

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES PARA SU REUTILIZACIÓN Y REDUCCIÓN DE LOS  
COSTOS DE CONSUMO DE AGUA EN LA EMPRESA ALPES  
CHICLAYO S. A. C.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR**

**FATIMA WONG SANCHEZ**

**ASESOR**

**DANNY ADOLFO BUSTAMANTE SIGUEÑAS**

<https://orcid.org/0000-0001-9166-8169>

**Chiclayo, 2021**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES PARA SU REUTILIZACIÓN Y REDUCCIÓN DE  
LOS COSTOS DE CONSUMO DE AGUA EN LA EMPRESA  
ALPES CHICLAYO S. A. C.**

PRESENTADA POR  
**FATIMA WONG SANCHEZ**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR

María Luisa Espinoza Urrutia  
PRESIDENTE

Joselito Pérez Sánchez  
SECRETARIO

Danny Adolfo Bustamante Sigueñas  
VOCAL

## **Dedicatoria**

A mis queridos padres, por su entrega y todo su incondicional amor; y también, a mi hermosa familia, sobre todo a mi querido esposo, por su inmenso apoyo y afecto desmedido.

## **Agradecimientos**

En primer lugar, a Dios, porque a través de todas las personas e instituciones que estuvieron a mi lado, nunca dejó que mi voluntad se doblegara. Y a mi familia, que, con inmenso amor, son la base y sustento principal de mis logros.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>9</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>10</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	<b>14</b>
2.1 Antecedentes	14
2.2 Bases Teórico Científicas	17
2.2.1 Agua Residual	17
2.2.2 Características de las aguas residuales de la industria conservera	18
2.2.3. El uso de las aguas residuales	20
2.2.4 Reutilización del agua en la industria	21
2.2.5 Etapas para el tratamiento de aguas residuales	24
2.2.6 Criterios para la selección y diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales	29
2.2.7 Marco Normativo del reúso de las aguas residuales tratadas en el Perú	31
2.2.8 Parámetros de calidad del agua	36
2.2.9 Muestreo del agua residual	39
<b>III. RESULTADOS</b>	<b>41</b>
3.1 Diagnóstico del proceso de conserva de gandul verde y las aguas residuales que genera	41
3.1.2. Descripción del proceso de producción	42
3.1.3 Agua requerida para el proceso de conserva de gandul verde en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.	47
3.1.4 Consumo de agua. Temporada 2013 - 2018	49
3.1.5 Identificación de los meses con mayor consumo de agua y generación de agua residual registrado	51
3.1.6 Residuos sólidos generados en el proceso de conserva de gandul verde	53
3.1.7 Disposición final de las aguas residuales generadas en la empresa	53
3.2.- Características fisicoquímicas de las aguas residuales que genera la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.	56
3.2.1- Muestreo de aguas residuales procedentes de la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.	56
3.3.- Tratamiento idóneo de acuerdo a las características fisicoquímicas de las aguas residuales que genera la empresa para su reutilización	62
3.3.1.- Método de ponderación para la elección de tratamiento idóneo de aguas residuales en la empresa	69
3.4.- Propuesta de diseño del sistema de tratamiento y reutilización de aguas residuales en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.	74
3.4.1. Pronóstico de efluente.	74

<b>3.4.2. Balance de materia según los procesos de tratamiento seleccionados</b>	<b>79</b>
<b>3.4.3. Comparación de los parámetros obtenidos en balance de materia y los exigibles según la normativa vigente para su reutilización</b>	<b>92</b>
<b>3.4.4. Indicadores del sistema de tratamiento de aguas residuales en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.</b>	<b>93</b>
<b>3.4.5. Descripción del sistema propuesto de tratamiento de agua residuales</b>	<b>93</b>
<b>3.4.6. Dimensiones del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto</b>	<b>95</b>
<b>3.4.7. Distribución de planta del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto según el método Guerchet</b>	<b>121</b>
<b>3.5.- Análisis costo – beneficio económico ambiental de la propuesta</b>	<b>129</b>
<b>3.5.1. Costo de la Inversión de la propuesta</b>	<b>129</b>
<b>3.5.2. Multas y Sanciones</b>	<b>134</b>
<b>3.5.3. Costo del Consumo de Agua en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.</b>	<b>138</b>
<b>3.5.4. Costos de Operación del Sistema de Tratamiento</b>	<b>139</b>
<b>3.5.5. Análisis Costo – Beneficio de la propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales</b>	<b>143</b>
<b>3.5.6. Reducción del costo del consumo de agua</b>	<b>144</b>
<b>IV. CONCLUSIONES</b>	<b>146</b>
<b>V. RECOMENDACIONES</b>	<b>148</b>
<b>VI. REFERENCIAS</b>	<b>149</b>
<b>VII. ANEXOS</b>	<b>154</b>

## Lista de Tablas

Tabla 1 - El reúso de las aguas residuales tratadas en el Perú.	21
Tabla 2 - Tratamientos propuestos por la OMS según criterios sanitarios para la reutilización industrial de las aguas residuales.	23
Tabla 3 - Tratamientos básicos aplicables en las industrias agroalimentarias.	28
Tabla 4 - Descripción de los criterios de selección de tratamientos.	30
Tabla 5 - Marco legal aplicable a la gestión sostenible de las aguas residuales.	32
Tabla 6 - Normatividad vigente de los Países de América.	34
Tabla 7 - Parámetros Físicos y Microbiológicos de las aguas tratadas para su reúso en los diferentes países.	35
Tabla 8 - Límites máximos permisibles para reúso Tipo 1 de aguas residuales especiales.	36
Tabla 9 - Principales parámetros indicadores de la contaminación del agua residual.	37
Tabla 10 - Clase de Agua y su tratamiento en función del número presente de coliformes.	39
Tabla 11 - Cantidad promedio en m <sup>3</sup> de agua requerida por proceso en 2017.	47
Tabla 12 - Cantidad promedio en m <sup>3</sup> de agua requerida para la limpieza y mantenimiento de alrededores de la planta en el año 2017.	47
Tabla 13 - Consumo de agua en m <sup>3</sup> durante los años 2013 – 2018.	49
Tabla 14 - Residuos sólidos presentes en las aguas residuales de la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.	53
Tabla 15 – Parámetros Físicos y Microbiológicos del agua residual analizados.	61
Tabla 16 - Análisis Físico-químico y Microbiológico del agua residual generada en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.	62
Tabla 17 - Pre-tratamientos posibles para el diseño de un sistema de tratamiento de agua residual en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.	64
Tabla 18 - Tratamientos primarios posibles para el diseño de un sistema de tratamiento de agua residual en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.	66
Tabla 19 - Tratamientos secundarios posibles para el diseño de un sistema de tratamiento de agua residual en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.	68
Tabla 20 - Confrontación de factores	70
Tabla 21 - Escala de puntaje para la calificación de los factores.	70
Tabla 22 - Calificación según el tipo de tratamiento aplicado en la etapa de Pre- Tratamiento.	71
Tabla 23 - Calificación según el tipo de tratamiento aplicado en la etapa de Tratamiento Primario	72
Tabla 24 - Calificación según el tipo de tratamiento aplicado en la etapa de Tratamiento Secundario.	73
Tabla 25 - Cantidad de agua residual generada en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C. durante los años 2013 - 2018.	76
Tabla 26 - Pronóstico de las cantidades de agua residual generadas por la empresa Alpes Chiclayo S. A. C. para los años 2019 - 2023.	78
Tabla 27 - Dosis de coagulante según el valor de pH.	87
Tabla 28 - Cuadro comparativo de los parámetros obtenidos a partir de la propuesta y los que exige la norma.	92
Tabla 29 - Principales Indicadores del Sistema Propuesto	93
Tabla 30 - Procesos realizados por Líneas	97

Tabla 31 - Caudal máximo, mínimo y promedio pronosticados en la empresa Alpes Chiclayo S.A.C.	97
Tabla 32 - Resultados para el diseño del canal de entrada.	98
Tabla 33 - Número de tamiz según su abertura.	99
Tabla 34 - Parámetros de diseño para los diferentes tipos de filtros percoladores.	107
Tabla 35 - Caudales de Dosificación Típicos de Filtros Percoladores.	114
Tabla 36 - Características de Filtro de Relleno	115
Tabla 37 - Requerimientos por etapas del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales propuesto.	117
Tabla 38 - Descripción de los motores a usar en la propuesta.	120
Tabla 39 – Descripción de las Bombas Centrífugas usados en la propuesta.	121
Tabla 40 – Área requerida para el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales propuesto, según el Método de Guerchet	123
Tabla 41 – Inversión en obras civiles.	130
Tabla 42 – Inversión en obras preliminares.	131
Tabla 43 – Inversión en Maquinarias y equipos necesarios.	131
Tabla 44 - Inversión en accesorios necesarios para la puesta en marcha del sistema de tratamiento.	132
Tabla 45 - Inversión Tangible Total	132
Tabla 46 - Inversión Intangible	133
Tabla 47 - Inversión Total requerida para la propuesta.	133
Tabla 48 - Multas y Sanciones	134
Tabla 49 - Definición de rangos y parámetros.	135
Tabla 50 - Factores por cada Rango	136
Tabla 51 - Cargo por volumen de alcantarillado.	137
Tabla 52 - Cargo por Volumen de Agua Potable	138
Tabla 53 - Costo anual por consumo de agua del sistema de tratamiento propuesto.	138
Tabla 54 - Costo del consumo de energía por día.	139
Tabla 55 - Costos de consumo de energía por metro cúbico de agua a tratar.	140
Tabla 56 - Costos anuales del coagulante requerido.	140
Tabla 57 - Costos anuales por tratamiento de lodos.	141
Tabla 58 - Costo de Personal contratado para el Sistema de Tratamiento Propuesto	142
Tabla 59 - Estimado simple para el mantenimiento según la inversión inicial.	142
Tabla 60 - Análisis Costo - Beneficio de la Propuesta.	143
Tabla 61 - Cálculo del costo por metro cúbico de agua tratada.	144
Tabla 62 - Ahorro por metro cubico de agua tratada.	145

## Lista de Figuras

Figura 1 - Ubicación de la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.	42
Figura 2 - Fachada de la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.	42
Figura 3 - Diagrama de Bloques del proceso de Producción en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.	46
Figura 4 - Consumo de agua en m <sup>3</sup> durante los años 2013- 2018.	50
Figura 5 - Registro de caudal durante la jornada laboral – 20 de Septiembre 2017.	51
Figura 6 - Registro de caudal durante la jornada laboral – 21 de Septiembre 2017.	52
Figura 7 - Registro de caudal durante la jornada laboral – 22 de Septiembre 2017.	52
Figura 8 – Plano de la ubicación del punto de eliminación de las aguas residuales.	55
Figura 9 - Plano de la ubicación del punto de muestro en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.	57
Figura 10 - Frascos de plástico y vidrio, de 515 ml y 250 ml.	58
Figura 11 - Frascos de Plástico, de 250 ml y 75 ml.	59
Figura 12 – Envase con tapa amplio de Tecnopor brindado por el laboratorio.	59
Figura 13 – Bolsas de gel congelado para mantener la temperatura adecuada.	60
Figura 14 – Formato de Toma de muestras recolectadas por código y/o tipo de muestra.	60
Figura 15 - Formato de las etiquetas en los frascos de muestra para su identificación.	61
Figura 16 - Comportamiento de la demanda de agua en m <sup>3</sup> durante los años comprendidos entre 2013 -2018.	75
Figura 17 - Comportamiento bimestral de la generación de aguas residuales en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.	75
Figura 18 - Balance de Materia del Proceso de Tamizado.	81
Figura 19 - Balance de Materia del Proceso de Coagulación y Floculación	85
Figura 20 - Balance de Materia del Proceso con Filtro Percolador.	90
Figura 21 - Esquema General del Sistema de Tratamiento Propuesto para la reutilización de las Aguas Residuales generadas en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.	96
Figura 22 - Resultados obtenidos con el Software H Canales para el dimensionamiento del canal de entrada.	98
Figura 23 - Tamiz de Escalera	101
Figura 24 - Equipo de Tamiz Estático	103
Figura 25 - Esquema de un Filtro Percolador.	108
Figura 26 - Sistema inferior típico de un filtro percolador.	109
Figura 27 - Tanque de Almacenamiento de Agua 10 000 Litros.	116
Figura 28 – Plano de Distribución del Sistema de Tratamiento Propuesto.	125
Figura 29 – Descripción del Sistema de Tratamiento de Agua Residual.	126
Figura 30 – Dimensiones del tanque de floculación y coagulación.	127
Figura 31 – Dimensiones del Filtro Percolador	128

## RESUMEN

El agua es recurso primordial que toda agroindustria requiere para la producción de sus mercancías. El costo que genera su consumo supone un punto importante dentro de la economía de cada empresa. La presente investigación se realizó en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C, dedicada a la producción de conservas de gandul. Debido a sus operaciones, el consumo elevado de agua y la mala disposición final de este recurso, le genera un problema económico y ambiental. Es por ello, que el principal objetivo de esta investigación es proponer un sistema de tratamiento de aguas residuales para reducir los costos de consumo de agua, mediante su reutilización. A causa de que las aguas residuales que genera son vertidas directamente a la red de alcantarillado y no cuentan con un sistema de tratamiento previo, el nivel de contaminación y consumo es elevado. Para ello se realizó un análisis fisicoquímico que determinó las características fisicoquímicas de las aguas residuales, cuyas concentraciones son: de DBO<sub>5</sub>: 647 mg/l, DQO: 1 285 mg/l, SST: 780 mg/l y Coliformes Fecales: 790 NMP/100ml. Con esta información y mediante el método de factores ponderados se estableció el tratamiento idóneo para dichas aguas, las cuales obedecen el siguiente orden: etapa de pre-tratamiento: tamizado, etapa de tratamiento primario: proceso de coagulación – floculación y etapa de tratamiento secundario: filtro percolador. Los parámetros presentes en el agua residual después de haber recibido el tratamiento ofrecen reducciones en DBO<sub>5</sub>: 95%, DQO: 86%, SST: 96,77% y Coliformes Fecales: 84%. Dichos resultados cumplen con los VMA y los límites establecidos por la normativa de Costa Rica para su reúso. Dicha propuesta es rentable, ya que el análisis costo-beneficio ofrece una ventaja de S/.1,28 Nuevos Soles por cada sol invertido. Por otro lado, la propuesta ofrece un ahorro del 48% para el año 2023 en costos de consumo de agua anual.

**PALABRAS CLAVE:** reutilización, tratamiento de agua residual, agua residual, consumo de agua, reducción de costos.

## ABSTRACT

Water is one of the main resources for the production of goods in agro-industries. The cost generated by their consumption represents an important point in the economy of each company. The present investigation was carried out in the company Alpes Chiclayo S. A. C, dedicated to the production of canned pigeon pea. Due to its operations, the high water consumption and the final bad disposition of this resource, generates an economic and environmental problem. That is why, the main objective of this research is to propose a wastewater treatment system to reduce the water consumption costs, through its reuse. Because the wastewater that it generates is discharged directly into the sewage network and does not have a pre-treatment system, the level of contamination and consumption is high. For this, a physicochemical analysis was carried out that determined the physicochemical characteristics of wastewater, whose concentrations are: DBO<sub>5</sub>: 647 mg / l, DQO: 1 285 mg / l, SST: 780 mg / l and Fecal Coliforms: 790 NMP / 100 ml. With this information and through the method of weighted factors, the ideal treatment for said waters was established, which obey the following order: pre-treatment stage: sieving, primary treatment stage: coagulation process - flocculation and secondary treatment stage: trickling filter. The parameters present in the wastewater after receiving the treatment offer reductions in DBO<sub>5</sub>: 95%, DQO: 86%, SST: 96,77% and Fecal Coliforms: 84%. These results comply with the VMA and the limits established by the Costa Rica regulations for reuse. This proposal is profitable, since the cost-benefit analysis offers an advantage of S/. 2,28 Nuevos Soles per sun invested. On the other hand, the proposal offers a saving of 48% for the year 2023 in annual water consumption costs.

**KEYWORDS:** reuse, wastewater treatment, wastewater, water consumption, cost reduction.

## I. INTRODUCCIÓN

Uno de los recursos naturales más empleados por el hombre, es el agua. Su uso, no sólo se asigna a actividades propias del ser humano, sino también a las actividades económicas. Éstas pueden estar en el sector industrial, energético, agricultura, ganadería, entre otros. [1] De igual manera, el agua es considerada actualmente por la sociedad como uno de los principales recursos que contribuyen a su desarrollo. Por lo que, el uso correcto y racional del agua es un punto importante, así como la cuantificación de su disponibilidad; todo ello con el fin de orientar buenas estrategias políticas y públicas para lograr un completo bienestar, debido a su valor básico y fundamental. [2]

El Instituto Nacional de Estadísticas e Informática [1] menciona que, la calidad de agua en el Perú es uno de los principales problemas con los que cuenta. Esto es debido a que las descargas anuales suponen un estimado de 960,5 millones de metros cúbicos de desagüe que son vertidos directamente sobre el agua superficial, subterránea y marina, de los cuales el 64,0% pertenece a desagües domésticos, 5,6% desagües industriales, 4,4% de desagües pesqueros, 25,4% de efluentes mineros y 0,2% de efluentes petroleros.

Según la OEFA [3], las aguas residuales que se obtienen de un proceso productivo y no poseen tratamiento previo antes de su disposición final, contaminan los cuerpos de agua natural; convirtiéndose en fuentes infecciosas que dañan la salud de los pobladores que la habitan, afectando a su vez a la vegetación y a todas las especies de animales que radican en aquel lugar.

La Autoridad Nacional del Agua - ANA, encargada de la aplicación y cumplimiento de la política y la estrategia nacional de los recursos hídricos en el Perú, estima que, del total de la demanda de agua para todo el Perú destinada para uso consuntivo, el sector industrial abarca el 9%, que equivale a 249,38 hm<sup>3</sup> por año. [4] Siendo las principales industrias y que generan mayor volumen de efluentes las de curtiembres, textil, bebidas y alimentos (conservas y frescos), entre otras; en donde además de carecer de un tratamiento previo, los efluentes son vertidos directamente a las fuentes de agua o al alcantarillado de uso poblacional. [2]

La generación de efluentes líquidos en las industrias de conservas vegetales, suele ser considerada relevante, debido a su gran volumen; pues casi en muy pocos casos el recurso hídrico empleado en el proceso se incorpora al producto final y en la mayoría de veces es vertida

a la red de alcantarillado después de ser utilizada. Esto quiere decir que, alrededor del 70% a 80% del agua empleada para la producción, se evacua como aguas residuales, sin embargo, el 20% a 30% restante se integra al producto o se pierde en evaporaciones. Generalmente en la etapa del proceso de lavado de los vegetales, puede suponer hasta el 50% del total de agua requerido en el proceso. Sin embargo, las aguas de transportes, escaldado, limpieza, y en algunos casos refrigeración, también suponen consumos importantes. [5]

Por otra parte, uno de los aspectos ambientales más significativos en la actividad de las empresas del sector conservero, adicional a los elevados volúmenes de agua residual generados, es la presencia de carga orgánica contaminante asociado a las mismas. [6] Dicha carga está compuesta básicamente por materia orgánica y sólidos en suspensión. Estos contaminantes se traducen analíticamente en parámetros como DBO (demanda bioquímica de oxígeno), DQO (demanda química de oxígeno) y sólidos en suspensión (SST). El proceso de conservas vegetales genera aguas residuales que contienen niveles de DQO entre los rangos de 2 000 – 5 000 mg/l, DBO<sub>5</sub> de 5 000 mg/l y SS entre el rango de 300 -700 mg/l. [5] Dichas características al ser comparadas con los Valores Máximos Admisibles, normativa dispuesta y elaborada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento – D.S. N° 021 -2009 – VIVIENDA y su modificatoria D.S. N° 001 -2015 – VIVIENDA. [L1], exceden los límites máximos de presencia de los diversos parámetros contaminantes presentes en las aguas residuales y por lo tanto presentan evidencia de que dichas aguas deben ser previamente tratadas antes de su reúso o evacuación por las redes de alcantarillado, debido al nivel de contaminación que presentan.

Alpes Chiclayo S. A. C., es una empresa nacional dedicada a la producción de conservas de gandul verde para su exportación a países como Canadá, Panamá y Puerto Rico. Ubicada en el distrito de Pacora, a una hora de la ciudad de Chiclayo, en el departamento de Lambayeque. El proceso de conserva de gandul verde exige una importante cantidad de suministro de agua, aquella que se encuentra en función de la disponibilidad de la materia prima y las jornadas laborables en la empresa, siendo éstas de 10 horas al día por 6 días a la semana. Durante la temporada 2018 se tuvo un consumo de agua de 59 780 m<sup>3</sup>, aquellos que le generaron un costo a la empresa de S/. 407 101,80 Nuevos Soles.

Según Seoáñez [7], la industria agroalimentaria consume cantidades enormes de agua, aquellas que generan costos elevados de consumo de la misma, siendo un problema para la empresa. Por otro lado, Alpes Chiclayo S. A. C., no cuenta con propuestas, planes de mejora

y/o sistemas que le permitan reducir el consumo de agua, pues toda el agua generada como efluente es vertida sin ningún tratamiento de forma directa a la red de alcantarillado.

En ese sentido, se presenta la oportunidad de proponer un sistema viable que permita aprovechar las aguas residuales mediante su reutilización, lo que con llevaría a una disminución del consumo de agua y sus costos. Es por ello, que se plantea la siguiente hipótesis para esta investigación: ¿Mediante un sistema de tratamiento de aguas residuales en el proceso de producción de conserva de gandul verde se podrá reutilizar el agua y reducir los costos sobre el consumo de la misma?, aquella que tiene como objetivo principal: proponer un sistema de tratamiento de aguas residuales en el proceso de conserva de gandul verde para reducir los costos de consumo de agua, mediante su reutilización. Para ello se plantearon los siguientes objetivos específicos: primero, realizar el diagnóstico del proceso de conserva de gandul verde y las aguas residuales; segundo, determinar las características fisicoquímicas de las aguas residuales generadas en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.; tercero, determinar el tratamiento idóneo de acuerdo a las características fisicoquímicas de las aguas residuales que genera la empresa para su reutilización; cuarto, proponer el diseño de un sistema de tratamiento y reutilización de aguas residuales; y por último, realizar un análisis costo-beneficio económico ambiental de la propuesta.

La propuesta de un sistema de tratamiento que busca reutilizar el agua residual generada durante el proceso de fabricación de conserva de gandul verde, se encuentra justificada principalmente en contribuir tanto a la reducción de consumo de agua como a la protección del medioambiente, concientizando a la empresa en su uso y disposición final, teniendo en cuenta las normativas y/o los límites reglamentarios. Con ello se busca desplazar, las malas prácticas como ésta, que causan perjuicios no sólo ambientales sino también económicos a la empresa, disminuyendo costos y evitando multas y sanciones que parten del no cumplimiento con la normativa mínima legal. Aquellas medidas buscan minimizar los daños que causan las industrias, para así cuidar nuestro ecosistema y evitar su deterioro.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

Para Llórenz *et al.* [8] en su artículo “Tratamiento de aguas residuales mediante un sistema de percolación híbrido”, hace énfasis en el uso de tecnologías no convencionales, ya que éstas ofrecen ventajas frente a otro como costos bajos de mantenimiento, instalación, y equipos; así como la no necesidad de mano de obra especializada y los bajos niveles de uso de energía. Dicho autor define al sistema de percolación híbrido como al conjunto de varios lechos filtrantes colocados en serie, mediante los cuales se hace pasar el agua residual a tratar de manera lenta por un mecanismo de goteo, lo que permite que no exista una saturación de agua y que pueda funcionar en condiciones aerobias y de forma continua. Hacer referencia que dependiendo la carga orgánica será mayor el número de etapas de tratamiento. Para el estudio del tratamiento con aguas provenientes de la industria conservera se realizaron dos aplicaciones a escala piloto con diferentes efluentes provenientes del procesado de melocotón y pera y del procesado de alcachofa. Para dichas aplicaciones se colocaron 5 y 6 fases de tratamiento respectivamente; así como ambas aguas residuales tuvieron un tratamiento primario previo. Se analizaron parámetros DBO, DQO y SST, arrojando resultados de eliminación superiores al 95%, 84% y 80% respectivamente. Con todo ello, el autor concluye afirmando que el sistema de tratamiento de percolación híbrido es adecuado para el tratamiento de aguas residuales de la industria de las conservas. Este antecedente es tomado en cuenta para la elección del tipo de tratamiento secundario: filtro percolador, debido a sus altas eficiencias de remoción y las características similares de las aguas residuales.

Para Villeta [9] en su artículo “El Impacto Económico de la Reutilización de las Aguas Residuales” recalca la importancia del uso del recurso del agua y su escasez, a través de la presentación de varios proyectos de reutilización de aguas. Un estudio económico realizado en la ciudad metropolitana de Tel Aviv – Israel en el 2005, resaltó el beneficio económico del proyecto de reutilización de aguas residuales en Yarqon, en donde el valor del agua residual se halla entre los \$0.24 - \$0,31 dólares por metro cúbico, y cuyos costos de operación y mantenimiento son de \$0.16 por metro cúbico. En este proyecto el agua fue reutilizada para la irrigación agrícola y de áreas verdes, así como de actividades industriales y actividades de enfriamiento. Otro proyecto de reutilización de aguas residuales con beneficios económicos en el sector industrial es el caso de Coca Cola Bottling Company of Puerto Rico (CCPRB) en el

año 2000. En este proyecto se realizó una inversión inicial de \$ 1 millón en infraestructura, cuyos resultados fueron un ahorro de \$2 865 362,00 entre los años 2009 y 2012. Dicha inversión permitió la reutilización de las aguas que genera la planta en los sistemas de enfriamiento (70%), compresores (10%), calderas (8%), sanitarios (7%) e irrigación (5%,). Este antecedente es tomado en cuenta, debido a que demuestra que el tratamiento del agua residual para su utilización, es un proyecto que trae consigo beneficios económicos en el sector industrial.

Para Ayuso [10] en su publicación “Desarrollo de una alternativa de Depuración Biológica aplicable a las PYMES de Conservas Vegetales”, menciona que la industria de conservas vegetales, es una de las industrias que muestra su preocupación por la protección del medio ambiente. Por otro lado, afirma que las PYMES no tienen capacidad técnica y económica para integrar a su estructura empresarial un aspecto ambiental la cual incluye una inversión elevada. Sin embargo, de acuerdo con la normativa, los elevados consumos de agua, y la carga contaminante, obligan a las empresas a implantar algún tratamiento que ayude a mitigar el impacto que generan sus aguas residuales. De acuerdo con el autor, las aguas residuales provenientes de las industrias conserveras poseen características que eligen a la depuración biológica como el mejor tratamiento que se puede emplear. Sin embargo, existen condiciones como la irregularidad de los vertidos y la falta de personal especializado, que se presentan como problemas y que impiden que dicho tratamiento tenga un correcto funcionamiento y unos buenos rendimientos. Esto se debe a que dicho tratamiento contiene biomasa bacteriana, aquella que necesita sustrato orgánico de forma continua, en donde las paradas de actividad le afectan enormemente. Es por ello, que el autor propone reemplazar el tratamiento por uno que se adapte mejor, llamado depuración simbiótica. Este tratamiento presenta características más adecuadas con los residuos generados por la PYMES, tales como menor costo de instalación y mantenimiento, operatividad fácil, poca afectación por las paradas de actividad, no necesidad de aireación externa, menor consumo de energía, entre otros. Al ser aplicadas en plantas piloto alimentadas por efluentes de conservas de frutas y de hortalizas se obtuvo rendimientos en reducciones mayores del 80% en DQO y DBO llegando hasta un 92% en ocasiones y eliminando por encima del 50% los sólidos en suspensión.

