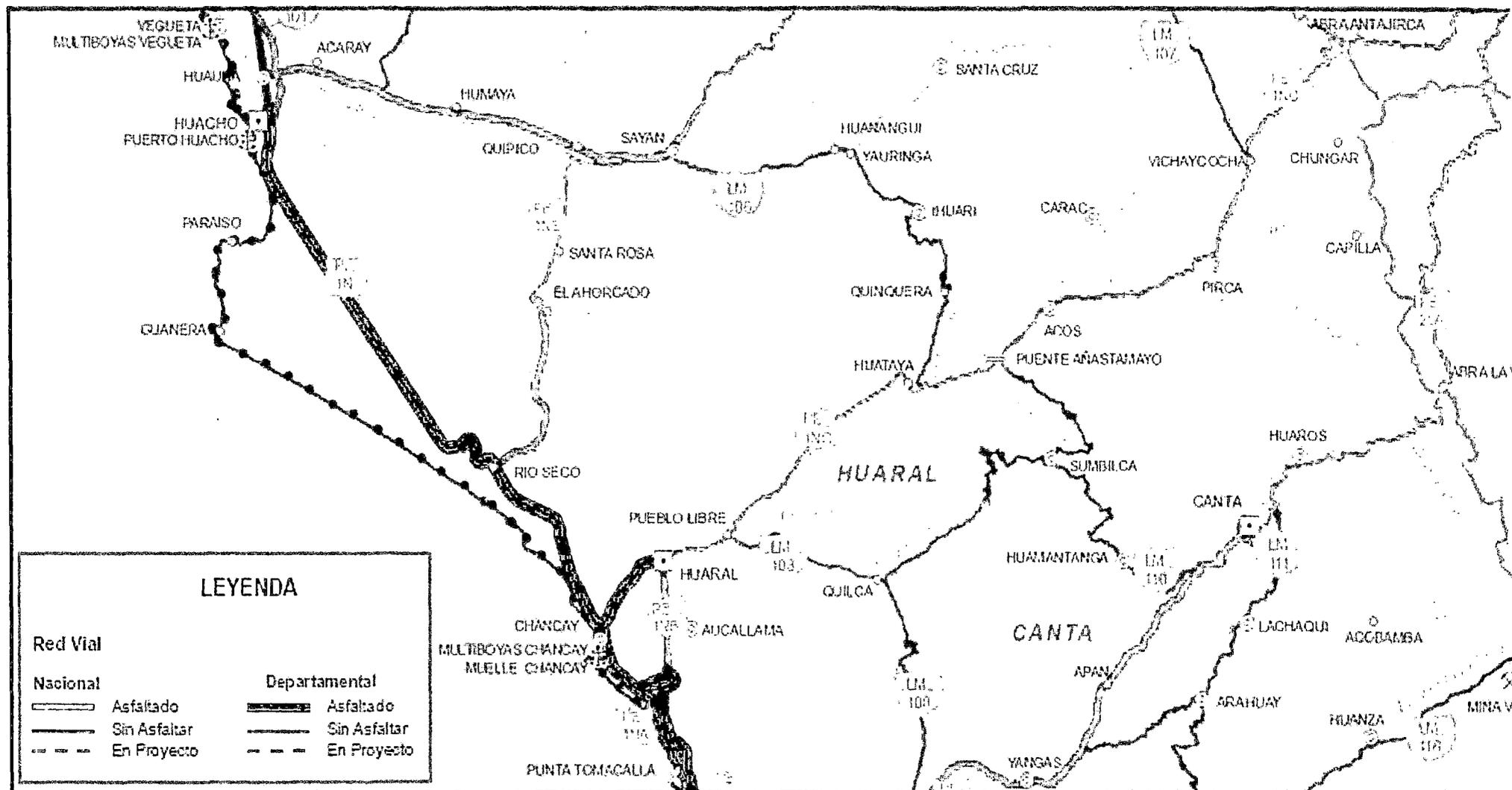
## 9.2. Figuras Ilustrativas.