Este antecedente es tomado en cuenta, debido a que demuestra que una de las principales características de las aguas residuales de la industria conservera posee una alta carga orgánica, y que el tratamiento ideal para esta clase de agua es la depuración biológica. Así mismo ofrece una alternativa llamada depuración simbiótica, que ofrece bajos costos de instalación y mantenimiento.

Para Xuenwen *et al.* [11] en su artículo "Tratamiento de aguas residuales para la reutilización industrial: la combinación de procesos biológicos con ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa" utiliza procesos anaeróbicos, anóxicos y óxicos, junto con un sistema integrado de bio-reactor de membrana a escala piloto, nanofiltración y ósmosis inversa para el tratamiento de aguas residuales en una planta a gran escala. Mediante una investigación, se determinó que las características del agua residual de coque que será tratada alcanzaron niveles de remoción de 82,5% en DQO, 89,6% en DBO, y que durante la etapa de tratamiento biológico todos los parámetros se redujeron en más de 96,0%. Por otro lado, el sistema integrado de bio-reactor de membrana redujo la turbidez a menos de 0,65 NTU. Además, los parámetros que incluyen nitrógeno total, fluoruro, ion cloruro, dureza y conductividad se redujeron significativamente por el sistema NF-RO a un nivel adecuado para la reutilización industrial, con una proporción de producción total de agua del 70,7%.

Este antecedente es tomado en cuenta, debido a que demuestra los niveles de reutilización del agua residual, que se pudieron alcanzar mediante un sistema de depuración integrado. Así mismo muestra los altos índices de remoción de materia orgánica, aumentando las posibilidades de su reutilización.

Según C. Leite *et al.* [12] en su investigación "Caracterización y tratamiento de efluentes de la industria conservera de champiñones", las industrias agroindustriales son aquellas que generan una gran cantidad de aguas residuales, de acuerdo con sus procesos productivos. Las aguas residuales que provienen de su proceso productivo son altamente contaminadas con materia orgánica, presentan turbidez y sólidos en suspensión. La industria conservera de champiñones utiliza grandes volúmenes de agua para el lavado y procesamiento, lo que se traduce en la generación de grandes cantidades de efluentes residuales, que necesitan un tratamiento adecuado previo a la descarga a un cuerpo hidráulico. Los objetivos de la investigación fueron la caracterización fisicoquímica de los efluentes y el planteamiento de soluciones de tratamiento que sean eficaces y fácilmente aplicables por la empresa en cuestión. Como un aspecto metodológico para la caracterización se estableció cuatro puntos de muestreo: etapas de lavado y calibración, preparación de los champiñones, lavado de las latas de envase y el punto donde se mezclan los tres efluentes mencionados y se analizaron los siguientes parámetros fisicoquímicos: pH, conductividad, sólidos en suspensión totales, turbidez, demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) en una empresa conservera de Portugal. Como procedimiento experimental se realizó un tratamiento

biológico aerobio (biodegradación aeróbica) en dos reactores biológicos aeróbicos cilíndricos mediante lodos activados. Los resultados de la investigación concluyeron que tras una completa caracterización fisicoquímica que el efluente objeto de estudio es biológicamente biodegradable ( $DBO_5/DQO = 0,42$ ). De este modo, la aplicación de un proceso biológico aeróbico permite una reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) superior al 90% después de 48 horas.

Este antecedente fue tomado en cuenta, debido a que certifica que las aguas residuales provenientes de la industria de conservas, además de generarse en gran volumen poseen alta carga orgánica, validando la presencia de un problema dentro de la industria. Por otro lado, menciona que el tratamiento biológico, es una solución eficaz, debido a sus altas eficiencias de remoción, y al mismo tiempo es fácilmente aplicable a una empresa.

## 2.2 Bases Teórico Científicas

### 2.2.1 Agua Residual

La OEFA [3] define a las aguas residuales como: “aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado”.

Según su origen, las aguas residuales se clasifican en:

- **Domésticas:** Esta clasificación de agua residual, se caracteriza por contener desechos fisiológicos entre otros, generados como producto de las actividades humanas. Dicha agua residual debe ser dispuesta adecuadamente. Proviene también de establecimientos comerciales, públicos y similares.
- **Industriales:** son aquellas aguas que se generan a partir de los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.
- **Pluviales:** Estas aguas residuales provienen de las lluvias que son descargadas en grandes cantidades sobre los suelos. Cierta cantidad de esta agua es drenada, mientras que la otra cantidad queda escurrida por la superficie, originando la acumulación de tierra, hojas, arena, entre otros residuos que están en la intemperie. [13]

### **2.2.2 Características de las aguas residuales de la industria conservera**

Las aguas residuales de las industrias conserveras se caracterizan por su extrema variabilidad. El volumen de agua expresado en metros cúbicos por tonelada de materia prima tratada depende mucho más del proceso de fabricación que del producto tratado. Sin embargo, cabe señalar que la cantidad de agua que se utiliza para la fabricación de conservas vegetales es superior al de conservas de frutas, por ejemplo: la conserva de espinacas consume de 27 a 31 m<sup>3</sup>/t a comparación del melocotón que consume de 8,2 a 13,7 m<sup>3</sup>/t y el albaricoque que consume alrededor de 11 a 15,2 m<sup>3</sup>/t de materia prima. [7]

La tecnología aplicada para la fabricación de conservas es la apertización. Según el diccionario Larousse [14] es “aquella que consiste en la esterilización de un género a más de 100 °C, en un recipiente completamente cerrado de metal, vidrio o plástico, para eliminar todos los microorganismos y sus toxinas, y al mismo tiempo permite la conservación de larga duración a temperatura ambiente de los productos.”

Para Seoáñez [7], la fabricación de conservas consiste en esquema, en el lavado de la materia prima, escaldado o blanqueo de la misma mediante inmersión en agua hirviendo o vapor, pelado, envasado y esterilizado. Todas estas operaciones requieren cantidades considerables de agua, que pueden evaluarse en general, en 225 litros por bote. La gran parte del agua consumida durante el proceso es vertida una vez utilizada, lo que permite afirmar que los problemas de producción de efluentes son grandes.

El sector de conservas vegetales, debido a la disponibilidad de las diferentes materias primas, es caracterizado principalmente por operar, en la mayoría de los casos, por campaña. Cada fruta o verdura procesada por campaña posee distintas etapas de fabricación, lo que produce una variación típica ya sea tanto en los niveles de consumo de agua, como en las características de las aguas residuales producidas. Es por eso, que el sector agroindustrial es uno de los que poseen mayor variabilidad y estacionalidad de sus aguas residuales. [15]

Los tipos de contaminantes que aparecen en las aguas residuales son sólidos y líquidos. Los primeros están constituidos por partículas de tierra y restos no aprovechables. Estos deben ser tratados separadamente y no diluidos en agua, ya que así se reduce el problema de la contaminación y se consigue la máxima economía en la depuración. Y los segundos, los

residuos líquidos, se componen básicamente de agua, como son los sólidos en suspensión y sólidos en disolución. Generalmente se trata de suciedad adherida a los productos y desprendida por lavado, así como una gran concentración de materia orgánica originada en las operaciones de blanqueo, donde el agua se enriquece con grandes cantidades de azúcares, almidones y productos solubles al fruto. Además, se hallan todos los restos procedentes de la limpieza de la maquinaria y naves de la fábrica. [7]

La carga contaminante varía también según el estado de fabricación. El lavado al inicio del proceso es el que más agua exige (31 al 55%) y el que provee abundante materia en suspensión. Las aguas de enfriamiento, después del blanqueo, son relativamente importantes en volumen y DBO<sub>5</sub>. El volumen de agua evacuada durante la fabricación del jugo es pequeño, pero esas aguas están muy cargadas de materia orgánica. Las aguas de esterilización son importantes en volumen, pero son poco contaminantes. Cuando se hace uso de la lejía sódica, la contaminación presenta un carácter más grave por tratarse de productos químicos a neutralizar. [7]

Las aguas residuales de la industria conservera, respecto a su carga contaminante, muestran las siguientes características:

- ... Presencia de sólidos en suspensión como piedras, tierra o restos de vegetales (partículas sólidas) generados principalmente en la selección y acondicionado de la materia prima.
- Evidente carácter orgánico, provenientes principalmente de los procesos de lavado y escaldado. El incremento de los niveles de DQO y DBO<sub>5</sub>, es consecuencia de ambos procesos. En el primero el agua se carga de sustancias como azúcares, almidones y productos orgánicos solubles procedentes de los vegetales y en el segundo el uso de detergentes y desinfectantes añaden DQO al vertido, por lo que deben ser utilizados en dosis adecuadas.
- Elevada biodegradabilidad.
- No muy frecuente presencia de pH elevado. Generalmente cuando se utiliza el pelado químico debido a la alta concentración de sosa o en las operaciones de limpieza. [15]

Entonces el nivel de carga contaminante de un vertido puede estar influenciado por varios aspectos:

- ... El tipo de alimento procesado (pimiento, alcachofa, melocotón, etc.).
- El sistema de producción empleado (lavado con duchas o por inmersión, escaldado con agua o con vapor, pelado térmico, mecánico o químico, etc.)

- La presentación final que se le quiere dar a ese producto (congelado, en salmuera, en su jugo, concentrado, etc.)
- El nivel de producción (sistemas continuos o por cargas.)
- El tipo de industria (el que proceso un producto o multi-producto.)
- Si se mezclan las aguas de proceso con las de refrigeración (vertidos más diluidos o concentrados).
- Si se han implementado buenas prácticas de gestión ambiental (menor consumo de agua produce vertidos más concentrados). [15]

### **2.2.3. El uso de las aguas residuales**

El crecimiento demográfico, la urbanización y posiblemente los cambios climáticos, ocasionan cada vez más la escasez de agua dulce. Esto ha dado lugar al uso creciente de las aguas residuales para diferentes fines como la agricultura, la acuicultura, la recarga de aguas subterráneas, entre otros usos.

Generalmente, las aguas residuales tratadas son utilizadas en la agricultura, pues el uso de este recurso aminora las cantidades necesarias para esta actividad. Cabe resaltar que el uso de aguas residuales en la agricultura puede aportar beneficios como el aprovisionamiento de alimentos para muchas viviendas; sin embargo, su uso no controlado, puede traer impactos significativos sobre la salud humana; aquellos que se pueden minimizar implementando buenas prácticas de manejo. [13]

La Organización Mundial de la Salud (OMS) [16] , durante el año 1989, dió a conocer las Guías sobre el Uso Seguro de Aguas Residuales en la Agricultura y Acuicultura. Estas guías han repercutido significativamente en el reúso racional de aguas residuales y excretas en todos los países. Sin embargo, las aguas residuales tratadas también tienen otros destinos, como son:

- Mitigación ambiental
- Riego y mitigación ambiental
- Limpieza y mantenimiento
- Riego, limpieza y mantenimiento
- Recirculación de procesos

En el Perú, el uso para el riego de zonas agrícolas representa el 63,61% del total del reúso de las aguas residuales tratadas, es decir 80,657 hm<sup>3</sup>. A continuación se muestra la siguiente

tabla, en donde se puede evidenciar que los tres primeros usos del agua residual tratada son riego, recirculación de procesos y mitigación ambiental; con 80,657 hm<sup>3</sup>, 34,465 hm<sup>3</sup> y 9,789 hm<sup>3</sup>, respectivamente. [17]

**Tabla 1 - El reúso de las aguas residuales tratadas en el Perú.**

<b>DESTINO PRINCIPAL DEL REÚSO</b>	<b>VOLUMEN TOTAL DE REÚSO (HM<sup>3</sup>)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL REÚSO.</b>
Riego	80,657	63,61 %	Especies forestales de tallo alto. Áreas verdes (grass, especies arbóreas y ornamentales). Parques y jardines. Productos agrícolas como: palma aceitera, maíz y demás productos agrícolas.
Recirculación procesos.	34,465	27,18 %	Recirculación planta concentradora. Lixiviación de procesos. Lavado de máquinas. Fines metalúrgicos. Uso minero (Cerro Verde).
Mitigación Ambiental	9,789	7,72 %	Riego de vías de acceso. Control de polvos dentro de la instalación y trabajos. Compactación de tierras.
Riego y mitigación ambiental.	1, 838	1,45%	Uso combinado para riego de áreas verdes, especies arbóreas y control de polvos. Combinación de usos.
Limpieza y mantenimiento	0, 035	0,03 %	Limpieza de servicios higiénicos y limpieza en general de infraestructura.
Riego, limpieza y mantenimiento	0,008	0,01 %	Uso combinado para limpieza, mantenimiento de la instalación y riego de áreas verdes.
<b>TOTAL</b>	<b>126 792</b>	<b>100 %</b>	

Fuente. Aquino Espinoza. 2017.

#### **2.2.4 Reutilización del agua en la industria**

El tratamiento de los efluentes de los procesos industriales, no sólo por razones ambientales es importante, sino que también permite generar ahorros económicos ya que puede ser reutilizado en otros procesos dentro de la industria.

Dependiendo del tratamiento que se le dé al agua, ésta puede reutilizarse después en calderas, torres de enfriamiento o evaporadores. Si el tratamiento no es tan exhaustivo el agua tratada se

puede reutilizar en riego de áreas verdes, suministro a sanitarios dentro de la planta o en labores de limpieza, en donde además de ser ambientalmente correcto permite una recuperación de la inversión en la planta de tratamiento en poco tiempo por concepto de ahorro en consumo de agua potable y disminución de los pagos de descargas.

Según García [18], las posibles aplicaciones que se le puede dar al agua tratada en la industria son:

- Procesos Productivos
- Torres de Enfriamiento
- Calderas
- Redes de Incendio

**Procesos productivos.** Las aguas residuales pueden ingresar al sistema productivo dependiendo de la calidad de agua que se alcance, y cuando se garantice que no se atenta contra la salud del consumidor final. Estos procesos abarcan la generación de vapor, así como los dispositivos de enfriamiento, autoclaves, intercambiadores de calor, pasteurizadores, entre otros equipos, que necesitan determinada calidad de agua.

**Torres de Enfriamiento:** En las industrias se utilizan con mayor frecuencia torres de enfriamiento de un solo paso (sistemas abiertos). Tal tecnología provoca el uso inadecuado del agua ya que es empleada una única vez antes de ser vertida al alcantarillado, la misma que no es recirculada. Las aguas residuales tratadas pueden ingresar a este proceso dependiendo de los parámetros de calidad que exige la norma del sector.

**Vapor de la caldera:** Generalmente el agua condensada que se emite de la caldera en muchas empresas es vertida como agua residual. La reutilización del agua previo a un tratamiento puede significar un gran y valioso ahorro para la empresa.

**Redes de incendio:** Las aguas residuales se pueden reutilizar dentro de las tuberías de las redes de incendio, y serán aptas para su uso en caso sea necesario.

Seoáñez [7] afirma que, en numerosas partes del mundo, las aguas residuales son empleadas de manera satisfactoria en la industria, teniendo en cuenta que esta práctica no trae consigo problemas para la sanidad pública. El hecho de utilizar aguas residuales en la industria para enfriar motores, por ejemplo, no plantea problemas de salud pública. Sin embargo, si éstas no

son debidamente tratadas y empleadas de forma adecuada pueden representar un problema muy serio.

En ese contexto, la calidad del agua de reuso en la industria de alimentos, es un punto de referencia que merece mucha importancia, debido a que el destino final de las aguas tratadas no debe comprometer la salud pública presente en los procesos de producción al momento de reutilizarla. Por otro lado, la calidad de agua que se requiere en este sector posee características de agua potable (agua apta para consumo humano), no admitiéndose otro tipo de calidad de agua para esta clase de industria. Es decir, al momento de considerar la reutilización del agua tratada se debe tener en cuenta los requisitos higiénicos de la calidad de agua potable según el Reglamento de calidad del Agua para Consumo Humano, garantizando la seguridad alimentaria. [19]

Así mismo, una tabla de la OMS, ofrece una idea de los tratamientos que son necesarios por cuestiones de salud pública para mejorar la calidad de las aguas residuales al nivel requerido.

**Tabla 2 - Tratamientos propuestos por la OMS según criterios sanitarios para la reutilización industrial de las aguas residuales.**

<b>REUTILIZACIÓN INDUSTRIAL</b>	
Criterios sanitarios.	C o D
Tratamiento primario.	***
Tratamiento secundario.	***
Filtración.	*
Nitrificación.	*
Desnitrificación.	
Clarificación química.	
Adsorción por carbón.	
Intercambio iónico.	*
Desinfección.	*

Fuente: Seoáñez Calvo 2003.

**Símbolos:**

C: Ausencia de sólidos gruesos, con eliminación casi completa de bacterias y eliminación parcial de virus.

D: Como máximo, 100 coliformes por 100 ml en el 80% de las muestras.

\*\*\* Son tratamientos indispensables.

\* Tratamientos suplementarios (son necesarios a veces).

## 2.2.5 Etapas para el tratamiento de aguas residuales

SINIA [20] menciona que un sistema de tratamiento de aguas residuales es la agrupación de diversas operaciones, así como de procesos físicos, químicos y biológicos, que suelen emplearse para depurar las aguas residuales a un determinado nivel, alcanzando la calidad necesaria para su disposición final, o por el contrario para su reutilización.

Las aguas residuales, en general, poseen las siguientes etapas: a) Tratamientos preliminares o pre-tratamientos, b) Tratamientos Primarios, c) Tratamientos Secundarios, d) Tratamientos terciarios. Según Arana [21] los describe de la siguiente manera:

### A) Tratamientos Previos

Las aguas residuales que llegan a las instalaciones de los sistemas de tratamiento deben eliminar residuos gruesos para facilitar el funcionamiento de los demás tratamientos que le siguen. Para ello se consideran las siguientes etapas:

**a.1) Desbaste.** Consiste en la retención de los sólidos más gruesos, tales como troncos, piedras, plásticos, papeles, etc., en donde comúnmente se utilizan rejas. Estas rejas son diseñadas de acuerdo o acorde con los sólidos que se desean retener y generalmente son metálicas.

**a.2) Desarenado.** Consiste en separar el líquido residual y las arenas que contenga. Éste se da en un compartimento especial, donde las arenas se depositan en el fondo por la acción de la gravedad.

**a.3) Desengrase.** Este procedimiento consiste en concentrar en la superficie del agua las partículas en suspensión de baja densidad, especialmente aceites y grasas. Un procedimiento tradicional consiste en la introducción de burbujas de aire al agua, las mismas que se fijan en las partículas, y las hacen flotar.

Para Pascual [15], un sistema de filtrado en la industria de conservas vegetales, debe considerar debido a las características de sus aguas, los siguientes procesos de pre-tratamiento.

- **Sistemas de desbaste grosero y fino.** Tiene como objetivo eliminar aquellos sólidos particulados gruesos que se encuentran en las aguas residuales. Con ello evita obturaciones

o algún efecto negativo sobre bombas y válvulas presentes a lo largo de los equipos en unidades de tratamiento posteriores.

- **Tanque de homogeneización.** Cuyo objetivo principal es equilibrar el vertido, evitando picos de caudal y carga presentes en las aguas residuales. Esta unidad brinda mediante su accionar condiciones que permiten mantener agitadas las aguas, evitando sedimentaciones y un ambiente aerobio, evitando olores.
- **Sistema de neutralización.** Generalmente es utilizado cuando existen vertidos con pH extremos, por ejemplo, aquellos procesos en donde se realiza el pelado químico; mediante la utilización por adición de ácidos y bases que permiten neutralizar el agua.

## **B) Tratamientos Primarios**

Cuyo principal objetivo es la reducción del contenido de sólidos en suspensión del agua residual. Aquí se distingue varias operaciones:

**b.1) Decantación.** Consiste en la separación de partículas de mayor densidad por gravedad, las cuales se depositan en el fondo de los decantadores primarios, quedando arriba un líquido de mejor calidad. Es necesario para asegurar este proceso tener una baja velocidad de circulación de agua. Por otro lado, los fangos depositados en el fondo son recogidos (purga) de manera periódica, así como la limpieza de espumas y flotantes. aquella que se realiza mediante recogedores que barren la superficie del agua, como son los brazos radiales.

**b.2) Coagulación y floculación.** Consiste en la desestabilización de las suspensiones coloidales, provocando su aglomeración y posterior decantación.

**b.3) Neutralización.** Es frecuente que el pH de las aguas residuales a tratar no sea el adecuado para un tratamiento posterior, por ello es necesario corregir la excesiva alcalinidad o acidez del agua. Esto se logra mediante la adición de agentes ácidos o bases según el pH del líquido residual. El proceso se realiza en tanques de neutralización por adición y mezcla del agente con el agua residual. La actividad biológica óptima tiene lugar en un intervalo de pH comprendido entre 5 y 8,5; un pH demasiado alto o bajo de las aguas residuales puede obstaculizar la acción depuradora de los microorganismos.

Según Seoáñez [7], los tratamientos primarios viables de las industrias conserveras se pueden dar por tamizado, precipitación química por floculación o sedimentación.

### **C) Tratamientos Secundarios o Biológicos**

El tratamiento secundario está orientado básicamente a la reducción de la DBO. En este tipo de tratamiento las bacterias y microorganismos destruyen y metabolizan las materias orgánicas solubles y coloidales. Es decir, el agua proveniente del tratamiento primario es sometida a la acción de bacterias y protozoos, que se alimentan de la materia orgánica disuelta en el agua residual. Debido a esa acción la demanda de oxígeno disminuye al mismo tiempo que aumenta paulatinamente su concentración.

Este tratamiento biológico, a medida que se desarrolla, hace crecer la masa de microorganismos, formando masas de lodos que deberán ser separadas del agua depurada. Mientras que por un lado se crean lodos, por el otro el agua resultante es conducida a un decantador secundario, en donde los restos de materia orgánica en suspensión se depositan en el fondo. El agua proveniente de este decantador secundario contiene sólo entre el 5 y el 10% de la materia orgánica con la que entró inicialmente. [21]

Según Seoáñez [7], algunos de los procesos biológicos utilizados en la industria agroalimentaria son los Filtros biológicos (percoladores) o lechos bacterianos, Lodos activados, biofiltros y lagunas de estabilización.

De acuerdo con Arana [21], su definición y otras características se muestran a continuación:

**c.1) Filtro Percolador:** Definidos como unidades de tratamiento secundario con medio adherido o asistido. Consiste en la degradación biológica de la materia orgánica presente en el agua residual a través de un medio filtrante, en donde un grupo de bacterias y microorganismos forman una película biológica que hace posible la reducción de la carga orgánica.

**c.2) Lodos activados:** Este tratamiento biológico consiste en la agitación y aereación de una mezcla compuesta por agua de desecho y un lodo de microorganismos, los cuales se remueven y se encuentran en constante recirculación.

**c.3) Biofiltro:** Es un sistema de filtrado natural en el que existen colonias bacterianas de especies específicas que van captando suciedad y contaminantes del agua y los transforman en sustancias no nocivas. Un sistema de biofiltro está compuesto básicamente por varios niveles filtrantes, generalmente el nivel superior se hallan alojadas lombrices y bacterias, las cuales hacen posible la degradación de los residuos sólidos y líquidos orgánicos.

**c.4) Lagunas de estabilización:** Son estanques diseñados para el tratamiento de las aguas residuales, mediante procesos biológicos naturales de interacción de la biomasa (algas y bacterias aeróbicas) y la materia orgánica contenida en esa agua.

#### **D) Tratamientos Terciarios**

En algunos casos, cuando después de la decantación secundaria, la calidad del agua residual aún no se encuentra lo suficientemente libre de carga contaminante como para ser vertida de acuerdo con la legislación o la normativa vigente a los ríos, cauces o redes de alcantarillado, es conveniente completar las acciones con sistemas de afinado en la depuración, por lo que es sometida a un tratamiento terciario. Este tratamiento es casi siempre de tipo económico (tanto en instalación como en mantenimiento), ya que son métodos de refinado de aguas residuales y no métodos de mejora de la producción. [21]

Generalmente en las industrias agroalimentarias se debe tender al uso de los sistemas biológicos de bajo coste y completarlos si es necesario con una precipitación química, pues la mayoría de ellas suele generar vertidos con alta carga orgánica.

**Tabla 3 - Tratamientos básicos aplicables en las industrias agroalimentarias.**

TRATAMIENTO	SISTEMA
Filtración	Arena Grava Antracita Otros Mixto
Adsorción	Por contacto                      Carbón activo Por percolación                      Gel de Sílice Alúmina Resinas orgánicas
Oxidación	Ozono
Ósmosis Inversa	Membranas y presión
Eliminación de nutrientes	Sistemas biológicos Cloración Intercambio Iónico Arrastre con aire. Precipitación química.

Fuente: Seoáñez Calvo. 2003.

### E) Tratamientos de lodos.

Producidos generalmente en los procesos de decantación primaria y secundaria. Dichos lodos se componen principalmente de agua y partículas sólidas. El agua que lo compone se encuentra adherida o como agua capilar. La proporción de líquido que componen a estos lodos, generalmente se encuentran en un rango de 95-99%, y cuyo volumen depende en efecto del tipo de tratamiento que reciben las aguas residuales, así como de factores externos como el clima o las cantidades de agua residual tratada. Una de las características de estos lodos, es que pueden llegar en poco tiempo a un estado de putrefacción produciendo malos olores.

Por ello deben ser sometidos a procesos, que eviten estas perturbaciones, antes de ser eliminados o utilizados en diferentes actividades. El objeto de estos tratamientos es pues:

- Deshidratar
- Reducir el volumen total.
- Estabilizar (interrumpir los procesos de degradación)
- Utilizar los residuos (gases y materia seca).

Algunos de los tratamientos que se utilizan son: la digestión, el espesamiento, secado, filtración, centrifugación, incineración y/o tratamiento químico. [7]

### **2.2.6 Criterios para la selección y diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales**

Según Loaysa [22], para la elección de un proceso de tratamiento, es esencial conocer el uso futuro de esta agua tratada; para lo cual se necesita recolectar la debida información, así como la tecnología que se empleara en aquel proceso productivo (clase de producción y periodos), la caracterización completa del agua residual (valores de pH, DBO y DQO; cantidad de sólidos solubles, en suspensión y decantables), los caudales a tratar (caudal máximo, caudal mínimo, caudal promedio) y la disponibilidad de espacio para ubicar la planta de tratamiento.

La selección de una tecnología de tratamiento de aguas residuales considera estar apoyado en varios aspectos, desde los técnicos hasta los sociales, pasando por los económicos y ambientales.

Noyola *et.al.* [23] afirma que la sustentabilidad de una determinada tecnología dependerá de que sus características y concepción considere en el proceso la utilización de menores insumos y energía posible, además se espera que se logre adaptar a las condiciones que el medio social y económico le brinde. Es decir, emplear el menor uso de insumos y recursos locales, presentando un impacto menor al medio ambiente, en donde se logre tener control de sus emisiones y residuos, y transformándolos a su vez, en diversos subproductos susceptibles al aprovechamiento del contexto.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, es necesario recopilar información acerca de las diversas tecnologías, en cuanto a su disponibilidad, opciones de manejo de los residuos que genera, y costos; con el fin de poder seleccionar la tecnología adecuada para el sistema a proponer. A continuación, se muestran los principales criterios para la selección de procesos de tratamiento: [23]

- Disponibilidad de áreas.
- Personal de operación.
- Disponibilidad de Tecnología.
- Diseño y construcción.
- Alta Adaptabilidad del Sistema.
- Costo mínimo de inversión.
- Altos costos de operación y mantenimiento.

- Eficiencia de Remoción.
- Generación de lodos.
- Alto consumo de energía eléctrica.

Dichos criterios, muestran en cada uno, una serie de particularidades que son medidos y evaluados para cada de los tratamientos a seleccionar en sus diferentes etapas. Estas particularidades son descritas a continuación:

**Tabla 4 - Descripción de los criterios de selección de tratamientos.**

<b>CRITERIOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Disponibilidad de áreas y/o superficie.	El área o superficie a utilizar para la implementación de un sistema de tratamiento, en muchos casos es un asunto importante y primario, en la cual no sólo la disponibilidad de terreno juega un papel importante sino el costo del área y las condiciones apropiadas para ejercer el proyecto, es decir, la consideración de la presencia de napas freáticas en el fondo, ocasionando costos elevados de construcción y mantenimiento.
Costo mínimo de inversión	Se busca, que, en todo proyecto, el costo de inversión sea mínimo, con el fin de obtener aparte de buenos resultados, un buen índice de retorno, y capacidad de obtener mayores beneficios. Sin embargo, dichos costos en su mayoría, están supeditados a la tecnología aplicada y la eficiencia de sus procesos. Es por ello, que los ahorros de recursos son considerados a partir de planificación del proyecto y de su inversión sin olvidar la calidad que se espera brindar. Por otro lado, cuando se cuenta con los recursos suficientes para subsidiar dicho proyecto, este criterio no es considerado tan importante.
Disponibilidad de Tecnología	La tecnología a aplicar en el proyecto, ofrece características propias al uso y costo del servicio y/o producto que éste brinda. Sin embargo, la necesidad de incluir equipos ofrece una valoración especial, ya que muchos de estos definen la ventaja de un sistema de tratamiento, tomando en cuenta los costos de adquisición de la tecnología y/o mantenimiento de esta.
Diseño y Construcción	Con este criterio se busca que las condiciones de construcción y equipamiento no sean tan complejas y generen costos elevados en mano de obra especializada, materiales, entre otros.
Adaptabilidad del Sistema.	Según las características del proyecto, se busca que dicho criterio, proponga al proceso seleccionado, la operación sin interrupciones de intervalos de flujo dados y/o variaciones de caudal, frente a condiciones climáticas presentes en el entorno a desarrollarse. Con el fin de garantizar eficacia en el tratamiento del efluente o agua residuales de manera constante.
Requerimiento de Personal de operación	Dicho criterio ofrece la importancia debida, al menor requerimiento de mano de obra especializada, ya que eso elevaría los costos.

Costos de operación y mantenimiento.	Con ello se considera que la operación y mantenimiento del sistema de tratamiento sea simple, flexible y confiable. En donde una persona capacitada, pero no especializada pueda operar de manera correcta el sistema de tratamiento. Por otro lado, el mantenimiento de dicho sistema, está en función de las piezas disponibles (repuestos y servicios accesibles) debido a que estos factores condicionan de manera importante el funcionamiento y vida útil del sistema de tratamiento.
Consumo de energía eléctrica	Este criterio es considerado de gran importancia, debido al impacto directo en los costos fijos de operaciones del sistema de tratamiento. La implicancia de cualquier ahorro en este sentido, hará viable la operación continua del mismo sistema.
Mínima Generación de Residuos (lodos)	La relevancia de la generación de residuos en este proyecto, es de suma importancia. Ya que mientras menos residuos se generen, menor impacto ambiental, económico y social se tendrá.
Eficiencia de Remoción (materia orgánica biodegradable, agentes patógenos, entre otros)	Todos los tipos de tratamiento ofrecen la remoción de parámetros dependiendo el fin de su causa. Para este criterio se busca que la eficiencia de remoción, ya sea tanto de materia orgánica, como de sólidos, sólidos sedimentales, patógenos, entre otros; sean reducidos en su mayoría o con índices altos.

Fuente: Noyola *et al.*, 2013.

Por otro lado, sin embargo, siempre se deben tener en cuenta estos factores: [7]

- **Factor Social:** Si el entorno (población) aceptará la solución que se les brinda sin ocasionar problema alguno.
- **Factor Económico:** Si los costos de instalación y de mantenimiento son asumibles.
- **Factores Técnicos:** Si es complicada la instalación y si es fácil el mantenimiento.
- **Factor Ecológico:** Si la solución adoptada favorece o afecta poco al medio ambiente.

### 2.2.7 Marco Normativo del reúso de las aguas residuales tratadas en el Perú

Aquino [17] a través de su informe, menciona que: hoy en día, en el Perú la gestión de recursos hídricos cuenta con una arquitectura legal, la cual le ha permitido su uso sostenible, el mismo que se evidencia en la aprobación de la Ley N° 30588, la cual aprueba una reforma de la Constitución peruana en donde se reconoce el derecho a acceder al agua potable, el mismo que constituye un derecho constitucional. Es por ello, que resulta ser un desafío el poder integrar la etapa del vertimiento y reúso de aquellas aguas residuales tratadas, dentro de la gestión integrada del recurso hídrico.

A continuación, a través de la Tabla 5, el autor hace mención de las normas que deben ser aplicadas en el vertimiento y uso del recurso hídrico en nuestro país, siendo estos empleados en el proceso de tratamiento de aguas residuales industriales no convencionales.

**Tabla 5 - Marco legal aplicable a la gestión sostenible de las aguas residuales.**

NORMA		DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN
Constitución Política del Perú	Ley N° 30588	Ley de Reforma Constitucional que reconoce el derecho al agua como derecho constitucional que incorpora el artículo 7°-A en la Constitución Política del Perú.	El Estado reconoce el derecho de toda persona a acceder de forma progresiva y universal al agua potable. El Estado garantiza este derecho priorizando el consumo humano sobre otros usos.
ANA	Resolución Jefatural N° 058-2017-ANA	Regula forma y plazos para el pago de retribución económica por parte de los usuarios por el uso de agua y por el vertimiento de aguas residuales.	Usuarios con autorización de vertimiento de aguas residuales, el pago se efectúa en forma anual y por adelantado.
	Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA	Nuevo reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúso de aguas residuales tratadas.	Regulación sobre el vertimiento de las aguas residuales tratadas.
MINAGRI	Ley N° 29338	Ley de Recursos Hídricos.	Vertimiento y Calidad. Aprovechamiento sostenible.
MINAM	Ley N° 28611	Ley General del Ambiente	El Estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de reutilización considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria de reúso sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizan. Además, regula los vertimientos autorizándolas, siempre y cuando el cuerpo receptor lo permita.
	Decreto Legislativo N° 1278	Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.	Las aguas residuales y los residuos líquidos que se incorporen al manejo de las mismas, de acuerdo a la legislación de la materia, cuya regulación es competencia de la Autoridad Nacional del Agua y del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en el ámbito de sus respectivas funciones y atribuciones.
	Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM	Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias.	Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.
MVCS	Decreto Legislativo N° 1280	Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento.	Servicio de tratamiento de aguas residuales para disposición o reúso.
	Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA	Valores Máximos Admisibles	VMA de las descargas de agua no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, a fin de evitar el deterioro de instalaciones de infraestructura sanitaria.

Fuente. Aquino Espinoza. 2017

Para el reúso del agua residual tratada, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), a través del Consejo de Cuenca, es quien otorga la autorización según el fin para el que se destine la misma en coordinación con la autoridad sectorial competente y, cuando corresponda, con la Autoridad Ambiental Nacional. (Art. 82 de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338). [24]

Debido a que en el Perú no existe legislación nacional para reúso de aguas, el Art. 150 de la D.S. N° 001-2010-AG de la Ley de Recursos Hídricos - Criterios para evaluar la calidad del agua para reúso; establece que las solicitudes de autorización de reúso de aguas residuales tratadas serán evaluadas tomándose en cuenta los valores que establezca el sector correspondiente a la actividad a la cual se destinará el reúso del agua o, en su defecto, las guías correspondientes de la Organización Mundial de la Salud. y/o países con normatividades de reúso vigentes.

Actualmente, sólo existen 6 países de América que tienen normatividad referente al reúso del agua residual. En la siguiente tabla, se muestra la normatividad vigente que regula el reúso de aguas residuales en países de América.

**Tabla 6 - Normatividad vigente de los Países de América.**

PAÍS	NOMBRE	TÍTULO	FECHA
OMS	Guías OMS	Para el uso seguro de aguas residuales, excretas y aguas grises.	2006
Estados Unidos	EPA 430/09-91-022	Municipal wastewater reuse selected readings on water reuse.	Septiembre de 1991
	EPA/600/R-12/618 G	Guidelines for water reuse.	
Chile	Norma Chilena Oficial 1333	Requisitos de calidad del agua para diferentes usos	1987
México	NOM-003-SEMARNAT-1997	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.	14 de agosto de 1998
Brasil	Asociación Brasileña de Normas Técnicas - NBR - 13.969 / 97	La reutilización de aguas residuales.	1997
Colombia	Resolución 1207	Disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas.	13 de agosto de 2014
Costa Rica	Decreto N° 33601	Reglamento de vertido y reúso de aguas residuales.	2009

Fuente. AIDIS, 2016

AIDIS [25] acerca de las condiciones para el reúso de aguas residuales en las diversas normatividades, menciona lo siguiente: “todas presentan estructuras diferentes basadas en el uso que tendrá las aguas residuales tratadas, el contacto directo o indirecto con la población; y el origen de las mismas. Así mismo indica que la normatividad de Chile cuenta con límites permisibles más estrictos que el resto de los países y sus normatividades en cuanto a parámetros físicos y biológicos. Por otro lado, los países que establecen los límites dependiendo del uso final del agua son México y Costa Rica.”

A continuación, en la Tabla 7 se muestran los principales parámetros medidos en las diferentes normativas mencionadas anteriormente.

**Tabla 7 - Parámetros Físicos y Microbiológicos de las aguas tratadas para su reúso en los diferentes países.**

<b>PAÍS</b>	<b>PARÁMETROS FÍSICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS TRATADAS PARA SU REÚSO EN LOS DIFERENTES PAÍSES</b>
Brasil	Turbiedad, Coliformes Fecales, Cloro Total, Solidos suspendidos totales y Oxígeno Disuelto (para uso en la agricultura)
Colombia	Coliformes Fecales, Huevos de Helminto, Cloro Total y DBO <sub>5</sub>
Costa rica	Coliformes Fecales, DBO <sub>5</sub> , DQO, pH, Sólidos Sedimentables y Sólidos Suspendidos Totales.
Chile	Turbiedad, Oxígeno Disuelto, Solidos Sedimentables, Hidrocarburos, Coliformes Fecales.
México	Coliformes Fecales, DBO <sub>5</sub> , Huevos de Helminto y Sólidos Suspendidos Totales.
Perú	Parámetros que establece la OMS.

Fuente. AIDIS, 2016

De acuerdo con la tabla anterior, la normativa de Costa Rica [L2] es aquella que incluye la medición de parámetros que corresponden con las características de las aguas residuales de la industria conservera para su tratamiento. Dicha normativa en el Capítulo IV – Reúso de aguas residuales, menciona que en ningún caso se debe utilizar las aguas residuales tratadas especiales (aguas residuales industriales) para consumo humano o para fines en donde la calidad del agua sea apta para consumo humano. Así mismo define 8 tipos de reúsos y especifica los parámetros que debe cumplir el agua residual especial para ser reusada de acuerdo con la clasificación por tipo de reúso.

En la siguiente tabla se muestran los parámetros físico - químicos y microbiológicos de acuerdo con el Tipo 1: Reúso urbano, en donde se encuentra la actividad de lavado de vehículos de transporte, uso en servicios higiénicos (inodoros), riego de zonas verdes y vías de acceso no asfaltadas.

**Tabla 8 - Límites máximos permisibles para reúso Tipo 1 de aguas residuales especiales.**

<b>ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>LÍMITE</b>
DBO <sub>5,20</sub>	150 mg/l
DQO	400 mg/l
Sólidos suspendidos	150 mg/l
Grasas/aceites	30 mg/l
Potencial hidrógeno	5 a 9
Temperatura	15°C ≤ T ≤ 40°C
Sólidos sedimentables	1 ml/l

<b>ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>LÍMITE</b>
Coliformes Fecales	1 000 NMP/100 ml

Fuente. Decreto 33601. Reglamento de vertido y reúso de aguas residuales.

Cabe resaltar que, la disposición final de las aguas tratadas después de su reúso, debe cumplir con los VMA [L1] para ser vertidas a la red del alcantarillado.

Por otro lado, es oportuno indicar que, para fines de esta investigación, las aguas residuales tratadas no serán utilizadas en actividades como: lavado de la nave de la fábrica, lavado de maquinarias y/o reincorporación del agua tratada en etapas del proceso de producción, por considerarse un punto crítico que puede afectar directamente la higiene y la seguridad alimentaria en la empresa.

### **2.2.8 Parámetros de calidad del agua**

Los parámetros de calidad de agua, son aquellas características físicas, químicas y biológicas que permiten identificar cual es el grado de contaminación que posee el agua. Muchos de éstos se utilizan en el control de procesos de tratamiento de aguas realizando mediciones de forma continua.

De acuerdo con Pascual [15], los parámetros se han ordenado en 3 apartados según el tipo de características que miden. La Tabla 9 muestra dichos apartados.

**Tabla 9 - Principales parámetros indicadores de la contaminación del agua residual.**

<b>CLASIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS.</b>	<b>TIPOS DE INDICADORES.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Físicos</b>	<b>Características Organolépticas</b>	<p><b>Color:</b> Dependiendo del tipo de proceso, existe una alteración del color del agua inicial. Esto trae consigo efectos perjudiciales estéticos, disminuye la transmisión de la energía solar</p> <p><b>Olor:</b> Generado principalmente por materiales volátiles contenidos en la materia y por los procesos de degradación de la materia orgánica.</p>
	<b>Temperatura</b>	Influye en la solubilidad de las sales, en la conductividad eléctrica y en el pH del agua. Su importancia radica en la utilidad para calcular los intercambios térmicos que tienen lugar en el medio.
	<b>Turbidez</b>	Es la debida presencia de materias en suspensión. Indica la falta de transparencia debido a una elevada presencia de sólidos en suspensión. A mayor turbidez, mayor contaminación del agua.
<b>Químicos</b>		<p>Por su composición se clasifican en:</p> <p><b>Orgánicos:</b> De origen animal o vegetal. Contienen C, H y O y también pueden combinarse con S, N, P. Sujetos a degradación bacteriana y de otros organismos vivos.</p> <p><b>Inorgánicos:</b> son sustancias inertes, que no se degradan, como sales minerales, arena, grava.</p>
	<b>Sólidos Totales</b>	<p>Éstos se pueden encontrar de acuerdo a su estado físico en:</p> <p><b>Sólidos en suspensión:</b> son aquellos sólidos, orgánicos e inorgánicos, que pueden separarse del agua residual por medios físicos o mecánicos.</p> <p>Los SS se clasifican a su vez en sólidos sedimentables y coloidales.</p> <p><b>Los sólidos sedimentables,</b> como su mismo nombre lo menciona, hace referencia a aquellos sólidos que debido a su peso y tamaño pueden ser sedimentados en condiciones establecidas por periodos determinados.</p>
	<b>Materia Oxidable</b>	<b>Sólidos disueltos:</b> es la fracción de sólidos, orgánicos e inorgánicos, que no es filtrable. Son de tamaño inferior a una milimicra ( $\mu$ m). <b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) (<math>\text{mg O}_2/\text{l}</math>, ppm).</b> Representa la fracción

		<p>orgánica biodegradable presente en el agua residual. Es la cantidad de oxígeno, en mg/l o ppm, que se requiere para la oxidación aerobia biológica de la materia orgánica de las aguas residuales.</p> <p><b>Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg O<sub>2</sub>/l, ppm).</b> Representa la fracción de materia que es oxidada químicamente. Es el equivalente de oxígeno de la materia que puede oxidarse y se mide utilizando un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido.</p> <p>A la relación DBO/DQO se la llama Biodegradabilidad, que es óptima si es de un 50% o mayor. Ésta se define como la capacidad de determinados compuestos para poder ser utilizados por microorganismos como fuente de alimentación.</p>
	<b>Detergentes</b>	<p>Los detergentes entran en las aguas principalmente por descarga de residuos acuosos del lavado industrial. Éstos producen una disminución de la tensión superficial. El parámetro de detergentes se expresa en mg/l.</p>
	<b>Aceites y grasas</b>	<p>Dentro de este grupo se encuentran las grasas y aceites que estén en estado libre, ya sean de origen animal, vegetal o mineral. Se miden en mg/l.</p>
	<b>pH</b>	<p>Mide la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Un elevado pH indica una baja concentración de iones de H<sup>+</sup> y por lo tanto una alcalinización del medio y lo contrario indica una acidificación.</p>
<b>Microbiológicos</b>	<b>Coliformes Fecales</b>	<p>Es un tipo de microorganismos patógeno de origen fecal. Se debe evitar que dichas aguas contaminadas con este patógeno puedan entrar en contacto directo con personas.</p> <p>El grupo coliforme en su conjunto, son los organismos más comunes utilizados como indicadores de la contaminación fecal, así como los estreptococos fecales.</p>

Fuente. Pascual Andres. 2013

Para los agentes microbiológicos, los Coliformes en específico, Gómez [26] menciona lo siguiente:

... “Los géneros Escherichia (en los cuales pertenece la Escherichia Colli, bacteria representativa de origen fecal) y Aerobacter son bacterias representativas de las coliformes. Por constituir un grupo muy numeroso,  $2 \times 10^{11}$  organismos por persona-día, en los excrementos humanos, se usa como indicadores

de contaminación por organismos patógenos en el agua.” A continuación, en la siguiente tabla se muestra la clase de agua en función del número de coliformes.

**Tabla 10 - Clase de Agua y su tratamiento en función del número presente de coliformes.**

<b>CLASE</b>	<b>NMP/100 ml</b>
Agua apta para purificación son sólo desinfección.	< 50
Agua apta para purificación con tratamiento convencional.	50 – 5 000
Agua contaminada que requiere tratamiento especial.	5 000 – 50 000
Agua contaminada que requiere tratamiento muy especial.	>50 000

Fuente. Gómez Claudia. 2012

### **2.2.9 Muestreo del agua residual**

Debido a que los vertidos industriales poseen alta variabilidad, se necesita realizar un estudio individual de acuerdo al tipo de industria, con el fin de aplicar el sistema de tratamiento más adecuado. Por ello la toma de muestras, resulta ser una actividad que permite conocer ciertas características para lograr dicho fin. El objetivo principal de la toma de muestras es obtener una porción de material de un total, el cual es transportado y manipulado sin que deje de perder las características exactas del lugar de donde procede para ser analizado.

Según Pascual [15], se debe conocer el procedimiento para el muestreo de agua residual:

#### **Requisitos considerados en la toma de muestras**

##### **a) Tipo de muestreo**

- **Muestreo aleatorio simple.** Consiste en una toma al azar de muestras independientes en el que el momento de cada toma está determinado a partir de tablas de números aleatorios.
- **Muestreo estratificado.** Se divide la masa de agua a estudiar en distintas partes y se aplica a cada una de ellas un muestreo aleatorio simple.

##### **b) Tipo de muestras**

- **Muestra simple:** es aquella muestra colectada una sola vez y con un volumen determinado mediante el uso de un colector, emisario, cauce, etc. Estas a su vez suelen representar las condiciones que se dan en el momento preciso. Se puede utilizar para

representar un gran periodo de tiempo si se sabe que la composición del agua es constante a lo largo del tiempo. Es decir, esta muestra se realiza cuando se tiene conocimiento de que las características de los efluentes son constantes a lo largo de la jornada.

- **Muestra compuesta:** A partir de ella se obtiene una muestra representativa cuando el medio no es homogéneo. La muestra a analizar se compone de un conjunto de muestras instantáneas tomadas a lo largo de un periodo de tiempo determinado (día, jornada laboral, proceso fabril, etc.).

### c) Técnicas de muestreo

Mediante las técnicas de muestreo se determina la selección de los puntos y la frecuencia de muestreo, método, equipos, envases, conservación, transporte y almacenaje de la muestra:

- Los puntos de muestreo deben ser convenientes y de fácil acceso; la estación de muestreo debe estar situada de forma que permita tomar una muestra representativa.
- El volumen de muestra y la frecuencia con la que se debe realizar el muestreo dependerán de los parámetros a determinar, el tipo de agua que se va a muestrear y el uso que se va a hacer de la misma.
- Los envases están hechos generalmente de plástico o vidrio; según los casos puede resultar preferible un material u otro, evitando las interacciones entre la muestra y el envase. En cuanto se toma la muestra, debe pegarse al recipiente una etiqueta conteniendo toda la información posible, como identificación y descripción del punto de muestreo, número de la muestra, fecha y hora del muestreo, etc.
- El método de preservación de las muestras hasta su análisis dependerá de la naturaleza de la muestra, los compuestos a analizar, las condiciones de la toma, transporte y almacenamiento y del tiempo transcurrido desde la toma de muestra hasta su análisis. Los métodos de preservación utilizados generalmente son de dos tipos: térmicos y químicos. A pesar de utilizar cualquier técnica de preservación, el tiempo transcurrido entre la toma de muestra y el análisis debe ser el mínimo imprescindible.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Diagnóstico del proceso de conserva de gandul verde y las aguas residuales que genera

##### 3.1.1. La empresa

Alpes Chiclayo S. A. C., es una empresa peruana, que está ubicada en el distrito de Pacora, en el departamento de Lambayeque a 55 minutos de la ciudad de Chiclayo. Inició sus operaciones en el año 2004 y desde entonces se dedica a la producción de conservas enlatadas de gandul verde para la exportación, siendo su principal mercado Estados Unidos en Norteamérica y algunos países como Canadá, Panamá y Puerto Rico en Centroamérica. La empresa produce conservas de gandul verde cuya presentación es de 358 mililitros, debidamente etiquetadas, lotificadas y codificadas.

- a) **Misión.** Ofrecer un producto de calidad, atendiendo de manera oportuna la demanda de nuestros clientes, satisfaciendo sus necesidades con un producto de calidad y de exportación, mediante procesos eficientes y amigables con el medio ambiente, además de contribuir con el desarrollo de nuestros colaboradores, distribuidores y nuestro país.
  
- b) **Visión.** Ser una empresa productora en conservas de gandul verde, líder en el mercado nacional e internacional, que se caracterice por el cumplimiento de los estándares de calidad que validan nuestros productos, así como la innovación constante de nuestros procesos.

Sus instalaciones poseen servicios básicos como son luz eléctrica y suministro de agua potable ofrecido por la red de EPSEL. Actualmente cuenta con una fuerza laboral compuesta por 33 trabajadores, incluyendo operarios, jefes de áreas, personal asistente y seguridad.



**Figura 1 - Ubicación de la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.**  
Fuente. Google Maps. 2018



**Figura 2 - Fachada de la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.**  
Fuente. Google Maps. 2018

### **3.1.2. Descripción del proceso de producción**

Alpes Chiclayo S.A.C, procesa en promedio 5 toneladas diarias de materia prima, 32 toneladas a la semana y 128 al mes. Para llevar a cabo dicho proceso de producción, la empresa cuenta con 2 pozas (cada una con una capacidad aproximada de 300 m<sup>3</sup>) abastecidas de agua potable provenientes de la Red de EPSEL destinadas al aprovisionamiento de dicho recurso

durante el proceso; teniendo en cuenta que el requerimiento de agua está en función de la disponibilidad de la materia prima y las jornadas laborables de los trabajadores. En la empresa Alpes Chiclayo S. A. C., una jornada laboral consta de 10 horas al día, durante 6 días a la semana. Por otro lado, las elevadas cantidades de agua residual originadas a partir del proceso, son vertidas sin ningún tratamiento de forma directa a la red de alcantarillado, desembocando en los ríos y mares.

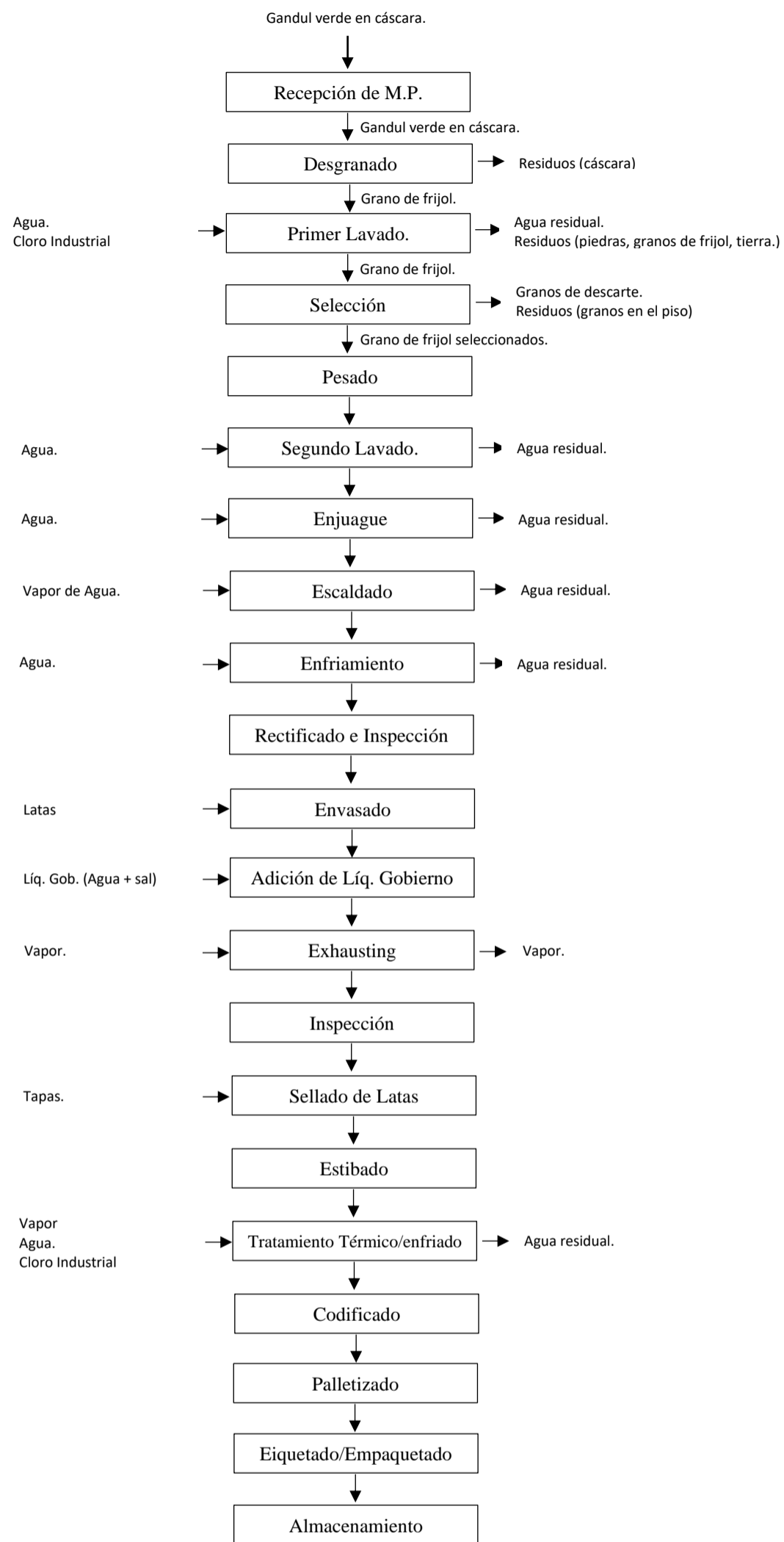
El proceso productivo que mantiene la empresa para la elaboración de conservas de gandul verde, se describe a continuación.