Figura I. 1. Diferencia entre LMP y ECA.



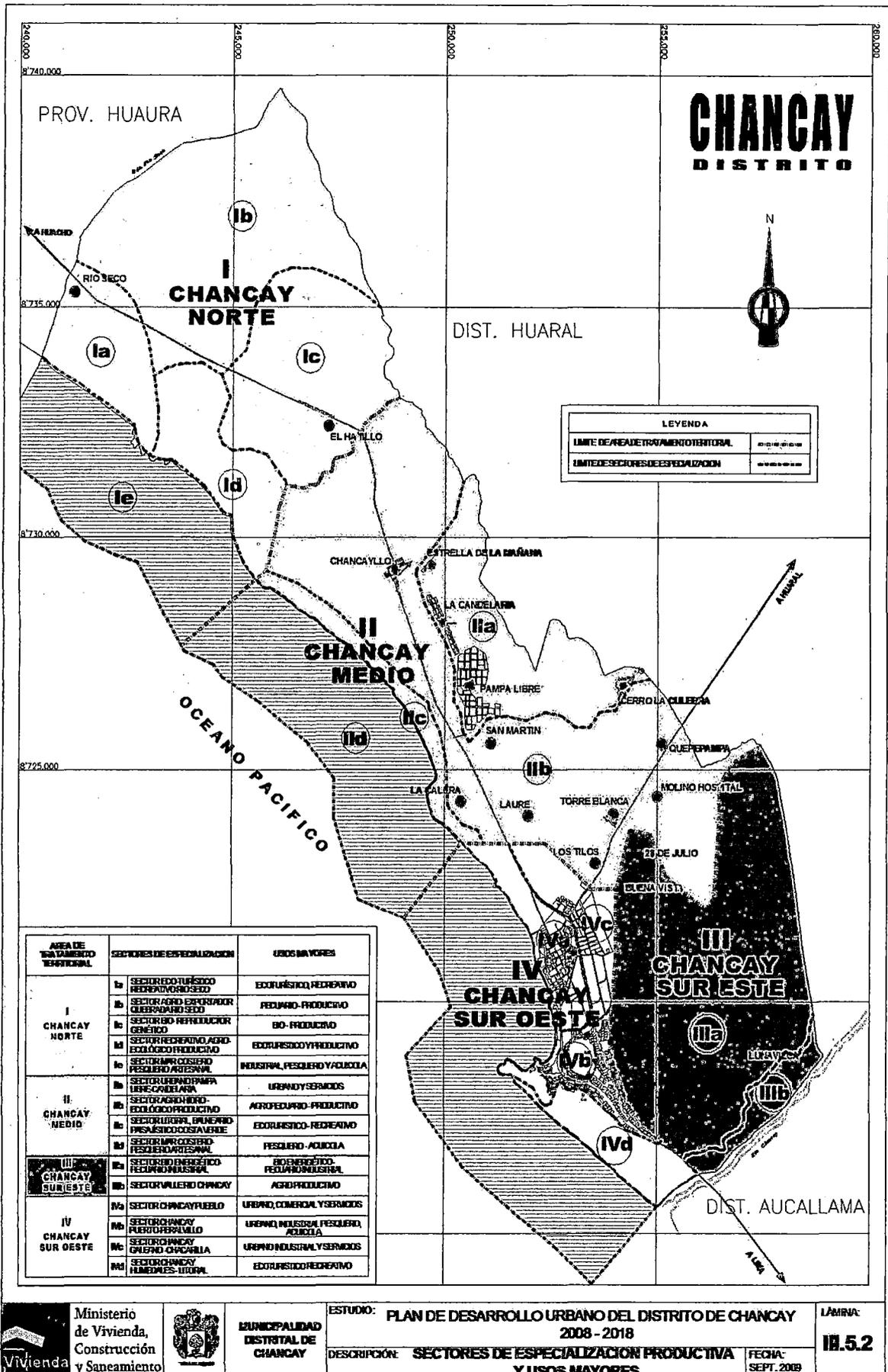
Fuente: Los Estándares de Calidad de Aire.