- **Recepción de Materia Prima:** En esta etapa, la materia prima es recepcionada, pesada y registrada, para luego ser almacenada y procesada al día siguiente.
- **Desgranado:** Esta operación consiste en la separación del gandul verde, en grano y cáscara, mediante una máquina desgranadora o peladora, Los granos del frijol son llevados al área de lavado por un operario, mientras que las cáscaras son consideradas como residuo y desechadas.
- **Primer Lavado:** Los granos de gandul verde son llevados hacia una poza o tina de estructura metálica que contiene agua con cloro (250 mililitros de cloro por cada 1 800 litros de agua). Durante esta etapa los granos de gandul son removidos por un operario de forma constante, con el fin de eliminar partículas o suciedad presentes en el grano. Después del lavado, el operario filtra el grano del agua y lo coloca en canastillas para ser llevados a la siguiente etapa.
- **Selección:** Esta etapa es llevada a cabo por operarios con experiencia, que de manera artesanal escogen y separan los granos de descarte y los granos en buen estado.
- **Pesado:** Después de la selección del grano, el operario registra el peso de la materia prima, aquella que es almacenada en baldes, con el fin de medir el rendimiento de cada operario en el área de selección y al mismo tiempo mantener un control de la materia prima óptima.
- **Segundo lavado:** El grano de gandul verde es nuevamente lavado con agua, para eliminar impurezas o residuos producto de la selección. En esta etapa los granos seleccionados son almacenados en jabas.
- **Enjuague:** Los granos seleccionados almacenados en jabas provenientes de la etapa anterior, son lavados nuevamente antes de ser llevados a la etapa de escaldado. El lavado consiste en sumergir la materia prima en agua y removerla para ser inmediatamente retirada y trasladada.

- **Escaldado:** En esta etapa las jabas con granos seleccionados son sumergidas en un recipiente para la aplicación de vapor a 60 psi a una temperatura que varía entre 85°C y 90°C durante 3 minutos.
- **Enfriamiento:** Las jabas provenientes de la etapa de escaldado son sumergidas en agua a temperatura ambiente con el fin de ser enfriadas, para ser llevadas al área de rectificado.
- **Lavado de latas:** En esta actividad, el operario lava las latas con agua y las coloca cerca de la posición de los operarios en el área de envasado.
- **Rectificado:** Esta etapa consiste en separar las cubiertas de frijol que se produjeron en la etapa de escaldado por acción de vapor y temperatura, con el fin de obtener un grano de mejor presentación.
- **Envasado:** La materia prima es vertida según el peso en las latas recién lavadas, para luego adicionarles el líquido de gobierno.
- **Adición del líquido de gobierno:** Una vez que las latas poseen dentro el grano previamente tratado, se le adiciona el líquido de gobierno, aquel que está compuesto por agua y sal, a una temperatura que varía entre 80°C y 90°C.
- **Exhausting:** Consiste en pasar las latas con líquido de gobierno por un equipo en forma de túnel para la inyección de vapor a 85°C como mínimo, con la finalidad de eliminar el aire existente y las burbujas que se forman al introducir el líquido de gobierno.
- **Inspección:** Después de la etapa de exhausting, se inspecciona las latas con el fin de que éstas no contengan ningún elemento extraño afectando la calidad del producto antes de ser sellado.
- **Cerrado o Sellado:** Es la aplicación de las tapas de la lata, mediante una máquina asistida por un operario, para ser selladas.
- **Estibado en coches:** Después del sellado de las latas, éstas se colocan en coches para ser llevadas al área de tratamiento térmico.
- **Tratamiento térmico/enfriado:** El tratamiento térmico se realiza en una máquina denominada autoclave, con ella se llevan a cabo cuatro sub-operaciones: venteo, elevación, tratamiento térmico y enfriamiento; en un tiempo aproximado de 5 minutos; 4 minutos a 102°C; 18 minutos a 121°C; y 22 minutos respectivamente. Para el enfriado, se inyecta agua con cloro a una cantidad de 250 mililitros de cloro por cada 2 000 litros de agua.
- **Codificado:** Después del tratamiento térmico, las latas son descargadas sobre una faja transportadora en las que se imprime la fecha y el número de lote a través de una máquina codificadora.

- **Palletizado:** En esta etapa se colocan las latas ya codificadas en los pallets disponibles para la formación de lotes.
- **Etiquetado/empaquetado:** En esta actividad se procede al etiquetado correspondiente de las latas para ser colocadas en cajas.
- **Almacenamiento:** Después de colocar las latas en cajas, éstas son almacenadas en el área correspondiente dentro de la planta.

De acuerdo al proceso de producción descrito anteriormente, la generación de agua residual por etapa se muestra a continuación en la figura 3.



**Figura 3 - Diagrama de Bloques del proceso de Producción en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.**  
Fuente. Alpes Chiclayo S. A. C. 2018

### 3.1.3 Agua requerida para el proceso de conserva de gandul verde en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.

Alpes Chiclayo S. A. C., como se mencionó anteriormente, procesa en promedio 5 toneladas al día, y para ello requiere 301,7 m<sup>3</sup>/día de agua en promedio para llevar a cabo el proceso. Es decir, Alpes Chiclayo S. A. C. consume 60,3 m<sup>3</sup>/t materia prima. Sin embargo, cabe mencionar que, aunque la mayor parte del consumo de agua es utilizado en el proceso de producción, existe un consumo por parte de otras actividades como el lavado diario de maquinarias, lavado de vehículos de transporte, limpieza de la nave de la fábrica, riego de la vía de acceso no asfaltado y alrededores para evitar el levantamiento de la tierra, riego para zonas verdes y servicios higiénicos, que también ha de ser incluidos dentro del costo total del consumo de agua.

A continuación, en la Tabla 11 y 12, se muestra la demanda aproximada de agua necesaria para las diversas actividades de producción, limpieza y mantenimiento de las instalaciones de la empresa. Estas cantidades fueron determinadas por la empresa de acuerdo a las características que presentan los equipos (volumen) y el número de veces que fueron utilizados por hora.

**Tabla 11 - Cantidad promedio en m<sup>3</sup> de agua requerida por proceso en 2017.**

PROCESOS Y/O ACTIVIDADES	CANTIDAD EN m <sup>3</sup> /h
Lavado	8,05
Enjuague	7,2
Escaldado	4,6
Enfriamiento	3,6
Envasado	1,5
Tratamiento térmico/enfriado	19,081

Fuente: Alpes Chiclayo S. A. C. 2017

**Tabla 12 - Cantidad promedio en m<sup>3</sup> de agua requerida para la limpieza y mantenimiento de alrededores de la planta en el año 2017.**

ACTIVIDADES DE LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO	CANTIDAD EN m <sup>3</sup>
Limpieza de la nave de la fábrica	5,6 m <sup>3</sup> /día
Servicios Higiénicos (uso de inodoros)	1,05 m <sup>3</sup> /día
Limpieza de vehículos de transporte	3,5 m <sup>3</sup> /día
Riego de vías de acceso no asfaltadas	2,3 m <sup>3</sup> /día
Riego en zonas verdes	0,12 m <sup>3</sup> /día

Fuente: Alpes Chiclayo S. A. C 2017

De acuerdo con las cantidades mostradas anteriormente, para el cálculo de la cantidad de agua requerida por cada etapa del proceso, se tuvo en cuenta las medidas de las tinas que intervienen

en cada una de ellas, excepto en la etapa de tratamiento térmico/enfriado, que fue determinado por la empresa. En la etapa de lavado, el volumen aproximado de agua utilizada es de  $1,15 \text{ m}^3$ ; este se deriva de las medidas de la tina de lavado hechas de acero inoxidable por cada vez que desea lavar la materia prima. Las medidas de la tina de lavado son: altura: 1 m, ancho: 0,85 m y largo: 1,80 m, pero de acuerdo con su uso, ésta sólo se llena hasta con una altura de 0,75 m de agua por un promedio de 7 u 8 veces por hora aproximadamente. Para la etapa de enjuague, las medidas de la tina de enjuague son: altura: 0,85 m, ancho: 0,85 m y largo: 0,95 m, sin embargo, para su uso, éste sólo se llena con agua hasta una altura de 0,75 m, obteniendo un volumen aproximado de agua utilizada de  $0,60 \text{ m}^3$ . Este proceso se realiza 12 veces aproximadamente durante 1 hora. Para la etapa de escaldado, las medidas de la tina de escaldado son: altura: 0,65 m, ancho: 0,55 m y largo: 0,75 m, sin embargo, para su uso, éste sólo se llena con agua hasta una altura de 0,50 m, obteniendo un volumen aproximado de agua utilizada de  $0,20 \text{ m}^3$ . Este proceso se realiza 23 veces en promedio durante 1 hora. Para la etapa de enfriamiento, las medidas de la tina de enfriamiento son: altura: 0,60 m, ancho: 0,50 m y largo: 0,55 m, sin embargo, para su uso, éste sólo se llena con agua hasta una altura de 0,55 m, obteniendo un volumen aproximado de agua utilizada de  $0,15 \text{ m}^3$ . Este proceso se realiza 24 veces en promedio durante 1 hora. Para la etapa de envasado, el agua requerida no es utilizada propiamente para el proceso, sino para el lavado de latas que intervienen en el proceso. El volumen de agua aproximado que se utiliza fue medido en baldes de  $0,02 \text{ m}^3$ . Para este proceso se recolectaron 75 baldes en promedio de agua residual por una hora.

Para las actividades de limpieza y de mantenimiento de alrededores de la planta, la cantidad de agua aproximada requerida se calculó mediante la utilización de baldes de  $0,02 \text{ m}^3$ , los cuales fueron llenados de agua para su uso. Para la limpieza de la nave de la fábrica se utilizaron 140 baldes aproximadamente de agua potable por lavado (el lavado de la nave de la fábrica se realiza al inicio de las operaciones y al termino de las mismas); para el lavado de vehículos se utilizó 175 baldes en promedio (el lavado se realiza sólo una vez al día); para el riego de la vía de acceso no asfaltada se utilizaron 115 baldes de agua al día (el riego se realiza cada 2 horas aproximadamente) y para el riego de áreas verdes se utilizaron 6 baldes de agua al día. Para el cálculo del agua utilizada en los servicios higiénicos (sólo el agua de descarga de los inodoros) se tuvo en cuenta el modelo de inodoro que se encuentra en la fábrica, cuya capacidad de descarga es de 2 galones aproximadamente, lo que equivale a 8 litros por descarga. Durante el día se tuvo un promedio de 132 visitas al baño, haciendo uso de un volumen total aproximado de agua de  $1,056 \text{ m}^3/\text{día}$ .

Según Seoáñez [7], la industria agroalimentaria consume cantidades enormes de agua, ya sea dentro del proceso como materia prima o usada dentro de las operaciones como vehículo térmico (agua de refrigeración, vapor de agua, etc.), o como instrumento necesario para el tratamiento de las materias primas (escaldado, cocido, limpieza, etc.). En la industria conservera, por ejemplo, el consumo general de agua es inferior a 10 -35 m<sup>3</sup> de agua /t de materia prima. Así mismo, afirma también que, en numerosas partes del mundo, las aguas residuales son empleadas de manera satisfactoria en la industria. Y que el tratamiento de los efluentes, no sólo por razones ambientales es importante, sino que también permite generar ahorros económicos ya que puede ser reutilizado en otros procesos dentro de la industria, ya sea en calderas, torres de enfriamiento o evaporadores. Si el tratamiento no es tan exhaustivo el agua tratada se puede reutilizar en riego de áreas verdes, suministro a sanitarios dentro de la planta o en labores de limpieza, en donde además de ser ambientalmente correcto permite una recuperación de la inversión en la planta de tratamiento en poco tiempo por concepto de ahorro en consumo de agua potable y disminución de los pagos de descargas.

### 3.1.4 Consumo de agua. Temporada 2013 - 2018

A continuación, se muestra mediante la Tabla 13, el consumo de agua (m<sup>3</sup>) durante las temporadas de 2013 - 2018. Cabe mencionar que dicho consumo depende de la disponibilidad de materia prima.

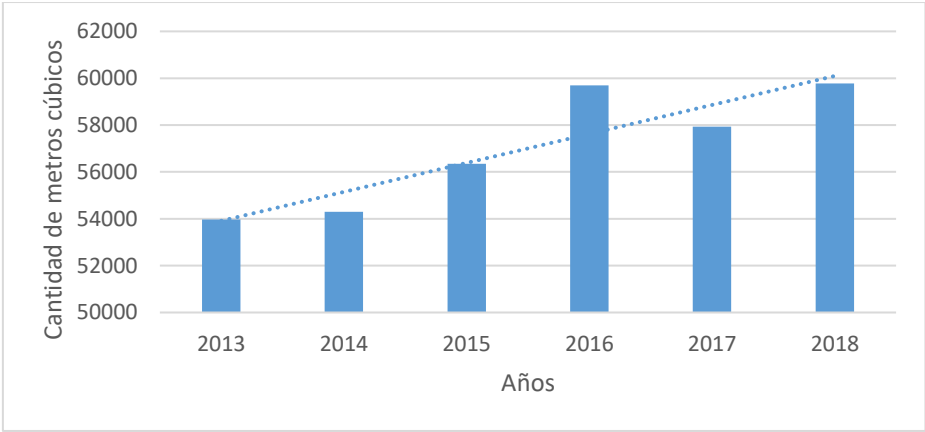
**Tabla 13 - Consumo de agua en m<sup>3</sup> durante los años 2013 – 2018.**

MESES	CONSUMO DE AGUA EN m <sup>3</sup>					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Mayo	2 970	3 456	4 780	4 910	4 830	4 907
Junio	5 780	4 567	5 020	5 490	5 712	6 010
Julio	7 040	7 820	7 340	8 030	8 010	8 798
Agosto	9 670	10 110	9 879	9 896	9 224	9 445
Setiembre	9 546	10 230	10 567	10 934	10 516	10 897
Octubre	7 990	8 650	8 235	7 526	7 499	6 890
Noviembre	6 740	5 120	5 849	6 979	6 250	6 590
Diciembre	4 230	4 350	4 678	5 929	5 892	6 243
<b>TOTAL ANUAL DE CONSUMO</b>	53 966	54 303	56 348	59 694	57 933	59 780

Fuente. Alpes Chiclayo S. A. C. 2018

Tal y como se indica en la Tabla 13, se muestran los consumos mensuales de agua en metros cúbicos de las temporadas desde el año 2013 hasta el año 2018. Según la tabla mostrada, el año

con mayor consumo es el 2018, con 59 780 m<sup>3</sup> de agua requerida para su producción; sin embargo, el año 2016 también muestra un consumo de agua similar. Así mismo, el año 2018 muestra un crecimiento del 9% con relación al año 2013, esto se debe a que la producción aumentó para poder satisfacer la demanda de los mercados y, por ende, creció el requerimiento de materia prima y consumo de agua. El año 2016, es el año en donde se registró el mayor consumo mensual de agua, siendo este el mes de septiembre, registrando un consumo de 10 934 m<sup>3</sup>, considerándose como el mes pico dentro de los últimos 6 años. Para el año 2017, se mostró una baja en cuanto al consumo de agua, debido a los fenómenos climáticos que acontecieron al país como el fenómeno de niño, que arrasó con cosechas y cultivos de gandul verde, poniendo en riesgo la producción de ese año. Por otro lado, los meses en donde se presenta mayor demanda de consumo de agua son los meses de Julio Agosto y Septiembre; debido a la buena disponibilidad de materia prima, mientras que los meses de Mayo, Junio y Diciembre el consumo de agua se reduce.



**Figura 4 - Consumo de agua en m<sup>3</sup> durante los años 2013- 2018.**

Fuente: Alpes Chiclayo S. A. C. 2018

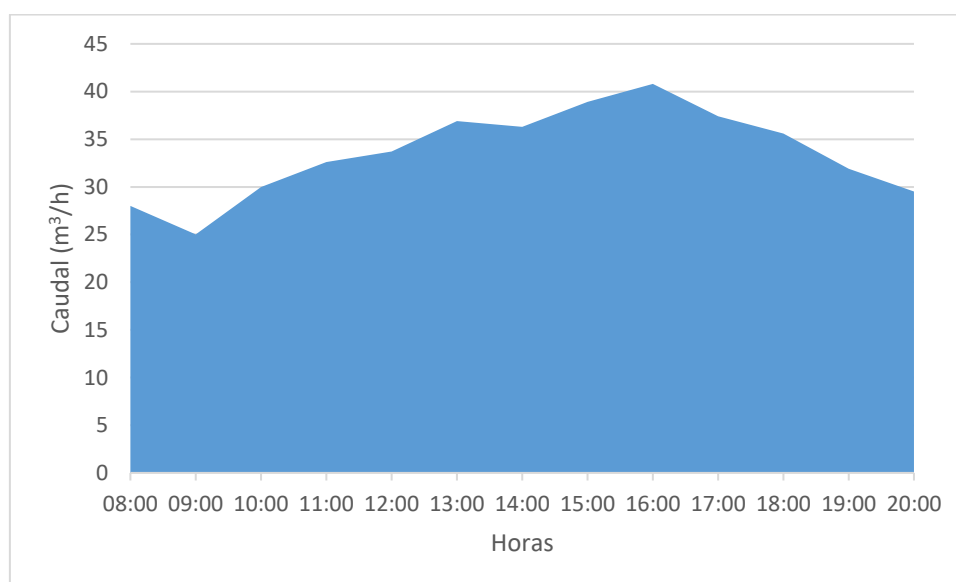
De acuerdo con la Figura 4, nos muestra el comportamiento del consumo de agua durante los años 2013 – 2018. En esta figura se puede apreciar que el año con mayor consumo, dentro de los últimos 6 años, es el año 2018. Por otro lado, se muestra una tendencia creciente positiva en la línea, excepto el año 2017 que disminuyó un 3% con respecto al 2016 y aumentó un 3% con respecto al año 2015.

### 3.1.5 Identificación de los meses con mayor consumo de agua y generación de agua residual registrado

De acuerdo al análisis del consumo de agua, se ha identificado que los meses en los que existe mayor consumo durante las temporadas 2013 – 2018 son: julio, agosto y septiembre.

Para el año 2017 se realizó una medición de caudal de las aguas residuales provenientes del proceso de conserva de gandul verde, realizado por la empresa a través de una consultora. Dichas mediciones se realizaron con la ayuda de un caudalímetro, los días 20, 21 y 22 de septiembre, cuyos resultados se muestran a continuación.

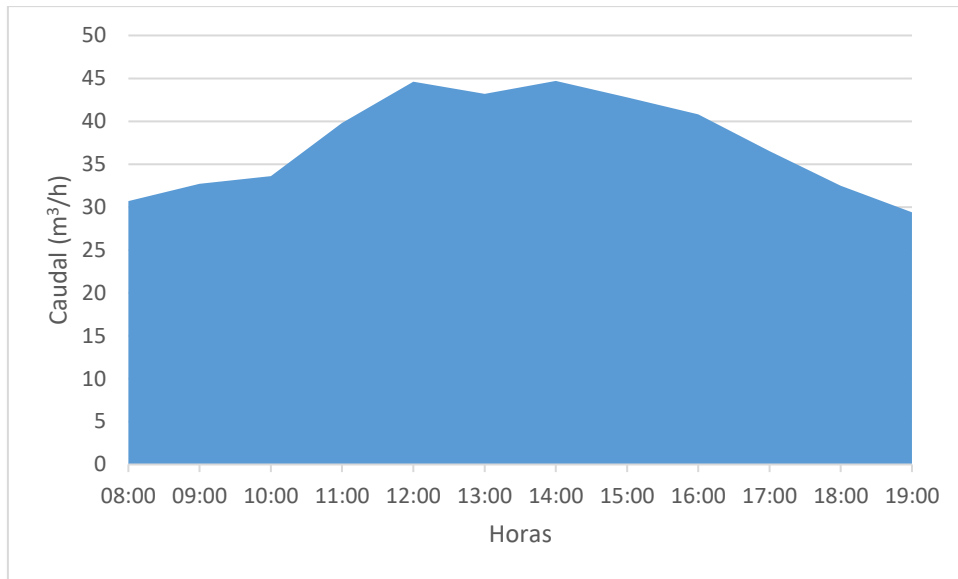
- Miércoles, 20 de septiembre, entre las 8:00 y 20:00 horas. Durante la jornada del día se obtuvo un caudal promedio de 33,6 m<sup>3</sup>/h, identificándose un caudal máximo de 40,8 m<sup>3</sup>/h.



**Figura 5 - Registro de caudal durante la jornada laboral – 20 de Septiembre 2017.**

Fuente: Alpes Chiclayo S. A. C. 2017

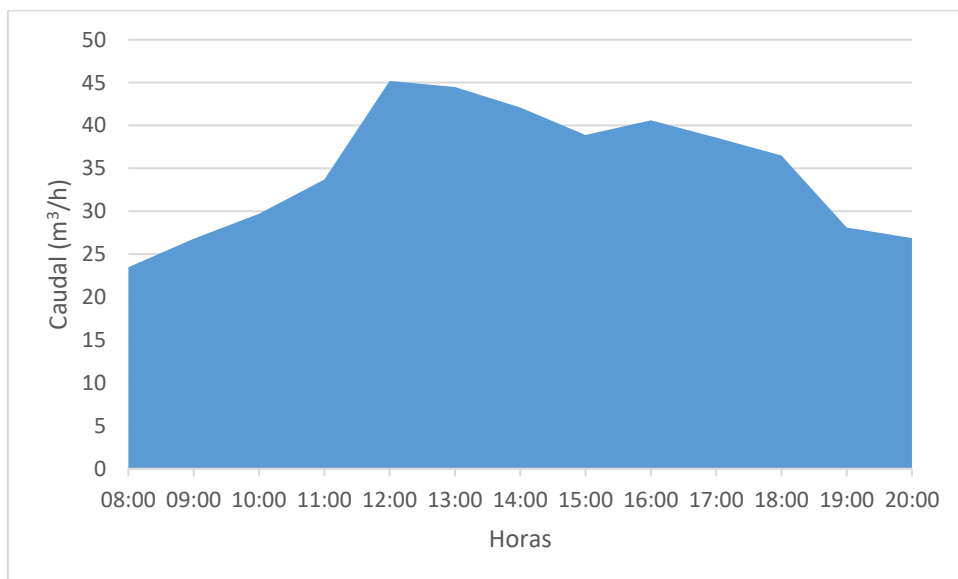
- Jueves, 21 de septiembre, entre las 9:00 y 19:00 horas. Durante la jornada del día se obtuvo un caudal promedio de 37,6 m<sup>3</sup>/h, identificándose un caudal máximo de 44,7 m<sup>3</sup>/h.



**Figura 6 - Registro de caudal durante la jornada laboral – 21 de Septiembre 2017.**

Fuente: Alpes Chiclayo S. A. C. 2017

- Viernes, 22 de septiembre, entre las 08:00 y 20:00 horas. Durante la jornada del día se obtuvo un caudal promedio de 35,6 m³/h, identificándose un caudal máximo de 45,2 m³/h.



**Figura 7 - Registro de caudal durante la jornada laboral – 22 de Septiembre 2017.**

Fuente: Alpes Chiclayo S. A. C. 2017

De acuerdo con la medición de caudales de los días en mención, se obtuvo que el caudal promedio de efluentes que genera la empresa durante esos tres días es de 35,4 m³/día, identificando un caudal máximo de 45,2 m³/h. Durante los 3 días, se identificó también que en

promedio se generó de manera diaria 447,6 m<sup>3</sup>/día, lo que equivale a 12,43 l/s, teniendo en cuenta una jornada de 10 horas.

### 3.1.6 Residuos sólidos generados en el proceso de conserva de gandul verde

Durante el proceso de conserva de gandul verde se generan residuos sólidos que se involucran en las aguas residuales. Dichos sólidos gruesos no son separados por ningún mecanismo de retención y no poseen una correcta disposición final, debido a que son vertidos a la red de alcantarillado sin ningún tratamiento. El residuo sólido que tiene mayor presencia en las aguas residuales son los granos de frijol que se filtran en el momento de lavado o que caen al suelo en el proceso de selección.

**Tabla 14 - Residuos sólidos presentes en las aguas residuales de la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.**

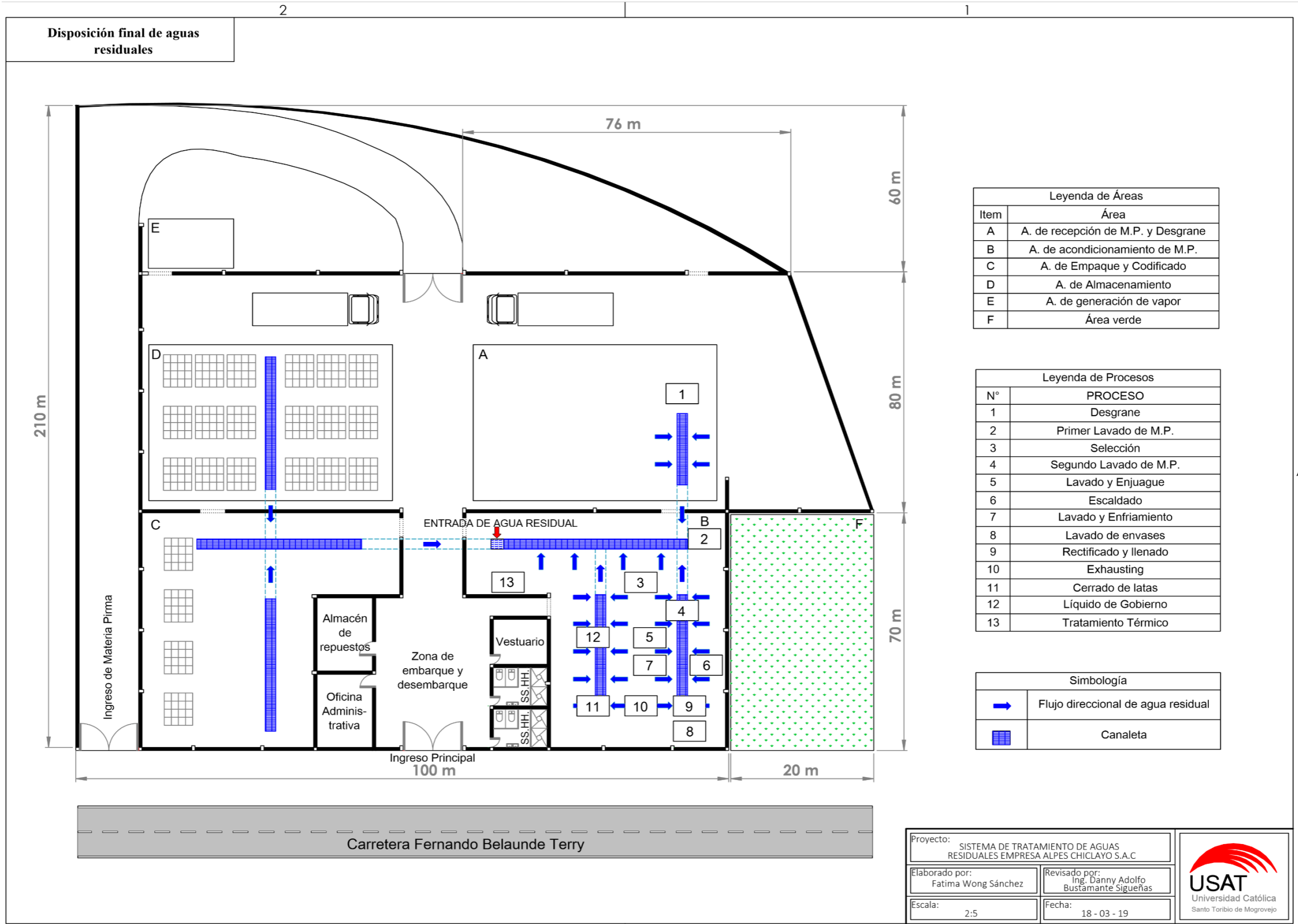
RESIDUOS SÓLIDOS
Frijol de descarte.
Cubierta del frijol.
Granos de frijol.

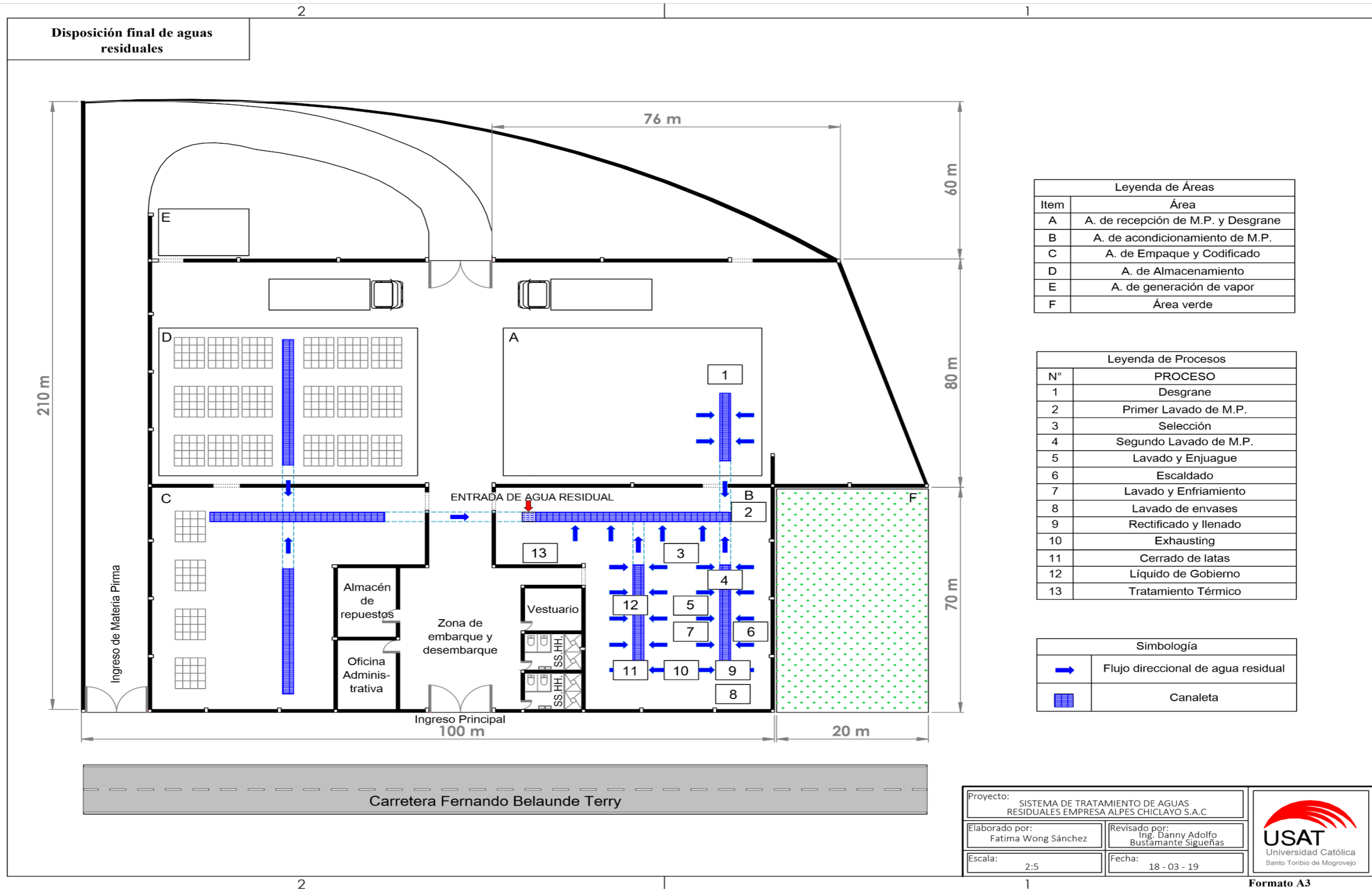
Fuente. Alpes Chiclayo S. A. C. 2018

### 3.1.7 Disposición final de las aguas residuales generadas en la empresa

Alpes Chiclayo S. A. C. no realiza un pre-tratamiento ni tratamiento a sus aguas residuales antes de ser vertidas a la red de alcantarillado. (Anexo 2).

Éstas aguas residuales contienen residuos sólidos que empeoran sus características, pues la carga contaminante aumenta con la presencia de éstos. Por otro lado, no evita que sus ductos y/o canales se vean saturados y obturados posteriormente por la cantidad de residuos que se acumulan. Así mismo, la cantidad de aguas residuales que genera son directamente vertidas a la red de alcantarillado, sin ninguna posibilidad de reúso, contaminando y al mismo tiempo elevando sus costos. Cabe mencionar que la actual disposición final de las aguas residuales puede traer consigo consecuencias económicas estimadas en sanciones ambientales (no cumplir con los Valores Máximos Admisibles) y al mismo tiempo problemas ligados a sus propios sistemas de drenaje y consumo de agua.





**Figura 8 – Plano de la ubicación del punto de eliminación de las aguas residuales.**  
Fuente. Alpes Chiclayo S. A. C. 2018

### **3.2.- Características fisicoquímicas de las aguas residuales que genera la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.**

La caracterización de las aguas residuales originadas a partir del proceso de fabricación de conservas de gandul verde, tiene como objetivo determinar las características físico-químicas de sus aguas residuales, así como las concentraciones de los parámetros analizados. Dichos parámetros, serán necesarios para determinar el tratamiento más adecuado. Además, en este punto se describe el tipo de muestra y el volumen utilizado para la correcta caracterización de las aguas residuales.

#### **3.2.1- Muestreo de aguas residuales procedentes de la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.**

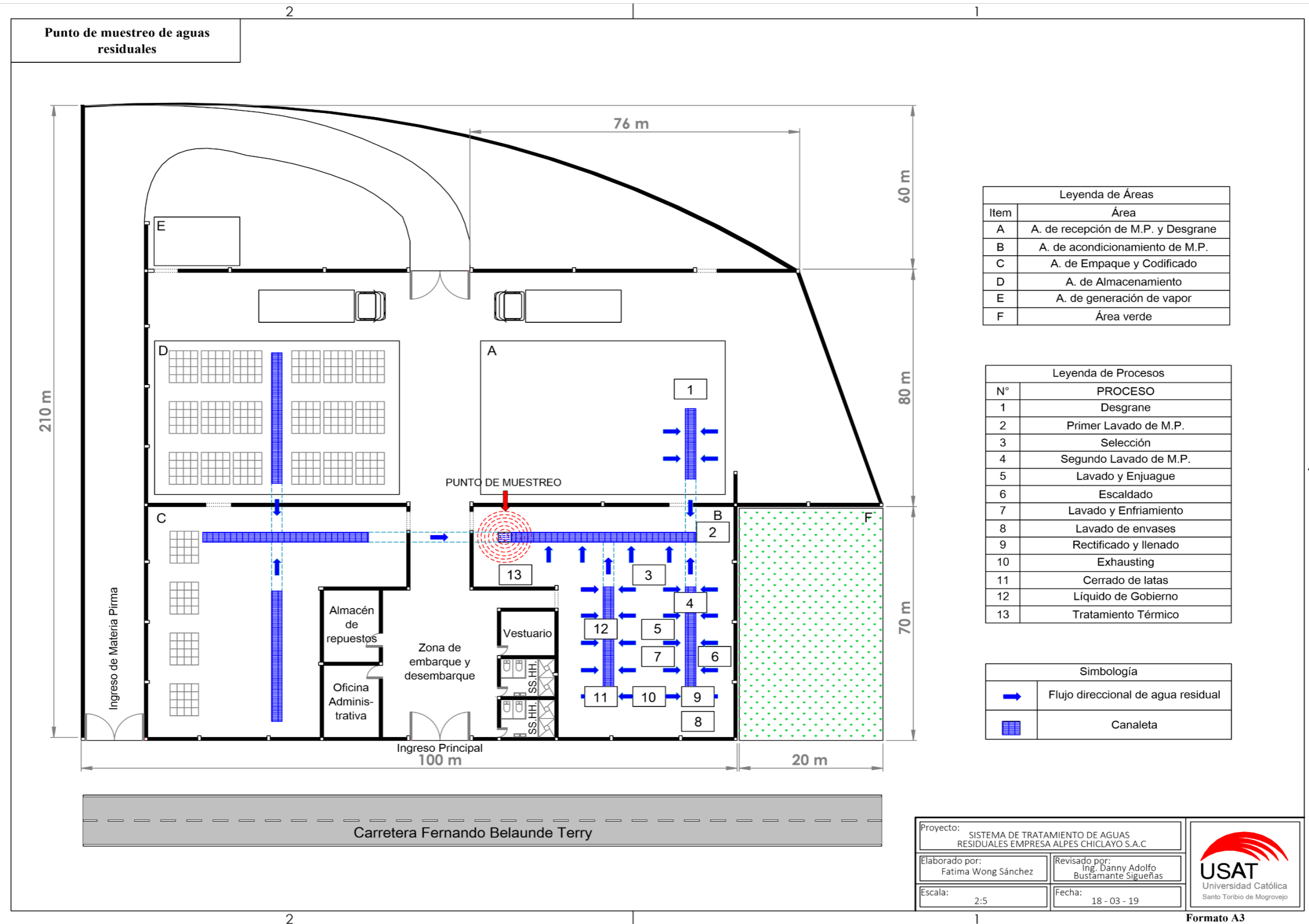
##### **A) Muestreo**

Debido a que los vertidos provenientes de cada industria poseen rasgos particulares, es necesario realizar un estudio individual de las aguas residuales, con el fin de determinar sus características y aplicar el sistema de tratamiento más adecuado. Para ello, la toma de muestras, es la actividad que nos permite obtener una porción del material y conocer, después de analizarlo, sus particularidades. En ese sentido, una muestra válida depende de una buena elección en cuanto al tipo de muestreo, el tipo de muestra y de una técnica apropiada de muestreo.

En esta investigación, se utilizó el muestreo estratificado simple, es decir, se identificó primero el punto de muestreo y luego se colectó una muestra, aquella que representa las condiciones típicas de los efluentes a lo largo de la jornada. Este tipo de muestreo se utiliza cuando la composición del agua es constante a lo largo del tiempo. En Alpes Chiclayo S. A. C., las aguas provenientes de los diferentes procesos son dirigidas hacia unos canales que se encuentran en el piso de la planta, los cuales desembocan en un punto en común (desagüe) que conecta directamente con los ductos de la red de alcantarillado.

El punto de muestreo para la toma de muestra, se encuentra en las siguientes coordenadas:

<b>PUNTO DE MUESTREO</b>	<b>COORDENADAS UTMWGS84 - 178</b>		<b>REFERENCIA</b>
	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	
1	628 116	9 289 125	Agua Residual



**Figura 9 - Plano de la ubicación del punto de muestro en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.**

Fuente. Alpes Chiclayo S. A. C. 2018

El muestreo se realizó de forma manual, alrededor de las 11:00 am. y con la ayuda de los trabajadores. El procedimiento que se siguió fue el siguiente:

- Se identificó el lugar de donde se obtuvo la muestra, el cual fue la desembocadura de los canales (desagüe) del agua residual.
- Los equipos y materiales utilizados para el muestreo son ocho frascos, seis de plástico y dos de vidrio; de los cuales 1 aproximadamente es de 515 ml, 5 frascos son de 250 ml y 2 frascos son de 75 ml, además de 4 bolsas de gel congelante y un envase con tapa amplio de tecnopor para el transporte de la muestra desde el punto de muestreo hasta el laboratorio.
- El muestreo se realizó una sola vez, de acuerdo al tipo de muestra: muestra simple.
- Para la toma de muestra en los frascos, se tuvo en cuenta que uno de ellos no se incluya dentro del envase amplio de tecnopor, ya que fue utilizado para la toma de temperatura. Por otro lado, se tuvo en cuenta también el correcto llenado de la información de las etiquetas en los frascos.
- Para su conservación, transporte y almacenaje, dichas muestras en frascos fueron colocadas en un envase amplio de tecnopor, cuya función fue de cooler. Con la ayuda de las bolsas de gel, los frascos dentro del envase mantuvieron una temperatura de  $-4^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 10 - Frascos de plástico y vidrio, de 515 ml y 250 ml.**

Fuente. Laboratorio Lyncor.S. A. C. Chiclayo. 2018



**Figura 11 - Frascos de Plástico, de 250 ml y 75 ml.**  
 Fuente. Laboratorio Lyncnor.S. A. C. Chiclayo. 2018



**Figura 12 – Envase con tapa amplio de Tecnopor brindado por el laboratorio.**  
 Fuente. Laboratorio Lyncnor.S. A. C. Chiclayo. 2018





<b>LYCNOR S. A. C.</b>
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>
<b>CÓDIGO DE MUESTRA:</b>
<b>PARÁMETRO.:</b>
<b>RESPONSABLE:</b>
<b>FECHA Y HORA:</b>

**Figura 15 - Formato de las etiquetas en los frascos de muestra para su identificación.**

Fuente. Laboratorio Lycnor.S. A. C. Chiclayo. 2018

### C) Parámetros del agua residual analizados por el laboratorio

Según los Parámetros Físicos y Microbiológicos de las aguas tratadas para su reúso de Tipo 1 presentes en la normativa de Costa Rica, así como los Valores Máximos Admisibles para descargas al sistema de alcantarillado [L1], se llevaron a analizar los siguientes parámetros.

**Tabla 15 – Parámetros Físicos y Microbiológicos del agua residual analizados.**

<b>ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO</b>	
PARÁMETRO	LÍMITE
DBO <sub>5,20</sub>	150 mg/l
DQO	400 mg/l
Sólidos suspendidos	150 mg/l
Grasas/aceites	30 mg/l
Potencial hidrógeno	5 a 9
Temperatura	$15^{\circ}\text{C} \leq T \leq 40^{\circ}\text{C}$
Sólidos sedimentables	1 ml/l
<b>ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO</b>	
Coliformes Fecales	1 000 NMP/100 ml

Fuente. Decreto 33601. Reglamento de vertido y reúso de aguas residuales. Normativa de Costa Rica. 2007.

### D) Análisis de resultados

Mediante la siguiente tabla, se muestran los resultados obtenidos a partir del análisis de laboratorio que se realizó después de la toma de muestra recolectada en la empresa.

**Tabla 16 - Análisis Físico-químico y Microbiológico del agua residual generada en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.**

<b>BIOLÓGICOS</b>				
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>M-01</b>	<b>NORMATIVA COSTA RICA. Reúso Tipo 1</b>	<b>Directrices de la OMS sobre la calidad de las aguas residuales empleadas en agricultura. Categoría A</b>
Coliformes Fecales	NMP/100ml	790	1 000	1 000
<b>FÍSICO -QUÍMICOS</b>				
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>M-01</b>	<b>NORMATIVA COSTA RICA. Reúso Tipo 1</b>	<b>V.M.A.</b>
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	780	150	500
Sólidos Sedimentables	ml/l/h	4.3	1	8,5
DBO <sub>5</sub>	mg/l	647	150	500
DQO	mg/l	1 285	400	1 000
Aceites y grasas	mg/l	13	30	100
<b>ANÁLISIS DE CAMPO</b>				
pH	-	7.9	5 - 9	6 - 9
Temperatura	°C	25	15 ≤ T ≤ 40	<35

Fuente. Laboratorio LYCNOR S.A.C. 2018

Según la tabla anterior, las aguas residuales generadas del proceso de conserva de gandul verde, poseen altos índices en DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos suspendidos totales. Así mismo se evidencia la presencia de coliformes fecales en el efluente. Dichos valores (DBO<sub>5</sub>, DQO y SST) superan los límites máximos permisibles para el reúso Tipo 1, establecido por la normativa de Costa Rica. Por otro lado, de acuerdo con las características de las aguas, exceden también los Valores Máximos Admisibles (VMA) para descargas a la red de alcantarillado.

Estos resultados corroboran que para reusar las aguas residuales provenientes del proceso de conserva de gandul verde, es necesario tratarla, con el fin de disminuir dichos parámetros y cumplir con la normativa garantizando el buen uso del agua.

### **3.3.- Tratamiento idóneo de acuerdo a las características fisicoquímicas de las aguas residuales que genera la empresa para su reutilización**

Después de obtener la información acerca de la situación actual de la empresa (diagnóstico), las cantidades de efluentes generados y las características físico químicas de las aguas residuales, es necesario seleccionar el tratamiento adecuado que recibirá el agua para su

posterior reúso. Esto se debe a que según los resultados que se obtuvieron del análisis físico-químico que se le practicó a las aguas, no es factible reutilizarlas de manera directa. Por lo tanto, la propuesta de un sistema de tratamiento que permita reducir estos valores de contaminación, teniendo en cuenta parámetros que establezcan límites permisibles de reúso del agua es ineludible.

El diseño del sistema de tratamiento contempla la elección de los diferentes tratamientos en cada etapa que lo compone. Estas etapas son utilizadas con el fin de mejorar la calidad de las aguas residuales hasta un punto requerido propio para su disposición final o para su aprovechamiento. [21]

Loaysa [22], acerca del diseño del sistema, afirma en su artículo lo siguiente: se debe efectuar un análisis de los esquemas tecnológicos. En donde el primer lugar se busca identificar las principales etapas, las cuales abarca: el pre-tratamiento o conocida también como tratamiento preliminar (pT), el tratamiento primario (P), tratamiento secundario (S) y por último el terciario (T), entre otras combinaciones relevantes. Es importante mencionar que cada etapa, está compuesta por un grupo de sub-etapas, las mismas que se llevan a cabo en una actividad unitaria; buscando contribuir la depuración del agua en tratamiento. Este diseño suele completarse con la elección final de los equipos, los que se emplean para cada una de las actividades unitarias del proceso.

A continuación, mediante las siguientes tablas se muestran los diferentes tratamientos que existen por cada etapa, teniendo en cuenta los mencionados por diversos autores.

**Tabla 17 - Pre-tratamientos posibles para el diseño de un sistema de tratamiento de agua residual en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.**

<b>CRITERIOS</b>	<b>TAMIZADO</b>	<b>DESBASTE</b>
<b>Descripción</b>	Es un proceso mecánico que consiste en la separación de partículas sólidas basado según el tamaño de éstas, al ser pasadas por un tamiz u otro equipo de tamizado. Al considerarse un proceso simple se necesita poca inversión. [27]	Es un proceso conformado por una reja y un recipiente. Se considera un tratamiento previo debido a que ofrece una manera de prevención contra elementos que puedan obstruir sistemas posteriores. De acuerdo a la separación de las rejillas, el tipo de desbaste se clasifica en: - Desbaste fino. Se considera una separación entre barrotes de 6mm a 12 mm. - Desbaste grueso. Se considera una separación entre barrotes de 12 mm a 25 mm.
<b>Objetivo</b>	Retención de sólidos gruesos, separándolos de otros con menor tamaño, con el fin de homogeneizar la mezcla y limpiarla de impurezas gruesas.	Retener sólidos más gruesos, como troncos, piedras, plásticos, papeles, etc. [21]
<b>Diseño, Equipos, instalación, operación y mantenimiento.</b>	La instalación del equipo depende mucho del diseño y de material a filtrar, así como la inclinación de la superficie del tamiz. Se utiliza equipos llamados tamiz, colador, criba, cedazo o filtro. El tamiz puede elaborarse con metal, plástico, silicona, cerámica; y puede ser una pantalla, malla o red tejida. Por lo que su costo es bajo, al igual que su instalación. No es necesario contar con mano de obra calificada o especializada, debido a que es un procedimiento simple. [28]	Dependiendo del equipo, ya sea manual o automático, la instalación, operación y funcionamiento, es simple y no complicada. Por otro lado, es adaptable al flujo o caudal de las aguas a tratar. Generalmente se utilizan rejillas metálicas, acopladas a un sistema rectangular de soporte. En conclusión es un elemento indispensable y económico para reducir problemas en nuestros equipos de tratamiento de aguas residuales, al atrapar sólidos más gruesos que puedan provocar problemas posteriores
<b>Parámetros de Remoción</b>	Un tamizado se puede considerar eficiente entre tanto permita lograr la mayor separación de la mezcla. Generalmente se considera una eficiencia de remoción de sólidos gruesos del 45% como mínimo y un 99% como máximo dependiendo del tamaño de los agujeros medidos en micras, así como el tipo de tamizado que se utilice. Este puede estar compuesto por varias mallas que se encuentren de manera horizontal, unas sobre otras. [27]	La eficiencia de remoción de este pre-tratamiento puede llegar a retener en promedio un 5% para un desbaste grueso y un 25% para un desbaste fino, con una velocidad máxima de circulación de 1,4 m <sup>3</sup> /s. [29]
<b>Ventajas</b>	Se debe tener en cuenta que la reducción de tamaño es un punto importante en la industria, ya que facilita la extracción del constituyente deseado.	Su utilidad es amplia, debido a que puede utilizarse de manera particular como general, sin necesidad de mano de obra especializada. Por otro lado, su mantenimiento no necesita de una

---

Debido a su diseño, existe una mejor actividad especial ni de materiales prevención frente a bloqueos o astacos de sólidos de gran tamaño. especiales.

Dicho sistema, no ofrece residuos que necesitan un tratamiento especializado, ya que lo es una separación de sólidos en mezclas más homogéneas.

---

**Tabla 18 - Tratamientos primarios posibles para el diseño de un sistema de tratamiento de agua residual en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.**

CRITERIOS	DECANTACIÓN / SEDIMENTACIÓN	COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN	TANQUE IMHOFF
<b>Descripción</b>	Consiste en la separación de partículas de mayor densidad por gravedad, las cuales se depositan en el fondo de los decantadores primarios, quedando arriba un líquido de mejor calidad.	Es la adición de productos que estimulen una floculación y se formen agregados, que debido a su mayor tamaño precipitarían con mayor prisa y eficacia. [7]	Es una unidad de tratamiento primario también conocido como tanques de doble cámara, debido a que cuenta con 3 compartimentos.: área de sedimentación, digestión de lodos y área de ventilación y acumulación de natas. [30]
<b>Objetivo</b>	Eliminar sólidos que se encuentran en suspensión.	Eliminar sólidos en estado coloidal en suspensión.	Sedimentar los sólidos sedimentables y el tratamiento en los mismos.
<b>Diseño, Equipos, instalación, operación y mantenimiento.</b>	Se utilizan equipos sedimentadores, desarenadores, tanques sedimentadores, tanques de decantación o presedimentadores. Sin embargo, estos equipos en su mayoría son unidades de gran tamaño, debido a que se necesitan tiempos amplios de retención. Debido a que es un proceso físico, no requiere la necesidad de energía eléctrica. [31]	Su instalación, uso y mantenimiento es similar a la de un decantador convencional, sin embargo, éste recibe la asistencia de un coagulador que permiten la aglomeración y formación de coágulos, y alcanzar buenos niveles de remoción. En algunos casos, se instala un serpentín de mezcla al interior del decantador para realizar la coagulación – floculación. Se puede incluir como el agente coagulador sales o coadyuvantes de floculación (polímeros) que ayudan en el proceso. Sin embargo, la adquisición y manejo de estos agentes es en muchos casos costoso.	Se considera que los tanques imhoff no poseen partes mecánicas, es por ello que su operación es sencilla, por lo tanto no consumen energía. Sin embargo es necesario el tratamiento preliminar de las aguas, así como la revisión frecuente de los niveles de lodos generados. Generalmente son de forma rectangular y se necesita poco mantenimiento. Por otro lado, no requiere mano de obra especializada. [30]
<b>Parámetros de Remoción</b>	DBO: 25 – 40% SS: 50 – 70% Turbiedad: 50% Reducción de Bacterias: 35 – 70%. [29]	DBO: 65 – 80% SS: 65 – 85% Turbiedad: 50% Reducción de Bacterias: 40 – 80%. [29]	SS.: 40 -50% DBO: 25 a 35%. [30]
<b>Ventajas</b>	De forma independiente la sedimentación sucede de manera pronta. Por otro lado, la eliminación de partículas en suspensión eliminan en parte materia orgánica presentes en las aguas residuales. Por otro lado, después de haberse realizado el	Lo lodos generados producto del uso de coagulantes, son tratados con mayor facilidad y eficiencia. El uso de coagulantes permite la remoción de la turbidez orgánica o inorgánica que no puede	Una de las ventajas que ofrece dicho tratamiento es que ofrece una alternativa para el tratamiento de lodos, sin necesidad de tener una línea de tratamiento de residuos. También este tipo de tratamiento es adecuado cuando no se cuenta con

---

proceso, se generan lodos, que deben ser tratados.

sedimentarse rápidamente.  
Requiere costos bajos de producción.  
Son utilizados en vertidos industriales que tienen alta concentración de coloides y otras sustancias difíciles de remoción por gravedad.

---

extensiones de terreno amplias.

**Tabla 19 - Tratamientos secundarios posibles para el diseño de un sistema de tratamiento de agua residual en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.**

<b>CRITERIOS</b>	<b>FILTROS BIOLÓGICOS (PERCOLADORES)</b>	<b>LODOS ACTIVADOS</b>	<b>LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN</b>
<b>Descripción</b>	Son unidades de tratamiento secundario con medio adherido o asistido. Significa que el agua residual pasa a través de una película biológica que permite la degradación biológica de la materia orgánica. Llamados también de lecho bacteriano.	Es un tratamiento secundario cuya principal característica es depurar aguas contaminadas, pero especialmente aquellas que contienen nitrógeno y fósforo. También llamados fangos activados o barros activados. Está compuesto por el flóculo, aquel que está formado por bacterias filamentosas y protozoos (responsables depredadores de materia orgánica) responsables de la depuración biológica de las aguas residuales. [32]	Se denominan lagunas de estabilización a aquellos estanques formados principalmente por porciones de tierra a una profundidad menor a 5 metros.
<b>Objetivo</b>	Eliminación de la materia orgánica, patógenos y nutrientes que se encuentra en el agua residual.	Remoción de materia orgánica presente en las aguas residuales, sobretodo de nutrientes.	Eliminar microorganismos patógenos y materia orgánica que se encuentra presentes en las aguas residuales.
<b>Diseño, Equipos, instalación, operación y mantenimiento.</b>	Los filtros percoladores están constituidos por piezas de material plástico generalmente en donde se desarrolla un biofilm (capa biológica). Ese tipo de tratamiento propone bajos costos de instalación y funcionamiento. Dicha estructura hace que su funcionamiento sea estable, así como su operación. Por otro lado no requiere recirculación de lodos y no necesita alta demanda energética, en comparación con otros tratamientos como los lodos activados. [33]	El tratamiento de lodos activados esta compuesto básicamente por 2 elementos: tanque sedimentador, tanque de aireación. Este tratamiento propone alta eficiencia y funcionamiento simple. Requiere áreas pequeñas. Existe una producción de olores mínima de acuerdo con el funcionamiento. Por otro lado, los costos de inversión y construcción son altos. A pesar de que su funcionamiento es sencillo, los costos de operación son altos y por lo tanto requiere personal capacitado. [34]	Debido a que se utiliza extensiones de tierra proporcionales, y su funcionamiento es principalmente natural, el mantenimiento que se le brinda es mínimo y no requiere personal calificado para su operación. Cabe mencionar que la eficiencia de este sistema depende de las condiciones climáticas de la zona, así como de la temperatura, vientos, radiación solar u otro factor que afecta el ecosistema en donde se encuentra. [30]
<b>Parámetros de Remoción</b>	DBO: 75 -85 % DQO: 75 – 85% SS: 65- 85% P: 8 -12% N: 15 – 50 % Coliformes Fecales: 45 – 70 % [33]	DBO5: 90 – 98% DQO: 85 – 95% SS: 90 – 98% N: 25 – 95% P: 25 – 95% Coliformes Fecales: 60 – 90 % [35]	DBO: 70 – 85% N: 30 – 50% P: 20 – 60% Coliformes Fecales: 60 – 99% [36]

<b>Ventajas</b>	Debido a su constitución, generan muy poca producción de lodos.	Los lodos residuales producidos por este tipo de tratamiento pueden ser rehusados como abono. Por otro lado, la remoción de coliformes fecales, presenta poca eficiencia, dependiendo de la concentración que se tenga de éste apartir del líquido inicial.	No es necesario de un equipo especial para su funcionamiento, cuando las aguas residuales son depositadas en las lagunas éstas pasan por un proceso de autodepuración o estabilización natural, en donde intervienen fenómenos físicos, bioquímicos y biológicos.
-----------------	---	---	---

### **3.3.1.- Método de ponderación para la elección de tratamiento idóneo de aguas residuales en la empresa**

Para el desarrollo del tercer objetivo, la elección del tratamiento idóneo, se utilizó el método de factores ponderados. Dicha metodología considera los criterios citados en el Marco Teórico (Marco Teórico Punto 2.2.6), así como las características obtenidas a partir del análisis de las aguas residuales y la información brindada en las Tablas 17, 18 y 19. Para ello se tuvo en cuenta, la metodología utilizada de Heizer y Barry.