**Figura I.2. Red vial y accesos hacia Chancay.**



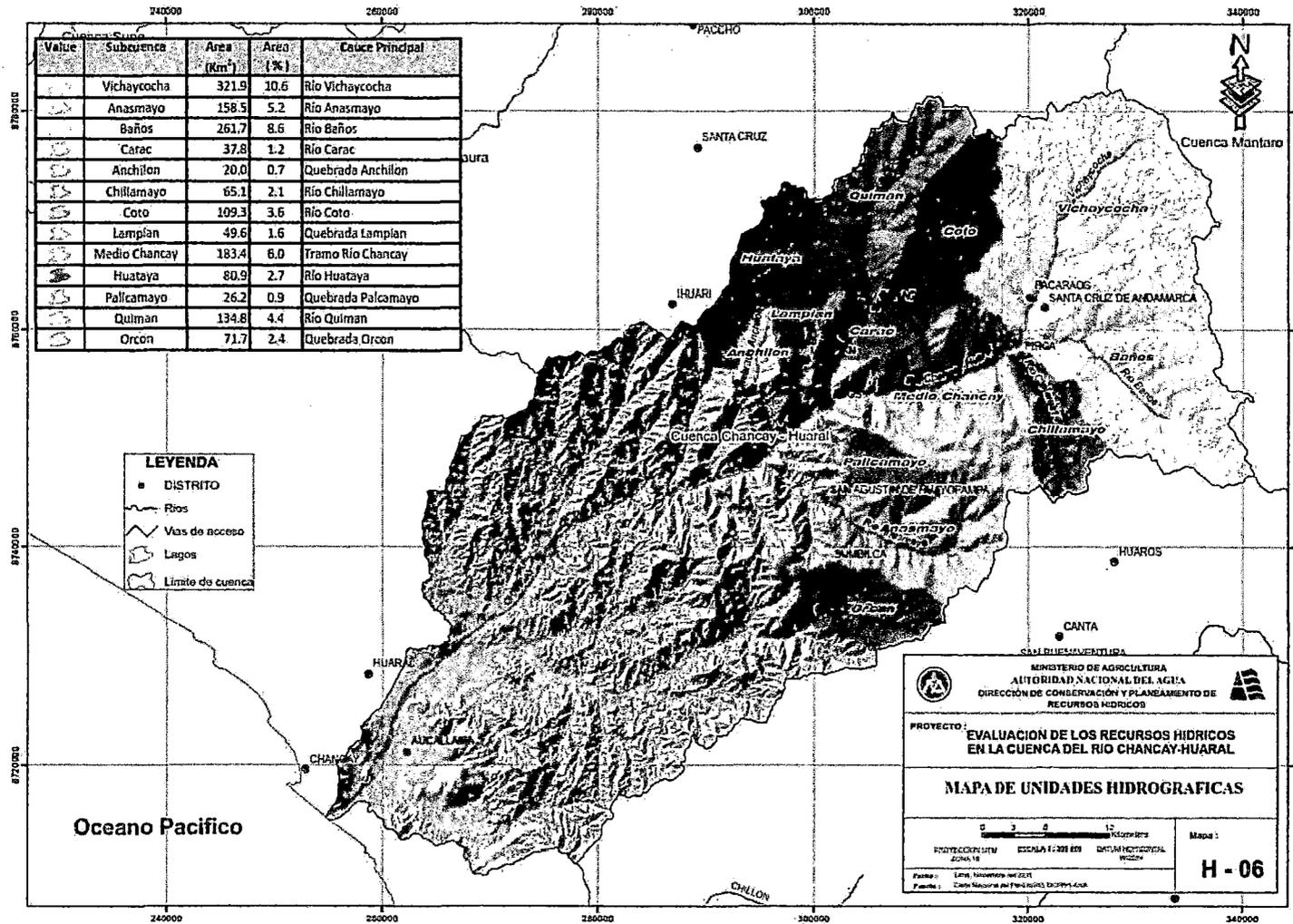
**Fuente:** Adaptado de: Mapas de la Red Vial por Departamentos - Lima.