#### **3.3.1.1. Factores considerados para la confrontación**

A continuación, se muestran los factores considerados para la matriz:

- A. Disponibilidad de áreas.
- B. Personal de operación.
- C. Disponibilidad de tecnología.
- D. Diseño y construcción.
- E. Alta adaptabilidad del sistema.
- F. Costo mínimo de inversión.
- G. Mínimos costos de operación y mantenimiento.
- H. Alta eficiencia de remoción.
- I. Poca generación de lodos.
- J. Bajo consumo de energía eléctrica.

De acuerdo con la metodología, se procede al análisis de los factores mediante el criterio de importancia, para ello se otorga la ponderación de 1 cuando se considera importante y 0 cuando no se considera importante.

**Tabla 20 - Confrontación de factores**

FACTORES	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	TOTAL	PONDERADO
A		0	1	1	0	1	0	0	0	0	3	7%
B	0		1	1	0	0	1	0	0	0	3	7%
C	1	1		1	1	1	1	1	1	1	9	20%
D	1	0	1		0	1	1	0	0	0	4	9%
E	0	0	1	0		0	0	1	0	1	3	7%
F	1	0	1	1	0		1	0	0	0	4	9%
G	0	1	1	1	0	0		1	0	1	5	11%
H	0	0	1	1	1	0	1		1	1	6	14%
I	0	0	1	0	0	0	0	1		0	2	5%
J	0	0	1	0	1	0	1	1	1		5	11%
<b>TOTAL</b>	3	2	9	6	3	3	6	5	3	4	44	100%

Según la tabla anterior, los cuatro factores más importantes para la elección del tratamiento de aguas residuales son la Disponibilidad de Tecnología, la Eficiencia de Remoción, el Bajo consumo de energía y los Mínimos Costos de Operación y Mantenimiento. A partir de ello, se brinda una calificación según escala del 1 al 5, en donde 1 es la calificación más baja y 5 es la calificación más alta. Dependiendo del tipo de tratamiento y según cumpla con las características requeridas en los diversos factores se le asignará el puntaje.

**Tabla 21 - Escala de puntaje para la calificación de los factores.**

PUNTAJE	ESCALA
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo

**Tabla 22 - Calificación según el tipo de tratamiento aplicado en la etapa de Pre-Tratamiento.**

FACTOR DE SELECCIÓN DE TRATAMIENTO IDÓNEO.	PORCENTAJE DE IMPORTANCIA	TAMIZADO		DESBASTE	
		ESCALA	PUNTAJE	ESCALA	PUNTAJE
<b>A</b>	7%	5	0,35	4	0,28
<b>B</b>	7%	4	0,28	4	0,28
<b>C</b>	20%	4	0,08	4	0,08
<b>D</b>	9%	4	0,36	3	0,27
<b>E</b>	7%	4	0,28	4	0,28
<b>F</b>	9%	4	0,36	4	0,36
<b>G</b>	11%	5	0,55	5	0,55
<b>H</b>	14%	5	0,7	4	0,56
<b>I</b>	5%	4	0,2	4	0,2
<b>J</b>	11%	5	0,55	5	0,55
<b>TOTAL</b>	100%		3,71		3.41

**Resultados – Tratamiento idóneo en la etapa de Pre-tratamiento.**

De acuerdo con la Tabla 22, el tratamiento idóneo para realizar un Pre-tratamiento a las aguas residuales es el Tamizado, ya que presenta un mayor puntaje con respecto al Desbaste. Es de considerar que el Desbaste, es también uno de los pre-tratamientos más utilizados en muchas industrias al momento de realizar un primer filtro de las aguas residuales, sin embargo, para este caso, el sistema de Tamizado ofrece mejores ventajas en cuanto a los demás tratamientos evaluados según el grado de importancia de los factores a tener en cuenta.

Según los factores más importantes, se describe a continuación las ventajas que ofrece el tratamiento elegido.

- **Disponibilidad de Tecnología.** – En cuanto a la accesibilidad del equipo o maquinaria, dependiendo del vendedor se puede llegar a adquirir uno, o de lo contrario se puede lograr su construcción con materiales simples, ya sean adaptados o diseñados para tal fin.
- **Eficiencia de Remoción.** - Generalmente se considera una eficiencia de remoción de sólidos gruesos del 45% como mínimo y un 99% como máximo, dependiendo del tamaño de los agujeros medidos en micras y del tipo de tamizado que se utilice, ya que éste puede estar compuesto por varias mallas que se encuentren de manera horizontal, unas sobre otras.
- **Bajo consumo de energía.** – Debido a que es un proceso mecánico que consiste en la separación de partículas sólidas basados en el tamaño, el consumo de energía es bajo.

- **Mínimos Costos de Operación y Mantenimiento.** – Debido a que su funcionamiento e instalación no es complejo ni complicado, no se necesita personal calificado para la operación de dicho sistema. Por otro lado, al tener un funcionamiento simple, el mantenimiento se puede realizar de manera manual, removiendo las impurezas que quedan en el filtro o de lo contrario de manera automática con la ayuda de un sistema de arrastre.

**Tabla 23 - Calificación según el tipo de tratamiento aplicado en la etapa de Tratamiento Primario**

FACTOR DE SELECCIÓN DE TRATAMIENTO IDÓNEO.	PORCENTAJE DE IMPORTANCIA	DECANTACIÓN/ SEDIMENTACIÓN		COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN		TANQUE INMHOFF	
		ESCALA	PUNTAJE	ESCALA	PUNTAJE	ESCALA	PUNTAJE
<b>A</b>	7%	2	0,14	4	0,28	3	0,21
<b>B</b>	7%	4	0,28	4	0,28	4	0,28
<b>C</b>	20%	4	0,8	4	0,8	4	0,8
<b>D</b>	9%	3	0,27	4	0,36	3	0,27
<b>E</b>	7%	4	0,28	4	0,28	4	0,28
<b>F</b>	9%	5	0,45	4	0,36	4	0,36
<b>G</b>	11%	4	0,44	4	0,44	4	0,44
<b>H</b>	14%	3	0,42	5	0,7	4	0,56
<b>I</b>	5%	3	0,15	3	0,15	3	0,15
<b>J</b>	11%	4	0,44	4	0,44	4	0,44
<b>TOTAL</b>	100%		3,67		4,09		3,79

### Resultados – Tratamiento idóneo en la etapa de Tratamiento Primario.

De acuerdo con la Tabla 23, el tratamiento idóneo para realizar un Tratamiento Primario a las aguas residuales es el proceso de Coagulación y Floculación, ya que presenta un mayor puntaje con respecto al tratamiento de Decantación/Sedimentación y el Tanque Imhoff.

Teniendo en cuenta, los factores más importantes, se describe a continuación las ventajas que ofrece el tratamiento elegido.

- **Disponibilidad de Tecnología.** – Los equipos utilizados son similares a los de un decantador convencional, sin embargo, éste recibe la asistencia de un coagulador que permiten la aglomeración y formación de coágulos, alcanzando buenos niveles de remoción. En algunos casos, se instala un serpentín de mezcla al interior del decantador para realizar la coagulación – floculación. Se puede incluir como el agente coagulador sales o coadyuvantes de floculación (polímeros) que ayudan en el proceso.

- **Eficiencia de Remoción.** – El proceso de Coagulación y Floculación ofrece los siguientes parámetros de remoción: DBO: 65 – 80%, SS: 65 – 85%, Turbiedad: 50% y Reducción de Bacterias: 40 – 80%.
- **Bajo consumo de energía.** – Debido a que es un proceso mecánico asistido por medios químicos, el consumo de energía es inferior.
- **Mínimos Costos de Operación y Mantenimiento.** – Debido a que su funcionamiento e instalación no es complejo, no se necesita personal calificado para la operación de dicho sistema. Al tener similar funcionamiento que un decantador convencional (operación por medio físicos), el mantenimiento de dicho proceso se da en relación a el tratamiento de lodos que genera.

**Tabla 24 - Calificación según el tipo de tratamiento aplicado en la etapa de Tratamiento Secundario.**

FACTOR DE SELECCIÓN DE TRATAMIENTO IDÓNEO.	PORCENTAJE DE IMPORTANCIA	FILTROS PERCOLADORES		LODOS ACTIVADOS		LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	
		ESCALA	PUNTAJE	ESCALA	PUNTAJE	ESCALA	PUNTAJE
<b>A</b>	7%	3	0,21	3	0,21	2	0,14
<b>B</b>	7%	4	0,28	2	0,14	4	0,28
<b>C</b>	20%	4	0,8	4	0,8	4	0,8
<b>D</b>	9%	4	0,36	4	0,36	4	0,36
<b>E</b>	7%	4	0,28	3	0,21	2	0,14
<b>F</b>	9%	3	0,27	2	0,18	3	0,27
<b>G</b>	11%	4	0,44	4	0,44	2	0,22
<b>H</b>	14%	4	0,56	3	0,42	4	0,56
<b>I</b>	5%	4	0,2	4	0,2	4	0,2
<b>J</b>	11%	4	0,44	4	0,44	4	0,44
<b>TOTAL</b>	100%		3,84		3,40		3,41

### **Resultados – Tratamiento idóneo en la etapa de Tratamiento Secundario.**

De acuerdo con la Tabla 24, el tratamiento idóneo para realizar un Tratamiento Secundario a las aguas residuales es el proceso por medio de Filtros Percoladores, ya que presenta un mayor puntaje con respecto al de Lagunas de Estabilización y Lodos Activados.

Teniendo en cuenta, los factores más importantes, se describe a continuación las ventajas que ofrece el tratamiento elegido.

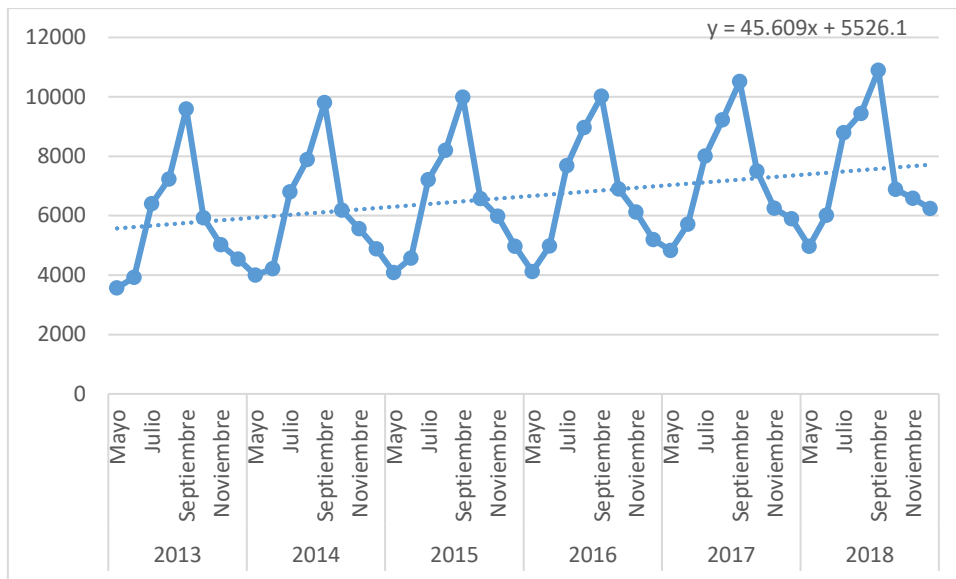
- **Disponibilidad de Tecnología.** – En cuanto a los equipos utilizados, se considera la elección de piezas de material de plástico en comparación con las piedras debido a que presenta mejores parámetros de remoción. La construcción de equipo de Filtro percolador actualmente se encuentra disponible en nuestro país a través de empresas portadoras del servicio.
- **Eficiencia de Remoción.** - El tratamiento de Filtro Percolador ofrece los siguientes parámetros de remoción: DBO: 75 – 85%, DQO: 75 – 85%, SS: 65 – 85%, P: 8 – 12%, N: 15 – 50%, y Coliformes Fecales: 45 – 70%.
- **Bajo consumo de energía.** – Debido a su funcionamiento simple, en comparación con otros tratamientos como el de Lodos Activados, no necesita alta demanda energética.
- **Mínimos Costos de Operación y Mantenimiento.** – Los filtros percoladores están constituidos por piezas de material plástico generalmente en donde se desarrolla un biofilm (capa biológica). Ese tipo de tratamiento propone bajos costos de instalación y funcionamiento. Dicha estructura hace que su funcionamiento sea estable, así como su operación.

### **3.4.- Propuesta de diseño del sistema de tratamiento y reutilización de aguas residuales en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.**

#### **3.4.1. Pronóstico de efluente.**

Para el diseño del sistema de tratamiento, es necesario realizar un pronóstico de la cantidad de agua que la empresa utilizará y que se generará como efluente. Para ello es necesario contar con una data histórica, que está basada durante los 5 años anteriores, considerados exactamente desde el año 2013 – 2018.

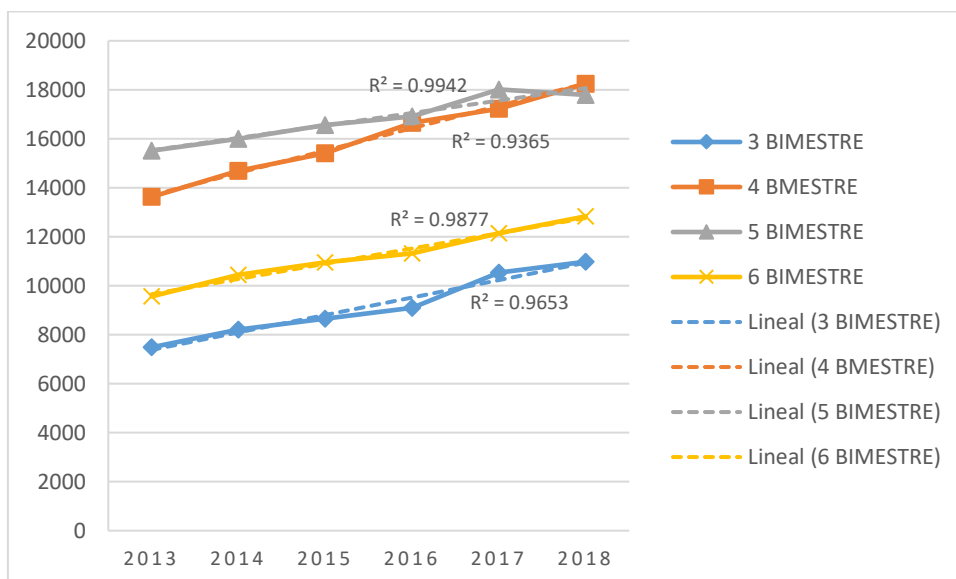
Mediante la siguiente gráfica se muestra el comportamiento de la demanda de agua utilizada por la empresa Alpes Chiclayo S. A. C. durante los años 2013 -2018.



**Figura 16 - Comportamiento de la demanda de agua en m³ durante los años comprendidos entre 2013 -2018.**

Fuente. Alpes Chiclayo S. A. C. 2018

De acuerdo con la gráfica, la generación de efluentes está vinculada directamente con la temporalidad del grano de gandul verde, sin embargo, se puede visualizar una tendencia positiva. Esto se debe a que en los diferentes años a comparación con los anteriores se evidencia un aumento en sus ventas y por lo tanto en su producción, ocasionando un crecimiento en la generación de aguas residuales año tras año.



**Figura 17 - Comportamiento bimestral de la generación de aguas residuales en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.**

Fuente. Alpes Chiclayo S. A. C. 2018

La figura 17, muestra el crecimiento positivo que tiende la generación de aguas residuales de forma bimestral. Se puede observar que los meses de Mayo y Junio (3 bimestre) del año 2013 en comparación a los meses de Mayo y Junio (3 bimestre) del año 2014, existió un aumento en cuanto a la generación de aguas residuales del 9% con respecto al año anterior; ocurriendo lo mismo con los bimestres de los siguientes años.

**Tabla 25 - Cantidad de agua residual generada en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C. durante los años 2013 - 2018.**

AÑOS	MESES	AGUA RESIDUAL GENERADA EN m <sup>3</sup>	AGUA RESIDUAL BIMESTRAL
2013	Mayo	3 567	
	Junio	3 921	7 488
	Julio	6 398	
	Agosto	7 230	13 628
	Septiembre	9 591	
	Octubre	5 923	15 514
	Noviembre	5 023	
	Diciembre	4 543	9 566
2014	Mayo	3 995	
	Junio	4 210	8 205
	Julio	6 798	
	Agosto	7 890	14 688
	Septiembre	9 807	
	Octubre	6 190	15 997
	Noviembre	5 567	
	Diciembre	4 879	10 446
2015	Mayo	4 091	
	Junio	4 567	8 658
	Julio	7 210	
	Agosto	8 201	15 411
	Septiembre	9 989	
	Octubre	6 574	16 563
	Noviembre	5 986	
	Diciembre	4 968	10 954
2016	Mayo	4 120	
	Junio	4 980	9 100
	Julio	7 689	
	Agosto	8 967	16 656
	Septiembre	10 021	
	Octubre	6 897	16 918
	Noviembre	6 120	11 321

	Diciembre	5 201	
2017	Mayo	4 830	
	Junio	5 712	10 542
	Julio	8 010	
	Agosto	9 224	17 234
	Septiembre	10 516	
	Octubre	7 499	18 015
	Noviembre	6 250	
	Diciembre	5 892	12 142
2018	Mayo	4 970	
	Junio	6 010	10 980
	Julio	8 798	
	Agosto	9 445	18 243
	Septiembre	10 897	
	Octubre	6 890	17 787
	Noviembre	6 590	
	Diciembre	6 243	12 833

Fuente. Alpes Chiclayo S. A. C. 2018

Para el pronóstico se tuvo en cuenta la data histórica mostrada anteriormente, el comportamiento cíclico de los patrones de generación de agua residual (basados en la estacionalidad de la materia prima) y la tendencia creciente que éstas poseen. Para pronosticar una demanda como ésta, se utilizó el modelo de variación estacionaria con tendencia, cuyo procedimiento consiste primero en des-estacionalizar la demanda y luego analizar la tendencia mediante el método de regresión lineal. Para ello, se tiene en cuenta un período de estacionalidad de 8 meses.

**Tabla 26 - Pronóstico de las cantidades de agua residual generadas por la empresa Alpes Chiclayo S. A. C. para los años 2019 - 2023.**

<b>AÑOS</b>	<b>MESES</b>	<b>AGUA RESIDUAL GENERADA EN m<sup>3</sup></b>
2019	Mayo	4 993
	Junio	5 774
	Julio	8 871
	Agosto	10 126
	Septiembre	12 158
	Octubre	8 037
	Noviembre	7 312
	Diciembre	6 473
2020	Mayo	5 231
	Junio	6 048
	Julio	9 290
	Agosto	10 602
	Septiembre	12 725
	Octubre	8 410
	Noviembre	7 649
	Diciembre	6 770
2021	Mayo	5 470
	Junio	6 322
	Julio	9 708
	Agosto	11 077
	Septiembre	13 292
	Octubre	8 782
	Noviembre	7 986
	Diciembre	7 067
2022	Mayo	5 708
	Junio	6 596
	Julio	10 127
	Agosto	11 552
	Septiembre	13 859
	Octubre	9 155
	Noviembre	8 323
	Diciembre	7 363
2023	Mayo	5 946
	Junio	6 871
	Julio	10 546
	Agosto	12 027
	Septiembre	14 426
	Octubre	9 528
	Noviembre	8 660
	Diciembre	7 660

Según la tabla anterior, el pronóstico de generación de aguas residuales de la empresa Alpes Chiclayo S. A. C., aumenta de manera gradual, en donde los meses con mayor generación son los meses de Julio – Agosto y Septiembre. Para el año 2023 el mes de septiembre alcanza los 14 000 m<sup>3</sup> en generación de efluentes.

### **3.4.2. Balance de materia según los procesos de tratamiento seleccionados**

Después de haber seleccionado los diferentes procesos por etapas de tratamiento, así como las cantidades de efluentes durante los años posteriores, se considera necesario saber los niveles de remoción y disminución de parámetros definidos en la composición y características de las aguas residuales de la empresa en estudio.

Para ello, se realiza un balance de materia, en donde datos como los de caudal, parámetros de contaminación de las aguas residuales a tratar y las características exigidas del vertido y/o reúso son necesarios para medir la eficiencia de la propuesta.

#### **3.4.2.1. Datos del dimensionamiento**

Para poder proceder con el dimensionamiento de una estación de tratamiento de agua residual, es necesario disponer, en primer lugar, de dos tipos de datos:

- A) Caudal.** - Para el cálculo del horizonte del diseño se tendrá en cuenta el mes con mayor nivel de flujo pronosticado. Este mes corresponde al mes de Setiembre del año 2023, con 14 426 m<sup>3</sup> de agua residual generada. Se considera que los días laborables son 6, es decir 24 días al mes, lo que equivale a 601 m<sup>3</sup>/día. Dicha información será utilizada para el análisis en el balance de materia.
  
- B) Contaminación de las aguas a tratar.** Así mismo es necesaria también la información obtenida mediante el análisis de laboratorio, en donde se evidencia la cantidad de materia orgánica medida en parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Materia en suspensión en el agua (sólidos totales, sólidos en suspensión, sólidos sedimentables) específicamente. Dicha información, es utilizada para comparar el antes y después de las eficiencias del tratamiento cuyo objetivo es lograr las características exigidas para el reúso y/o el vertido de las aguas residuales. Cabe

mencionar que, para cada etapa de tratamiento, se establecen niveles de eficiencias de remoción.

### 3.4.2.1. Balance de materia por etapas

#### A) Etapa de pre tratamiento

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones y su modificatoria DS022-2009-VIVIENDA [L3], agrega al tratamiento preliminar un nivel más, es decir, la utilización de mecanismos físicos de cribado fino o llamado de mejor manera tamizado fino, usando mallas o cribas con aberturas entre 0,25 y 6,00 mm, a diferencia del uso de las rejillas, cuyas aberturas están consideradas entre 20 y 40 mm para filtrar sólidos de gran tamaño. De acuerdo a ello la norma OS 090 indica que para el tratamiento preliminar el cálculo de material cribado se determina de acuerdo a la abertura de las mallas o militamices.

Las aguas residuales generadas por la empresa Alpes Chiclayo S. A. C. contienen residuos sólidos (Marco Teórico Punto 3.1.6) que generalmente son granos de frijol. El diámetro promedio de un grano de frijol es de 6 - 8 milímetros aproximadamente. Para determinar la cantidad aproximada de sólidos gruesos (frijol de gandul verde) que componen estas aguas, fue necesario realizar el siguiente procedimiento.

En una muestra de agua residual tomada desde de la desembocadura de los canales de agua residual en la empresa, se procedió al filtrado mediante un colador para la separación de granos de frijol y agua residual, obteniendo los siguientes resultados:

<b>Datos de la muestra antes del filtrado</b>	<b>Datos de la muestra después del filtrado</b>
Volumen de la muestra*: 4 litros	Masa de los granos de frijol: 0,294 kg
Masa de la muestra: 4,236 kg.	Masa del agua: 3,942 kg
*La muestra está compuesta por agua + granos de frijol.	Si la masa total es de 4,236 kg, el porcentaje de los frijoles de gandul presentes en la muestra es de 6,94%.

Así mismo, también con estos datos se pudo determinar la densidad de las aguas residuales generadas por la empresa.

<b>Datos de la muestra</b>	<b>Densidad del agua residual</b>
Volumen de la muestra*: 4 litros	$Densidad = \frac{m}{v}$
Masa de la muestra: 4,236 kg.	Aplicando la fórmula se obtiene:

\*La muestra está compuesta por agua + granos de frijol.

$$Densidad\ AR = \frac{4,236\ kg}{4\ l}$$

$$Densidad\ del\ AR = 1,059\ \frac{kg}{l} \approx 1059\ \frac{kg}{m^3}$$

\*El agua residual está compuesta por agua + granos de frijol.

Para fines de esta investigación, se procedió también a determinar la densidad de frijol de palo o gandul verde, siguiendo el siguiente procedimiento.

En una jarra medidora de plástico, se procedió al llenado de éste con granos de gandul verde hasta un volumen de 150 ml. Luego de pesarse, se aplicó la fórmula de la densidad obteniéndose los siguientes resultados.

#### Datos

Volumen de la muestra\*: 150 ml

Masa de la jarra de plástico vacía: 50 g

Masa de la jarra de plástico con frijol: 185 g

Masa del frijol: 185 g – 50 g = 135 g

\*La muestra está compuesta por granos de frijol en una jarra medidora de plástico.

#### Densidad del frijol de gandul verde.

$$Densidad = \frac{m}{v}$$

Aplicando la fórmula se obtiene:

$$Densidad\ GV = \frac{135\ g}{150\ ml}$$

$$Densidad\ del\ GV = 0,9\ \frac{g}{ml} \approx 900\ \frac{kg}{m^3}$$

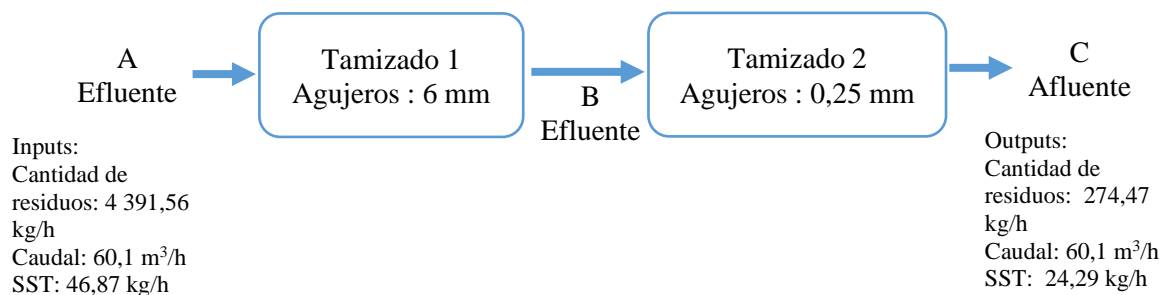
Cardozo, *et al.* [27] y Peña, *et al.* [37] afirman que, para la etapa de pre-tratamiento, el proceso de tamizado tiene una capacidad de remover entre el 45 – 99% de sólidos y del 20 - 35% de sólidos en suspensión.

Con estos datos, se procede a realizar el balance de materia con respecto al proceso de Tamizado, en la etapa de pre-tratamiento.

#### Eficiencias de Remoción:

Sólidos gruesos: 75%

SST: 28%



**Figura 18 - Balance de Materia del Proceso de Tamizado.**

### Cálculo de los Inputs:

Caudal por hora:

**Datos**  
Caudal por día: 601 m<sup>3</sup>/día  
Horas laboradas: 10 h/día

#### Caudal por hora

$$\text{Caudal por hora} = \frac{601 \text{ m}^3/\text{día}}{10 \text{ h/día}}$$

Aplicando la fórmula se obtiene:

$$\text{Caudal por hora} = 60,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Cantidad de Residuos:

**Datos**  
Densidad del Agua Residual: 1,059 kg/l  
Caudal por hora: 60,1 m<sup>3</sup>/h  
Porcentaje de los frijoles de gandul presentes en el agua residual: 6,94%.

#### Cantidad de residuos presentes en el agua residual.

Es necesario calcular primero la masa del agua residual, esto se obtiene multiplicando la cantidad de agua en volumen por su densidad.

$$\text{Masa del AR por hora} = \text{Caudal} \times \text{Densidad AR.}$$

Aplicando la fórmula se obtiene:

$$\text{Masa del AR por hora} = 60,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 1059 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Masa del AR por hora} = 63\,645,9 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Teniendo la masa del agua residual, podemos calcular la cantidad (masa) de residuos sólidos (frijoles) presentes en las aguas residual al multiplicarlos por el porcentaje de frijoles de gandul presentes en el agua residual.

$$\text{Cantidad de RS (frijoles)} = \text{Masa del AR.} \times \text{Porcentaje de frijoles presentes en el AR.}$$

Aplicando la fórmula se obtiene:

$$\text{Cantidad de RS (frijoles)} = 63\,645,9 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 0,069$$

$$\text{Cantidad de RS (frijoles)} = 4\,391,56 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

### Cálculo de los Outputs:

Teniendo en cuenta los parámetros de remoción, se calculan las salidas de las aguas residuales con los nuevos valores de éstos.

Cantidad de Residuos:

### Datos

#### Inputs (Efluente A):

Cantidad de residuos: 4  
391,56 kg/h  
Caudal: 60,1 m<sup>3</sup>/h

#### Eficiencias de Remoción:

Sólidos gruesos: 75%

### Reducción de la cantidad de residuos presentes en el agua residual.

Teniendo en cuenta los datos (inputs y eficiencias de remoción) del Efluente A, se calcula la cantidad de residuos presentes en el Efluente B, mediante la resta de la cantidad de residuos del efluente A y su remoción. (Tamizado 1)

$$\begin{aligned} & \text{Cantidad de RS del efluente B} \\ &= \text{Cantidad de RS del efluente A} \\ &- (\text{Cantidad de RS del efluente A} \times \text{Eficiencia de remoción}) \end{aligned}$$

Aplicando la fórmula se obtiene:

$$\begin{aligned} & \text{Cantidad de RS del efluente B} \\ &= 4\,391,56 \frac{\text{kg}}{\text{h}} - (4\,391,56 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 0,75) \\ & \text{Cantidad de RS del efluente B} = 1\,097,89 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \end{aligned}$$

Después de hallar la cantidad de residuos presentes en el Efluente B, se determina la cantidad de residuos presentes en el Efluente C - output (Tamizado 2), utilizando la misma fórmula.

$$\begin{aligned} & \text{Cantidad de RS del efluente C} \\ &= \text{Cantidad de RS del efluente B} \\ &- (\text{Cantidad de RS del efluente B} \times \text{Eficiencia de remoción}) \end{aligned}$$

Aplicando la fórmula se obtiene:

$$\begin{aligned} & \text{Cantidad de RS del efluente C} \\ &= 1\,097,89 \frac{\text{kg}}{\text{h}} - (1\,097,89 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 0,75) \\ & \text{Cantidad de RS del efluente C} = 274,47 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \end{aligned}$$

### SST:

#### Datos

#### Inputs (Efluente A):

Caudal: 60,1 m<sup>3</sup>/h  
SST: 780 mg/l

#### Eficiencias de Remoción:

SST: 28 %

### Reducción de la cantidad de SST presentes en el agua residual.

Es necesario antes de realizar el balance de materia convertir la unidad de dicho parámetro a unidades de kg/h. Para ello se realiza una conversión simple de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & \text{Parámetro} \left( \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) \\ &= \text{Caudal} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) \times \text{Cant. parámetro} \left( \frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) \times \frac{1000 \text{ l}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \times 10^{-6} \text{ kg}}{\text{mg}} \end{aligned}$$

Aplicando la fórmula se obtiene:

$$\text{SST} \left( \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) = 60,1 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) \times 780 \left( \frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) \times \frac{1000 \text{ l}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \times 10^{-6} \text{ kg}}{\text{mg}}$$

$$SST \left( \frac{kg}{h} \right) = 46,87$$

Teniendo en cuenta los datos (inputs y eficiencias de remoción) del Efluente A, se calcula la cantidad de SST presentes en el Efluente B, mediante la resta de la cantidad de SST del efluente A y su remoción. (Tamizado 1)

$$\begin{aligned} & \text{Cantidad de SST del efluente B} \\ &= \text{Cantidad de SST del efluente A} \\ &- (\text{Cantidad de SST del efluente A} \times \text{Eficiencia de remoción}) \end{aligned}$$

Aplicando la fórmula se obtiene:

$$\begin{aligned} & \text{Cantidad de SST del efluente B} \\ &= 46,87 \frac{kg}{h} - (46,87 \frac{kg}{h} \times 0,28) \\ & \text{Cantidad de SST del efluente B} = 33,74 \frac{kg}{h} \end{aligned}$$

Después de hallar la cantidad de SST presentes en el Efluente B, se determina la cantidad de la cantidad de SST presentes en el Efluente C -output (Tamizado 2), utilizando la misma fórmula.

$$\begin{aligned} & \text{Cantidad de SST del efluente C} \\ &= \text{Cantidad de SST del efluente B} \\ &- (\text{Cantidad de SST del efluente B} \times \text{Eficiencia de remoción}) \end{aligned}$$

Aplicando la fórmula se obtiene:

$$\begin{aligned} & \text{Cantidad de SST del efluente C} \\ &= 33,74 \frac{kg}{h} - (33,74 \frac{kg}{h} \times 0,28) \\ & \text{Cantidad de SST del efluente C} = 24,29 \frac{kg}{h} \end{aligned}$$

### Volumen de residuos removidos (frijol)

**Datos**  
Caudal: 60,1 m<sup>3</sup>/h  
Densidad del frijol GV: 900 kg/m<sup>3</sup>  
**Eficiencias de Remoción:**  
Tamizado 1: 3 293,67 kg/h  
Tamizado 2: 823,41 kg/h

#### Volumen de residuos removidos (frijol) en el agua residual.

Para determinar el volumen removido del frijol en las aguas residuales, se debe dividir las cantidades separadas de frijol de los diferentes tamizados entre la densidad del frijol de gandul verde.

$$\begin{aligned} & \text{Volumen removido de frijol} \\ &= \frac{\text{Cantidad removida de frijol}}{\text{Densidad del frijol}} \end{aligned}$$

Aplicando la fórmula se obtiene:

Para Tamizado 1

$$\text{Volumen removido de frijol} = \frac{3\,293,67 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\text{Volumen removido de frijol} = 3,65 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Para Tamizado 2

$$\text{Volumen removido de frijol} = \frac{823,41 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\text{Volumen removido de frijol} = 0,91 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Entonces el volumen total removido es:

$$\text{Volumen total removido de frijol} = 3,65 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} + 0,91 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\text{Volumen total removido de frijol} = 4,56 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

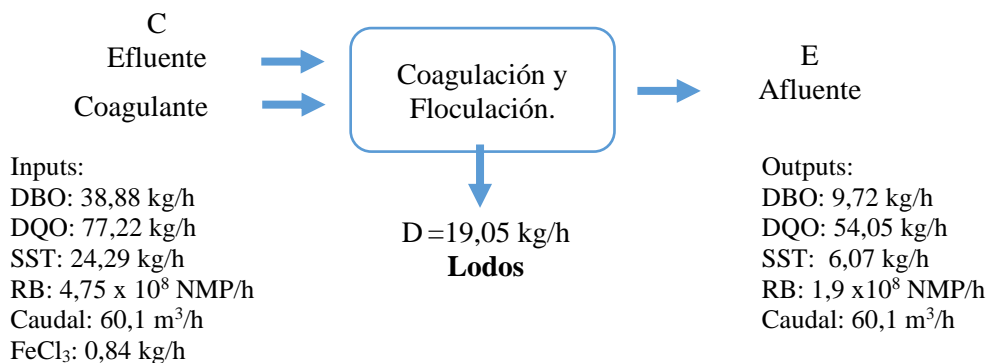
## B) Etapa de tratamiento primario.

Para el balance en el proceso de Coagulación y Floculación, es necesaria la información obtenida a partir del análisis de la muestra de agua residual que se realizó en el laboratorio (Punto 3.2, apartado D). Dicho análisis nos muestra los valores iniciales tomados como inputs para el balance de materia.

Según Lozano [29], para el proceso de Coagulación y Floculación las eficiencias de remoción son las siguientes: DBO: 65 – 80%, SST: 65 – 85%, Turbiedad: 50%, Reducción de Bacterias: 40 – 80%, DQO: 22 – 37% [38].

### Eficiencias de Remoción:

DBO: 75%  
DQO: 30%  
SST: 75%  
RB: 60%



**Figura 19 - Balance de Materia del Proceso de Coagulación y Floculación**

## Cálculo de Inputs

### Parámetros Físicoquímicos y microbiológicos

**Datos**  
Caudal por hora: 60,1 m<sup>3</sup>/h  
Cantidad de:  
DBO: 647 mg/l  
DQO: 1 285 mg/l  
RB: 790 NMP/100 ml

#### Parámetros Físicoquímicos y microbiológicos (kg/h)

Es necesario antes de realizar el balance de materia convertir las unidades de los parámetros a unidades de kg/h. Para ello se realiza conversiones simples de unidades de la siguiente manera:

Parámetros físicoquímicos:

$$\text{Parámetro } \left(\frac{kg}{h}\right) = \text{Caudal } \left(\frac{m^3}{h}\right) \times \text{Cant. parámetro } \left(\frac{mg}{l}\right) \times \frac{1000 l}{m^3} \times \frac{1 \times 10^{-6} kg}{mg}$$

Parámetros microbiológicos:

$$\text{Parámetro } \left(\frac{NMP}{h}\right) = \text{Caudal } \left(\frac{m^3}{h}\right) \times \text{Cant. parámetro } \left(\frac{NMP}{100 ml}\right) \times \frac{ml}{1 \times 10^{-6} m^3}$$

Aplicando las fórmulas se obtiene:

$$DBO \left(\frac{kg}{h}\right) = 60,1 \left(\frac{m^3}{h}\right) \times 647 \left(\frac{mg}{l}\right) \times \frac{1000 l}{m^3} \times \frac{1 \times 10^{-6} kg}{mg}$$

$$DBO \left(\frac{kg}{h}\right) = 38,88$$

$$DQO \left(\frac{kg}{h}\right) = 60,1 \left(\frac{m^3}{h}\right) \times 1\,285 \left(\frac{mg}{l}\right) \times \frac{1000 l}{m^3} \times \frac{1 \times 10^{-6} kg}{mg}$$

$$DQO \left(\frac{kg}{h}\right) = 77,22$$

$$RB \left(\frac{NMP}{h}\right) = 60,1 \left(\frac{m^3}{h}\right) \times 790 \left(\frac{NMP}{100 ml}\right) \times \frac{ml}{1 \times 10^{-6} m^3}$$

$$RB \left(\frac{NMP}{h}\right) = 4,75 \times 10^8$$

### Coagulante FeCl<sub>3</sub>

El proceso que sigue el tratamiento de coagulación – floculación, requiere la adición de un coagulante, que, mediante una agitación lenta, produce una mezcla que forma los llamados flóculos, aquellos que están compuestos de partículas en suspensión atraídas por el coagulante adherido. Dicho tratamiento consiste en dos operaciones que actúan de manera simultánea: la desestabilización de los coloides y luego su aglomeración, con el fin de lograr su sedimentación.

Andía [39] menciona que los productos químicos más utilizados son las sales de Aluminio y de Hierro ( $[(Al_2(SO_4)_3)]$ ,  $[(Fe_2(SO_4)_3)]$ ,  $(FeCl_3)$ ). Así mismo, afirma que, un proceso de coagulación mal efectuado, puede producir una degradación rápida de la calidad del agua, generando gastos de operación adicionales. Es por ello, que la dosificación correcta del coagulante se considera importante en el funcionamiento de las unidades de decantación.

Otro factor que se considera importante y que influye en el proceso de coagulación, es el pH. Andía [39] señala lo siguiente: “El pH es la variable más importante a tener en cuenta al momento de la coagulación, para cada agua existe un rango de pH óptimo, para la cual la coagulación tiene lugar rápidamente. El rango de pH es función del tipo de coagulante a ser utilizado y de la naturaleza del agua a tratar; si la coagulación se realiza fuera del rango de pH óptimo entonces se debe aumentar la cantidad del coagulante; por lo tanto, la dosis requerida es alta. Para sales de aluminio el rango de pH para la coagulación es de 6,5 a 8,0 y para las sales de hierro, el rango de pH óptimo es de 5,5 a 8,5 unidades”.

Entonces, teniendo en cuenta lo que dice Andía, el coagulante a utilizar son las sales de hierro, debido a que el pH del agua residual es de 7,9 (valor comprendido en ese rango), tendiendo a ser un poco más alcalino.

**Tabla 27 - Dosis de coagulante según el valor de pH.**

pH	DOSIS OP. $FeCl_3$ Soluc.	DOSIS OP. $Al_2(SO_4)_3$ Soluc.
> 7,46	14 p.p.m	26 p.p.m
< 7,29	16 p.p.m	30 p.p.m

Fuente. Andía Cárdenas. 2010.

Cabe mencionar que el grado de agitación que se realiza durante la adición del coagulante seleccionado debe proporcionar una mezcla correcta. Es decir, no debe existir porciones de agua con mayor concentración de coagulante en comparación a otras que contengan poco o casi nada, debe ser uniforme, intensa y equitativa (no debe haber presencia de turbulencias desiguales). Durante la coagulación y floculación, se produce la mezcla de productos químicos en dos etapas. Durante la primera, ocurre una mezcla rápida, cuya duración es corta (60 seg. máx), llamada también mezcla energética, cuya finalidad es dispersar en su totalidad el coagulante seleccionado en el volumen de agua que se desea tratar; mientras que, en la segunda, ocurre una mezcla lenta, cuya finalidad es aglomerar las partículas y formar los flóculos.

El cloruro Férrico se obtiene en estado líquido, el cual puede ser suministrado mediante un equipo de bombeo o bien por sistemas de gravedad. Es importante que, para el correcto funcionamiento del equipo de distribución, se deba el mantener stock de productos químicos disponibles, asegurando la continua operación del sistema; su correcto almacenamiento, y la necesidad operativa de las bombas dosificadoras (mantenimiento preventivo y calendario de limpieza).

Teniendo en cuenta lo siguientes datos, se calcula la cantidad requerida de coagulante:

**Datos**  
 Caudal por hora: 60,1 m<sup>3</sup>/h  
 Dosis del Coagulante: 14 p.p.m  
 (o 14 g/m<sup>3</sup>)  
 Densidad de la solución: 1,42  
 kg/l [39]

**Cantidad requerida de Coagulante (kg/h)**

Para calcular la cantidad requerida en kg/h de cloruro férrico, se debe multiplicar la dosis del coagulante por el caudal del agua residual y una conversión simple de unidades.

$$\begin{aligned} & \text{Cantidad de } FeCl_3 \left( \frac{kg}{h} \right) \\ & = \text{Dosis del coagulante} \left( \frac{g}{g^3} \right) \times \text{Caudal} \left( \frac{m^3}{h} \right) \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \end{aligned}$$

Aplicando la fórmula se obtiene:

$$\text{Cantidad de } FeCl_3 \left( \frac{kg}{h} \right) = 14 \left( \frac{g}{g^3} \right) \times 60,1 \left( \frac{m^3}{h} \right) \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}$$

$$\text{Cantidad de } FeCl_3 \left( \frac{kg}{h} \right) = 0,84$$

Luego para saber el volumen requerido del coagulante, dividimos la cantidad de cloruro férrico hallado entre utilizamos la densidad del.

$$V_{FeCl_3} = \frac{\text{Cantidad de } FeCl_3}{\text{Densidad de } FeCl_3}$$

Aplicando la fórmula se obtiene:

$$V_{FeCl_3} = \frac{0,84 \frac{kg}{h}}{1,42 \frac{kg}{l}} = 0,6 \frac{\text{Litros}}{\text{Hora}} = 6 \frac{\text{Litros}}{\text{día}}$$

**Cálculo de los outputs:**

Parámetros Físicoquímicos y microbiológicos

**Datos**

**Inputs (Efluente C):**  
 DBO: 38,88 kg/h  
 DQO: 77,22 kg/h  
 SST: 24,29 kg/h  
 RB: 4,75 x 10<sup>8</sup> NMP/h

**Reducción de la cantidad Parámetros físicoquímicos y microbiológicos presentes en el agua residual.**

Teniendo en cuenta los datos (inputs y eficiencias de remoción) del Efluente C, se calcula la cantidad de parámetros físicoquímicos y microbiológicos removidos presentes en el Afluente E, mediante la resta de la cantidad de parámetros físicoquímicos y microbiológicos del efluente C y su remoción. (Coagulación y Floculación)

Caudal: 60,1 m<sup>3</sup>/h

**Eficiencias de Remoción:**

DBO: 75%

DQO: 30%

SST: 75%

RB: 60%

*Cantidad de PFM del afluente E*

= *Cantidad de PFM del efluente C*

– (*Cantidad de PFM del efluente C x Eficiencia de remoción*)

Aplicando la fórmula se obtiene:

$$DBO \text{ del afluente } E = 38,88 \frac{kg}{h} - (38,88 \frac{kg}{h} \times 0,75)$$

$$\text{Cantidad de DBO presente en el afluente } E = 9,72 \frac{kg}{h}$$

$$DQO \text{ del afluente } E = 77,22 \frac{kg}{h} - (77,22 \frac{kg}{h} \times 0,30)$$

$$\text{Cantidad de DQO presente en el afluente } E = 54,05 \frac{kg}{h}$$

$$SST \text{ del afluente } E = 24,29 \frac{kg}{h} - (24,29 \frac{kg}{h} \times 0,75)$$

$$\text{Cantidad de SST presente en el afluente } E = 6,07 \frac{kg}{h}$$

$$RB \text{ del afluente } E = 4,75 \times 10^8 \frac{NMP}{h} - (4,75 \times 10^8 \frac{NMP}{h} \times 0,60)$$

**Cantidad de RB presente en el afluente E**

$$= 1,9 \times 10^8 \frac{NMP}{h}$$

**Lodos Generados**

**Datos**

**Inputs (Efluente C):**

SST: 24,29 kg/h

**Eficiencias de Remoción:**

SST: 75%

**Cantidad de lodos generados**

Cabe resaltar que, como consecuencia de la sedimentación de los sólidos suspendidos, se generan lodos. La cantidad de éstos se determina multiplicando los SST de las aguas residuales por el parámetro de remoción y adicionándole la cantidad de coagulante utilizado.

*Cantidad de lodos*

= (*Cantidad de SST del efluente C x Eficiencia de remoción*)  
+ *cantidad de coagulante utilizado.*

Aplicando la fórmula se obtiene:

$$\text{Cantidad de lodos} = \left( 24,29 \frac{kg}{h} \times 0,75 \right) + 0,84 \text{ kg/h}$$

$$\text{Cantidad de lodos} = 19,05 \frac{kg}{h}$$

### C) Etapa de tratamiento secundario.

Según los tratamientos seleccionados, el proceso que ocurre dentro de los Filtros Percoladores, es la última etapa propuesta para obtener agua con las características adecuadas y poder ser reutilizada. Según Agrilife [33], las eficiencias de remoción son: DBO:75 -85 %, DQO: 75 – 85%, SST: 65- 85% y Coliformes Fecales: 45 – 70 %.

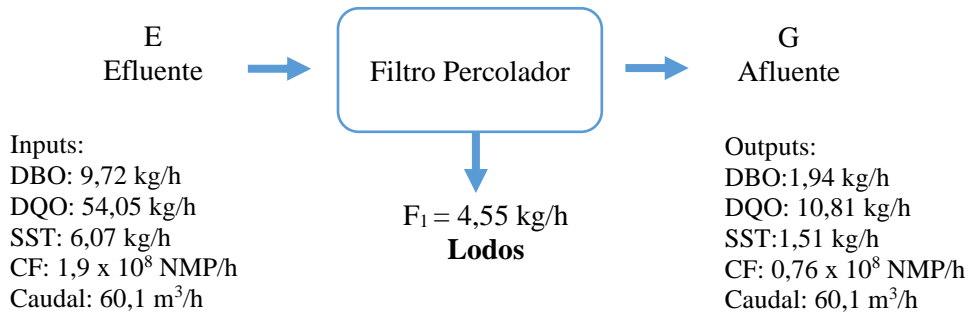
#### Eficiencias de Remoción:

DBO: 80%

DQO: 80%

SST: 75%

CF: 60%



**Figura 20 - Balance de Materia del Proceso con Filtro Percolador.**

### Cálculo de Inputs

Parámetros Físicoquímicos y microbiológicos

**Datos**  
 Caudal por hora: 60,1 m<sup>3</sup>/h  
 Cantidad de:  
 DBO: 9,72 kg/h  
 DQO: 54,05 kg/h  
 SST: 6,07 kg/h  
 CF: 1,9 x 10<sup>8</sup> NMP/h

**Parámetros Físicoquímicos y microbiológicos (kg/h)**  
 Para realizar el balance de materia es necesario conocer las cantidades de DBO, DQO, SST y Coliformes Fecales presentes en las aguas residuales que ingresan al tratamiento secundario. Estos parámetros ya han sido determinados en el tratamiento anterior, pues se considera que el Afluente E es la salida del tratamiento de coagulación y floculación y al mismo tiempo es la entrada del agua al filtro percolador.

Parámetros físicoquímicos y microbiológicos:  
 DBO: 9,72 kg/h  
 DQO: 54,05 kg/h  
 SST: 6,07 kg/h  
 CF: 1,9 x 10<sup>8</sup> NMP/h

### Cálculo de los outputs:

Parámetros Físicoquímicos y microbiológicos

**Datos**  
**Inputs (Efluente E):**  
 DBO: 9,72 kg/h  
 DQO: 54,05 kg/h  
 SST: 6,07 kg/h

**Reducción de la cantidad Parámetros físicoquímicos y microbiológicos presentes en el agua residual.**  
 Teniendo en cuenta los datos (inputs y eficiencias de remoción) del Efluente E, se calcula la cantidad de parámetros físicoquímicos y microbiológicos removidos presentes en el Afluente G, mediante la

CF:  $1,9 \times 10^8$  NMP/h  
Caudal:  $60,1 \text{ m}^3/\text{h}$

**Eficiencias de Remoción:**

DBO: 80%  
DQO: 80%  
SST: 75%  
CF: 60%

resta de la cantidad de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del efluente E y su remoción. (Filtro Percolador)

*Cantidad de PFM del afluente G*  
 $= \text{Cantidad de PFM del efluente E}$   
 $- (\text{Cantidad de PFM del efluente E} \times \text{Eficiencia de remoción})$

Aplicando la fórmula se obtiene:

$$\text{DBO del afluente G} = 9,72 \frac{\text{kg}}{\text{h}} - (9,72 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 0,8)$$

$$\text{Cantidad de DBO presente en el afluente G} = 1,94 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\text{DQO del afluente G} = 54,05 \frac{\text{kg}}{\text{h}} - (54,05 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 0,80)$$

$$\text{Cantidad de DQO presente en el afluente G} = 10,81 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\text{SST del afluente G} = 6,07 \frac{\text{kg}}{\text{h}} - (6,07 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 0,75)$$

$$\text{Cantidad de SST presente en el afluente G} = 1,51 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\text{CF del afluente G} = 1,9 \times 10^8 \frac{\text{NMP}}{\text{h}} - (1,9 \times 10^8 \frac{\text{NMP}}{\text{h}} \times 0,60)$$

$$\text{Cantidad de CF presente en el afluente G} \\ = 0,76 \times 10^8 \frac{\text{NMP}}{\text{h}}$$

**Lodos Generados**

**Datos**

**Inputs (Efluente E):**  
SST:  $6,07 \text{ kg/h}$

**Eficiencias de Remoción:**

SST: 75%

**Cantidad de lodos generados**

Cabe resaltar que, como consecuencia de la sedimentación de los sólidos suspendidos, se generan lodos. La cantidad de éstos se determina multiplicando los SST de las aguas residuales por el parámetro de remoción.

*Cantidad de lodos*  
 $= (\text{Cantidad de SST del efluente E} \times \text{Eficiencia de remoción})$

Aplicando la fórmula se obtiene:

$$\text{Cantidad de lodos} = (6,07 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 0,75)$$

$$\text{Cantidad de lodos} = 4,55 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

### 3.4.3. Comparación de los parámetros obtenidos en balance de materia y los exigibles según la normativa vigente para su reutilización

Después de haber realizado los respectivos balances de materia, se obtuvo las características físico-químicas finales del efluente a tratar. Aquellas que serán comparadas con la normativa de Costa Rica, con el fin de evaluar si el tratamiento propuesto cumple con el propósito esperado.

**Tabla 28 - Cuadro comparativo de los parámetros obtenidos a partir de la propuesta y los que exige la norma.**

<b>BIOLÓGICOS</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultados Empresa Alpes Chiclayo S.A.C.</b>	<b>Resultados de la Propuesta realizada</b>	<b>NORMATIVA COSTA RICA</b>	<b>Directrices de la OMS sobre la calidad de las aguas residuales empleadas en agricultura. Categoría A</b>
Coliformes Fecales	NMP/100ml	790	126,45	1 000	1 000
<b>FÍSICO -QUÍMICOS</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultados Empresa Alpes Chiclayo S.A.C.</b>	<b>Resultados de la Propuesta realizada</b>	<b>NORMATIVA COSTA RICA Reúso Tipo 1</b>	<b>V.M.A</b>
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	780	25,12	150	500
DBO <sub>5</sub>	mg/l	647	32,27	150	500
DQO	mg/l	1 285	179,86	400	1 000

Según la Tabla 28, los nuevos valores que adoptan los diferentes parámetros medibles, se encuentran dentro de los rangos que admite la norma de Costa Rica, y más aún también cumplen con la normativa peruana. De ser así, la eficiencia del sistema de tratamiento propuesto para la reutilización de las aguas residuales de la empresa Alpes Chiclayo S. A. C. es una alternativa que se establece para cumplir tal fin.