Figura I.3. Mapa del distrito de Chancay y las áreas de tratamiento territorial

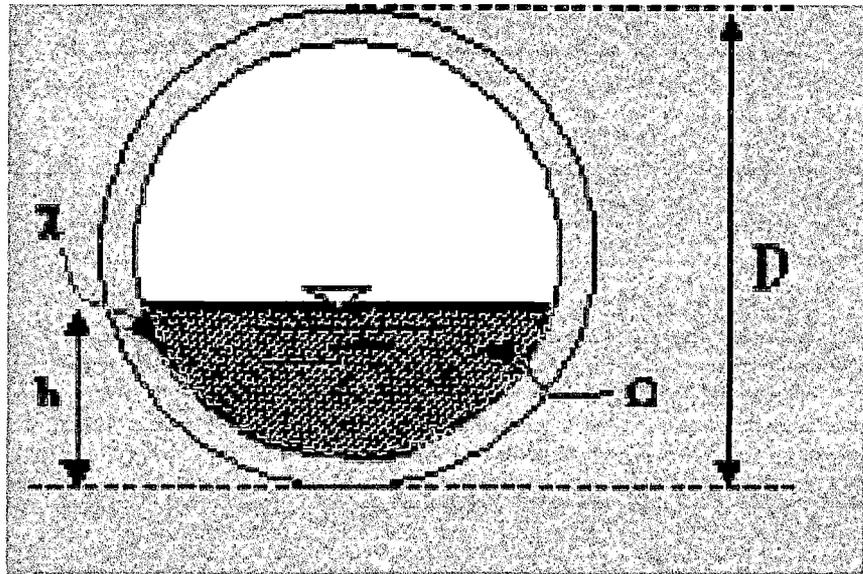


Fuente: Plan de Desarrollo Urbano del Distrito de Chancay 2008 – 2018.

**Figura I.4.** Subcuencas y microcuencas en la cuenca Chancay - Huaral.



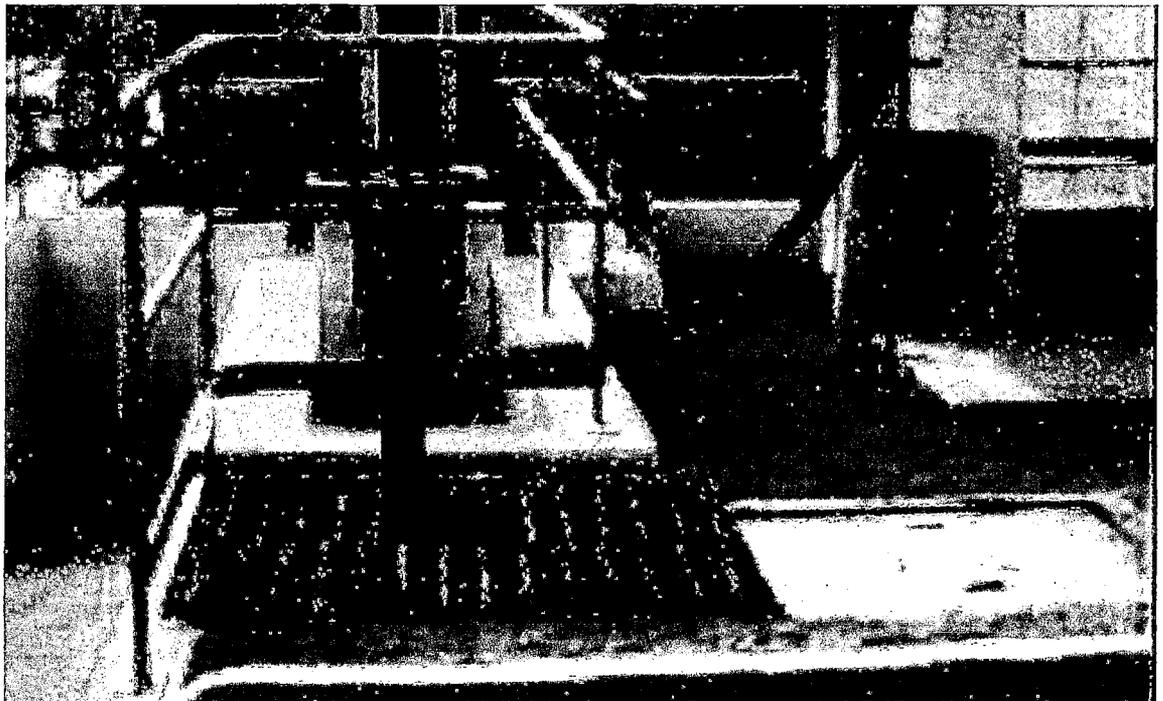
**Fuente:** Evaluación de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del río Chancay-Huaral; pág. 203.



**Figura III.5.** Tubería de concreto

### 9.3. Galería de Imágenes.

**Imagen I.1.** Las cribas deben utilizarse en toda planta de tratamiento, aún en las más simples.



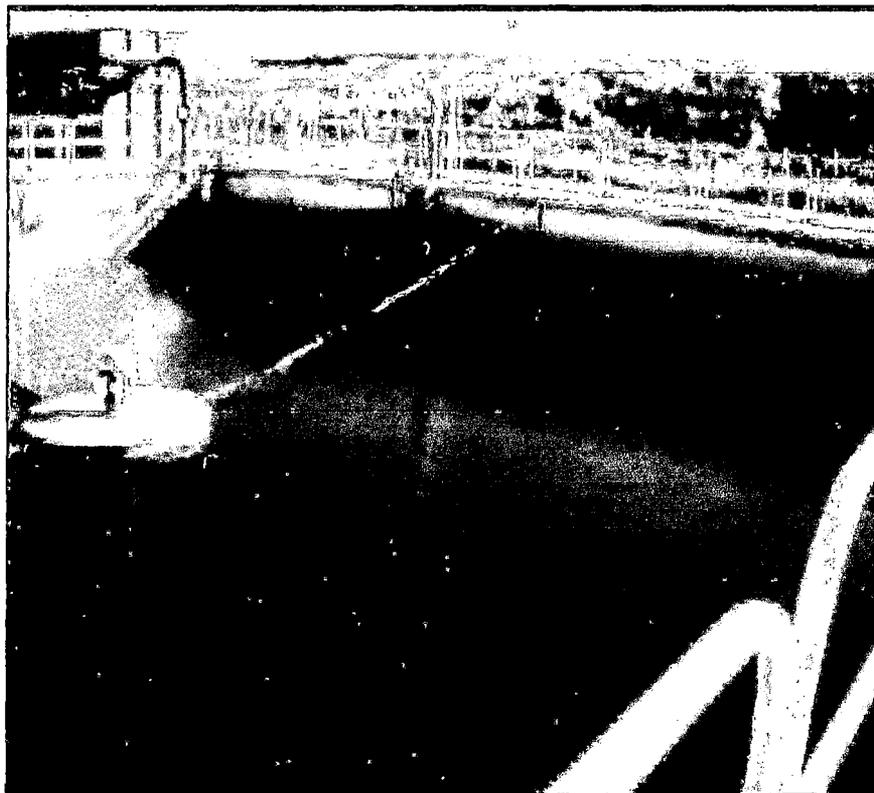
Fuente: <http://www.sedapal.com.pe/>

**Imagen III. 2.** La capacidad de circulación que tienen este tipo de aireadores hace que este oxígeno se disperse de forma homogénea por toda la masa de agua del tanque.



Fuente: <http://aguamarket.com/> (vendedor de productos)

**Imagen 7.** En el tanque de asentamiento o sedimentación, es donde se sedimentan los sólidos en suspensión (quedan como lodos en el fondo del tanque) y, los aceites y las grasas flotan en forma de nata o espuma.



Fuente: <http://www.sedapal.com.pe/>