### 3.4.4. Indicadores del sistema de tratamiento de aguas residuales en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.

A continuación, se muestran los principales factores en la medición de la eficiencia del sistema propuesto.

**Tabla 29 - Principales Indicadores del Sistema Propuesto**

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
CAPACIDAD PROYECTADA	Es aquella que describe el comportamiento futuro del efluente en cuanto a su máximo de capacidad de agua a tratar. Para ello, de acuerdo al pronóstico, basada en una metodología apropiada, se considera 601 m <sup>3</sup> /día.
PRODUCCION REAL	Actualmente se estima una generación de efluente de: 246,07 m <sup>3</sup> / día (Octubre 2018).
% DE UTILIZACIÓN	Se refiere al porcentaje de uso de sistema propuesto, representado por la siguiente fórmula. $Utilización = \frac{Producción\ Real}{Capacidad\ Proyectada} \times 100$ $Utilización = \frac{246,07 \frac{m^3}{día}}{601 \frac{m^3}{día}} \times 100$ $Utilización = 40,94 \%$
% EFICIENCIA	Se refiere a la relación que existe entre la Producción Real y la capacidad productiva del sistema. El resultado referirá el porcentaje del agua residual generada en función del agua total a tratar. $\% Eficiencia = \frac{Agua\ Residual\ tratada}{Agua\ Residual\ generada} \times 100$ $\% Eficiencia = \frac{246,07 \frac{m^3}{día}}{246,07 \frac{m^3}{día}} \times 100$ $\% Eficiencia = 100\%$

### 3.4.5. Descripción del sistema propuesto de tratamiento de agua residuales

Como se menciona anteriormente, la empresa Alpes Chiclayo S. A. C. en la actualidad no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales que le permita reutilizar el agua

generada. Es por ello, que, mediante el uso de la metodología de factores ponderados, se determinaron las etapas del sistema de tratamiento seleccionado:

### **1.- Etapa de pretratamiento**

**TAMIZADO:** Cuyo principal objetivo es remover sólidos gruesos presentes en las aguas residuales generadas por la empresa. Esta remoción se realiza mediante equipos llamados cribas o tamiz cuyos agujeros poseen un diámetro inferior al de los sólidos para su efectiva remoción. El proceso de tamizado, está compuesto por dos tamices, los cuales se encuentran a distintas alturas de manera consecutiva (un encima de otra); con el fin de retener sólidos con diámetros superiores a 6 mm (tamizado grueso) y luego sólidos superiores a 2,5 mm de diámetro (tamizado fino). Los residuos generados en esta etapa serán recolectados y posteriormente desechados de manera adecuada.

### **2.- Etapa de tratamiento primario**

**COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN.** – Cuyo objetivo consiste en retener los sólidos en suspensión por sedimentación asistida para una precipitación más rápida y efectiva. Esto se logra por lo general con la adición de agentes químicos y aplicando energía de mezclado. El agente químico utilizado en este proceso será el cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) a una concentración de 14 p.p.m. Dicho agente químico, como se mencionó anteriormente, permite la aglomeración de partículas suspendidas para su sedimentación, mediante una mezcla realizada por agitadores mecánicos.

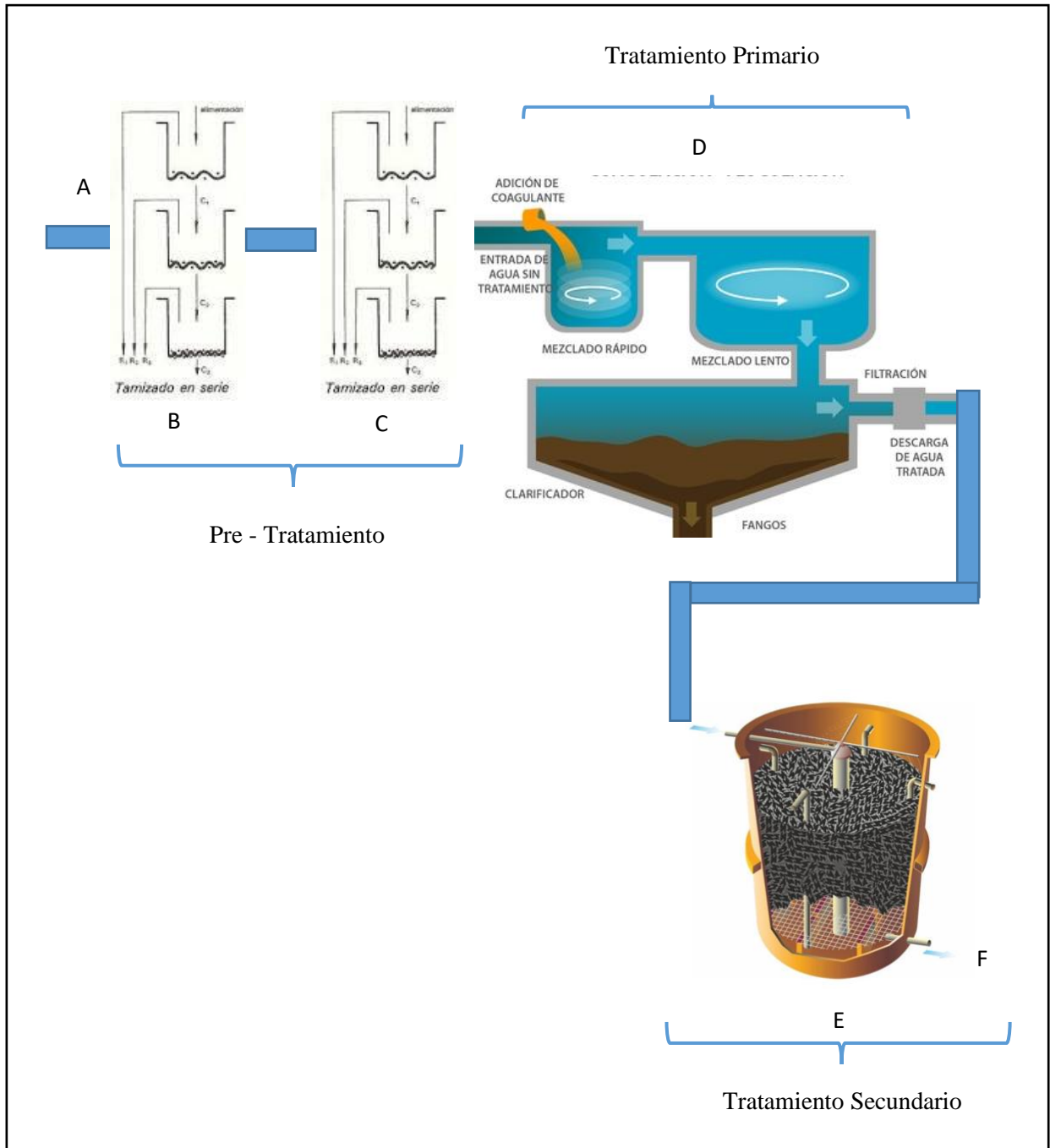
El tratamiento C-F, utiliza equipos similares a los de un decantador convencional, construidos en acero inoxidable con un espesor de 3 mm. Estos equipos están diseñados para tratar dichas partículas a una tasa de sedimentación considerada entre 0,3 – 0,7 mm/s, con períodos de retención habitualmente cortos considerados entre rangos aproximados de tiempo entre 1 – 2 horas. Con estas medidas, un estanque puede adquirir una profundidad que fluctúa entre 2 a 5 m en promedio, cuyos efectos de remoción en cuanto a precipitación se encuentran alrededor del 60 – 70% de los sólidos en suspensión presentes en las aguas residuales. [40]

### **3.- Etapa de tratamiento secundario**

**FILTRO BIOLÓGICO O PERCOLADOR HÍBRIDO.** - Cuyo objetivo es la remoción de la materia orgánica presente en el agua residual. Consiste en la degradación biológica de la materia orgánica presente en el agua residual a través de un medio filtrante, en donde un grupo de bacterias y microorganismos forman una película biológica que hace posible la reducción de la carga orgánica. Dicho equipo está constituido por piezas de material como plástico o piedra donde se desarrolla el biofilm.

#### **3.4.6. Dimensiones del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto**

De acuerdo con la antes expuesto, el esquema que contiene el sistema de tratamiento de las aguas residuales de la empresa Alpes Chiclayo S. A. C., se muestra a continuación, ordenados en una determinada secuencia lógica.



**Figura 21 - Esquema General del Sistema de Tratamiento Propuesto para la reutilización de las Aguas Residuales generadas en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.**

**Leyenda:**

- A – Entrada de Efluente
- B - Tamizado Grueso
- C – Tamizado Fino
- D – Coagulación y Floculación
- E – Filtro Percolador.
- F – Salida de Afluente

### 3.4.6.1. Obras preliminares

Los procesos suelen dividirse conceptualmente en dos líneas: la línea del agua en donde se trata propiamente dicha el agua residual y la línea de fangos, donde se tratan los fangos que se extraen de la línea de agua en los diferentes procesos de decantación y/o sedimentación primaria y secundaria.

De forma esquemática, se agrupa los diferentes procesos por líneas según se detalla a continuación:

**Tabla 30 - Procesos realizados por Líneas**

LÍNEA DE AGUA	LÍNEA DE FANGOS
<b>Procesos Físicos</b>	<b>Procesos Físicos</b>
Tamizado	Espesamiento por gravedad.
<b>Procesos Químicos</b>	<b>Procesos Químicos</b>
Coagulación – Flocculación	Flocculación
<b>Procesos Biológicos</b>	<b>Procesos Biológicos</b>
Filtros Biológicos.	Digestión aerobia

Fuente. Hernández Lehmann. 2016

#### A) Dimensiones de canales de entrada

De acuerdo con las Norma OS 090, el sistema debe contar con estructuras de llegada que aseguren el flujo de las aguas residuales, siendo aquellas dimensionadas para el caudal máximo.

Para ello, y según la norma, el dimensionamiento del canal se calcula, teniendo en cuenta los caudales máximos, mínimos y promedio, de acuerdo a los datos proporcionados por el pronóstico anteriormente realizado (Caudal máximo registrado según pronóstico: 601,08 m<sup>3</sup>/día).

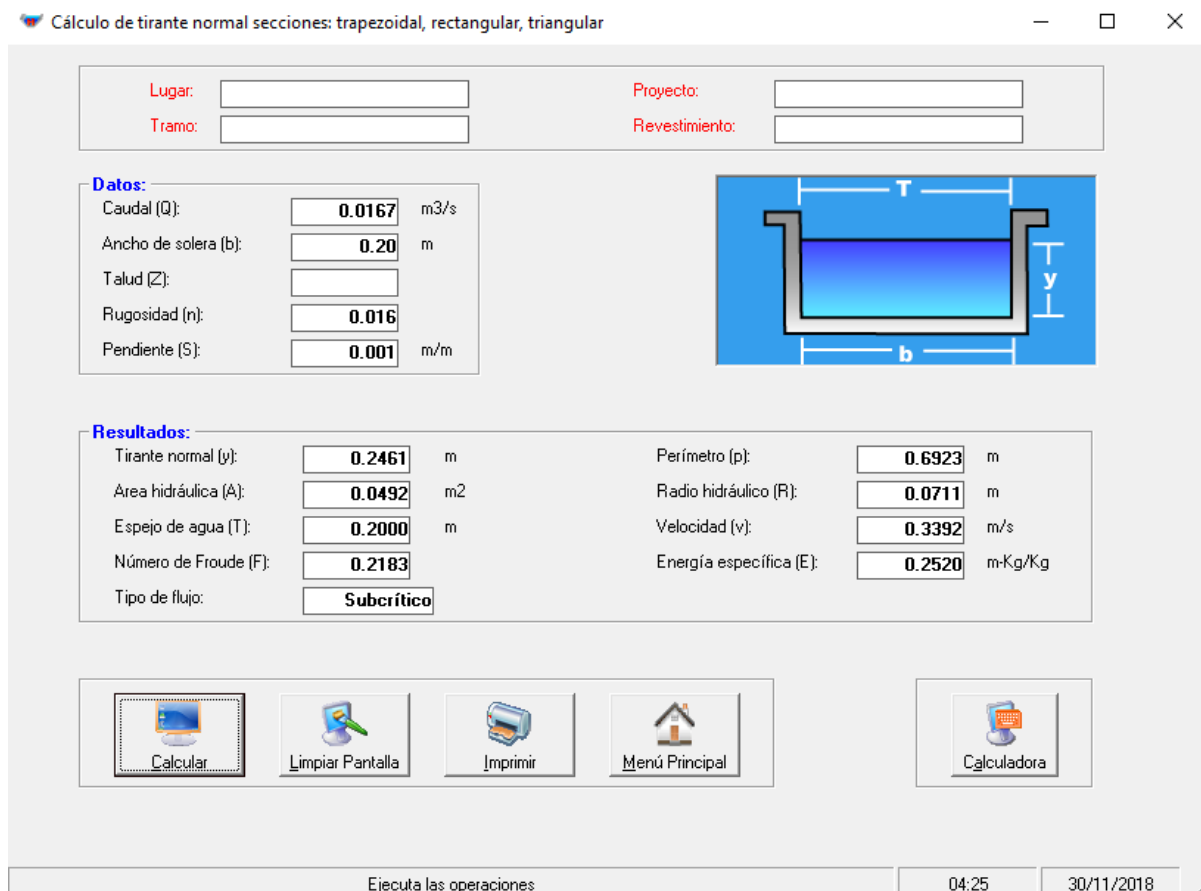
**Tabla 31 - Caudal máximo, mínimo y promedio pronosticados en la empresa Alpes Chiclayo S.A.C.**

TIPO DE CAUDAL	m <sup>3</sup> /mes	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /hora	m <sup>3</sup> /segundo
Caudal Máximo	14 426	601,08	60,1	0,0167
Caudal Promedio	10 086	415,04	41,50	0,012
Caudal Mínimo	5 946	229	22,9	0,0064

Fuente. Pronóstico 2019 -2023. Alpes Chiclayo S.A.C.

El canal de entrada propuesto se encuentra expuesto (a cielo abierto), y tendrá la sección de forma rectangular. Por otro lado, se encontrará al costado de cada estación de trabajo, formando una red. Se considera que el material con el cual esté construido, sea cemento, cuyo coeficiente de rugosidad es 0,016. Por otro lado, el ancho del canal se considera de acuerdo al tamaño de los sólidos presentes en el agua recolectada, evitando obstrucciones y facilitando el paso por los tamices.

Para el diseño del canal de entrada se utilizó el software Hcanales, obteniéndose los siguientes resultados:



**Figura 22 - Resultados obtenidos con el Software H Canales para el dimensionamiento del canal de entrada.**

**Tabla 32 - Resultados para el diseño del canal de entrada.**

ÍTEM	MEDIDA
Ancho	0,20 m
Altura	0,30 m
Tirante Normal	0,25 m
Área Hidráulica	0,049 m <sup>2</sup>
Espejo de Agua	0,2 m
Perímetro	0,69 m
Radio Hidráulico	0,07 m
Velocidad	0,3392 m/s <sup>2</sup>

### 3.4.6.2. Dimensiones de los tamices

El tamizado consiste, en definitiva, en una filtración sobre soporte mucho más delgado que unas rejillas. Según las dimensiones de los orificios de paso del soporte, se distinguen dos variantes:

**Tamizado grueso.** – Consiste en la retención de materias en suspensión, flotantes o semiflotantes, residuos vegetales o animales, ramas, etc., a través de un enrejado metálico con una luz de paso superior a 6 mm.

**Tamizado fino.** - Dicho enrejado metálico soporta un paso superior a 0,25 mm. Aquel que también retiene materias en suspensión de menor tamaño.

#### B.1) Tipo de tamices según paso de luz

Los tamices convencionales están formados por un entramado de hilos de bronce, acero o nylon. Sin embargo, para el diseño de este equipo se utilizará tamices de hilos de acero por ser el más comercial.

Según la norma ASTM E – 11, con el fin de enumerar las cribas, proporciona un número de tamiz, que depende de la abertura de paso de luz. Así tenemos que, para una abertura de 6 mm, el número de tamiz es 3,5. Por otro lado, para una abertura de 0,25 mm, el número de tamiz es 60. De esta forma, la norma específica que el diámetro para ambos números de tamices es de 8”.

**Tabla 33 - Número de tamiz según su abertura.**

DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	Nº	LUZ
Tamices Norma ASTM E -11	8”	3/8”	9,50 mm
Tamices Norma ASTM E -11	8”	5/16”	8,00 mm
Tamices Norma ASTM E -11	8”	1/4 “	6,30 mm
Tamices Norma ASTM E -11	8”	3,50	5,60 mm
Tamices Norma ASTM E -11	8”	4	4,75 mm
Tamices Norma ASTM E -11	8”	7	2,80 mm
Tamices Norma ASTM E -11	8”	10	2,00 mm
Tamices Norma ASTM E -11	8”	18	1,00 mm
Tamices Norma ASTM E -11	8”	50	0,30 mm
Tamices Norma ASTM E -11	8”	60	0,25 mm

Fuente. Norma ASTM E-11. 2012.

## **B.2) Equipo de tamizado**

Para el proceso de Tamizado, se ha considerado el empleo de ambos tamizados (el macrotamizado y el microtamizado), utilizando como equipo a un tamiz estático y un tamiz de escalera, debido a que un tamiz rotatorio y vibratorio no presentan los suficientes beneficios. Por ejemplo, un tamiz rotatorio generalmente se utiliza con aguas residuales poco cargadas, utilizando un tambor cilíndrico de eje horizontal cuando el nivel del agua residual varía relativamente poco, y utilizando una banda rotatoria sobre cadenas sin fin cuando el nivel del agua sufre grandes variaciones, haciendo uso del empleo de la energía [41]; un tamiz por vibración es considerado bueno, sin embargo, una desventaja que se considera al trabajar con este tipo de tamizado es la rotura de mallas. Y esto se debe a que, por acción del peso, gracias a la acumulación de residuos sólidos, más la vibración del propio equipo, hacen que en alguna parte de su funcionamiento la malla colapse y se rompa.

Se utilizarán dos unidades de tamizado, cuyas dimensiones se muestran a continuación.

### **B.2.1.- Tamiz de escalera**

**Descripción:** Los tamices de escalera modelo PAM TE, están diseñados para la instalación en canal. Están compuestos por dos láminas (una móvil y la otra fija), cuya disposición forma escaleras con espacios de abertura de 6 mm, utilizados para el tamizado de sólidos en aguas residuales.

#### **Características:**

- Altura de descarga desde fondo de canal: 1 700 mm.
- Luz de paso: 6 mm.
- Ángulo de inclinación de 60°.
- Material AISI 304 L.
- Accionamiento: Motor eléctrico de 1,1 KW
- Grado de protección del motor adaptable a la necesidad.
- Panel de control.
- Dimensiones: Alto: 1 700 mm Ancho: 560 mm. Largo: 1 712 mm.

#### **Ventajas**

- Autolimpiante

- Posee alta eficiencia en la captura de sólidos finos, así como de partículas inorgánicas y flotantes
- Ahorro en costos de operación y asistencia de mantenimiento

### **Funcionamiento**

El agua residual se tamiza por medio de láminas en forma de escalones que retienen los sólidos. La malla está formada por las láminas fijas y móviles retienen los sólidos.

Al llegar al nivel máximo establecido, las láminas móviles comienzan a funcionar elevando escalón a escalón los sólidos, hasta que los dejan depositados sobre las láminas fijas. Los ciclos se repiten hasta llevar los sólidos hasta los últimos escalones donde se produce la descarga.

Generalmente, la parte filtrante presente en el equipo se encuentra ubicada en el interior del canal por donde se transporta las aguas, evitando contacto con el sistema eléctrico y la tolva en donde se realiza la descarga. De esta manera, el agua residual a tratar se filtra y se van reteniendo los sólidos en las rejillas. Dicho mecanismo se acciona cuando el agua a tratar supera la altura del detector de nivel conectando el motor eléctrico. Las velocidades que suministra el motor eléctrico son relativamente bajas, de esta manera los sólidos no se desprenden bruscamente y se mantienen en las láminas durante su transporte.



**Figura 23 - Tamiz de Escalera**

Fuente: Procesos Auto-mecanizados Pam. Equipos para el Tratamiento de Aguas. 2019

### **B.2.1.- Tamiz estático**

**Descripción:** Los tamices estáticos son máquinas diseñadas para separar de manera continua los sólidos en suspensión de un líquido. Este equipo retiene partículas de 0,25 mm, en función del modelo, sin consumo eléctrico.

#### **Características**

- Dimensiones: Ancho: 1 040 mm. Largo: 1 488 mm Alto: 1 860 mm
- Peso: 360 Kg.
- Capacidad 60 m<sup>3</sup>/h

#### **Ventajas**

- No es necesario efectuar operación manual alguna.
- No necesita mantenimiento.
- Para grandes concentraciones de sólidos, es válido.
- Sus dimensiones son adaptables según los caudales.
- No requiere del consumo de energía eléctrica.
- Funcionamiento silencioso

#### **Funcionamiento**

El efluente cargado de sólidos, penetra por la parte posterior, llenando la cámara de entrada y produciéndose el vertido por rebosamiento en la parte superior, cayendo por gravedad a lo largo de la rejilla donde se efectúa la filtración del agua y la retención de los sólidos en la zona inferior, los cuales por propio peso descargan automáticamente hacia el interior de un container, cesta, cinta, etc.

El agua, limpia de residuos es recogida en una cubeta con salida a una tubería de desagüe. Ello permite en los casos que se desee, hacer una recuperación de las partículas que van mezcladas con el líquido y de tamaño superior al del tamizaje, para una posterior utilización.



**Figura 24 - Equipo de Tamiz Estático**

Fuente. Aguamarket. 2019

### **3.4.6.3. Dimensiones del tanque de coagulación – floculación**

El proceso de C-F es un tratamiento químico que se compone básicamente de 3 fases: la desestabilización de las partículas coloidales, agregación de las partículas desestabilizadas y la separación de los agregados formados del seno del agua. La primera etapa, constituye lo que generalmente se denomina como coagulación, mientras que la floculación se reserva exclusivamente para la segunda etapa. [42]

#### **C.1) Tanque de coagulación – Floculación**

El agua procedente de la etapa del tamizado, alimenta al tanque de coagulación. Mientras que la adición del agente químico se realizara por la parte superior del tanque de manera manual.

Para realizar el cálculo del volumen del tanque se considera tener en cuenta el tiempo necesario para el desarrollo de la coagulación y floculación, el cuál es estimado en promedio de 35 min., distribuidos en: 5 min. (iniciales) para una agitación rápida y los 30 min. restantes para el proceso de coagulación [43]. y el caudal del agua residual a tratar.

Entonces el volumen del tanque de coagulación se calcula mediante la siguiente ecuación:  
[43]

$$V = t_R \times Q$$

Donde:

$T_R$ : Tiempo de residencia en el tanque de coagulación – floculación. (h)

$Q$ : Caudal de agua residual a tratar ( $m^3/h$ )

Realizando los cálculos, se obtiene:

$$V = 35 \text{ min} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \times 60,1 \frac{m^3}{h}$$
$$V = 35 \text{ m}^3$$

Según Faba [43], se debe sobredimensionar el valor obtenido, con la finalidad de evitar problemas derivados de la formación de vórtices en el líquido. Para ello se considera que el agua debe ocupar un 50% del volumen total. El tanque de coagulación será cilíndrico, por temas de simplicidad, considerándose que el diámetro es igual a su altura. Por lo tanto, las dimensiones del tanque se muestran a continuación.

**Volumen:**  $70 \text{ m}^3$

**Diámetro:** 4,46 m

**Altura:** 4,46 m

El tanque debe estar fabricado de acero inoxidable AISI 316 de 3 mm de espesor, con el fin de evitar la corrosión. El sistema de agitación seleccionado es de tipo turbina, fabricado en acero inoxidable AISI-314, y con un diámetro de 0,825 metros. La velocidad de agitación proporcionada será de 200 rpm. [42]

Después de haber realizado la mezcla que permite la coagulación, empieza el proceso de floculación. Según Restrepo [44], el tiempo que tarda en realizarse es muy superior al tiempo de desestabilización, cuyo valor óptimo es 30 min. El sistema de agitación seleccionado es también de tipo turbina, fabricado en acero inoxidable AISI-314, cuya velocidad de agitación proporcionada será de 70 rpm. [42]

### C.3) Tanque de sedimentación

Después de la C-F, es necesario el tanque sedimentador. Para hallar las dimensiones del tanque es necesario considerar la carga de la superficie C y el tiempo de residencia necesario para que los sólidos suspendidos sedimenten en el agua residual. En algunos casos, cuando se utiliza la sedimentación como un pretratamiento para un proceso biológico, el tiempo considerado es de 20 min a 30 min. La carga de superficie considerada para el diseño de estos tanques está en función del tipo de suspensión a sedimentar y oscila normalmente entre los valores de 1,02 y 1,35 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h. En este caso para diseñar el tanque de sedimentación se considerará como tiempo de residencia un valor de típico de 2 horas y como carga superficial un valor de 1,25 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h. Por lo tanto, el volumen de tanque, se hallará mediante la siguiente ecuación: [43]

$$\begin{aligned}V &= Q \times t_R \\V &= 60,1 \frac{m^3}{h} \times 2h \\V &= 120,2 m^3\end{aligned}$$

Donde:

T<sub>R</sub>: Tiempo de residencia en el tanque de sedimentación (h).

Q: Caudal de agua residual a tratar (m<sup>3</sup>/h).

El área necesaria para dichos tanques se calcula mediante la siguiente ecuación. [43]

$$\begin{aligned}\text{Área del Tanque} &= \frac{Q}{C} \\ \text{Área del Tanque} &= \frac{60,01 \frac{m^3}{h}}{1,25 \frac{m^3}{m^2h}} \\ \text{Área del Tanque} &= 48,0 m^2\end{aligned}$$

Donde:

C: Carga Superficial (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> h).

Q: Caudal de agua residual a tratar (m<sup>3</sup>/h).

Teniendo en cuenta que el tanque de sedimentación es de forma circular, las dimensiones se muestran a continuación:

**Volumen:** 120,02 m<sup>3</sup>

**Diámetro:** 7,81 m

**Altura:** 2,50 m

Por otro lado, el tanque de sedimentación genera lodos producto de las partículas suspendidas sedimentadas. Para ello se utiliza los rascadores, cuyo objetivo es el barrido de los lodos hasta la zona de evacuación central. La velocidad de giro de éstos oscila entre los valores de 0,02 y 0,05 rpm. No se puede considerar valores superiores debido a que pueden poner en suspensión las partículas. Para el diseño del sistema de barrido se considera una velocidad de giro de 0,03 rpm. [43]

Los lodos obtenidos del tanque de sedimentación pasan a través de una tubería hasta su etapa de tratamiento (aquella que puede realizarse por medio de filtros prensa, en donde se reducen el volumen y la humedad) o destinarlo para otros usos.

#### **3.4.6.4. Dimensiones del Filtro Percolador**

Para el diseño del filtro percolador se consideró una forma circular para el tanque con dos brazos rotatorios en la parte superior de éste, los cuales liberan de manera continua y controlada las aguas a tratar en un lecho filtrante constituido por un material plástico. [45]

El medio filtrante utilizado para este tratamiento debe estar manufacturado para ese fin. Cuyas características son: debe ser durable, resistente al resquebrajamiento, insoluble, y no debe aportar sustancias indeseables al agua tratada.

Los filtros percoladores se clasifican de acuerdo a las carga orgánica e hidráulica que poseen, dependiendo su diseño. A continuación, se muestra la siguiente tabla con las características de diseño para los diferentes tipos de percoladores. [46]

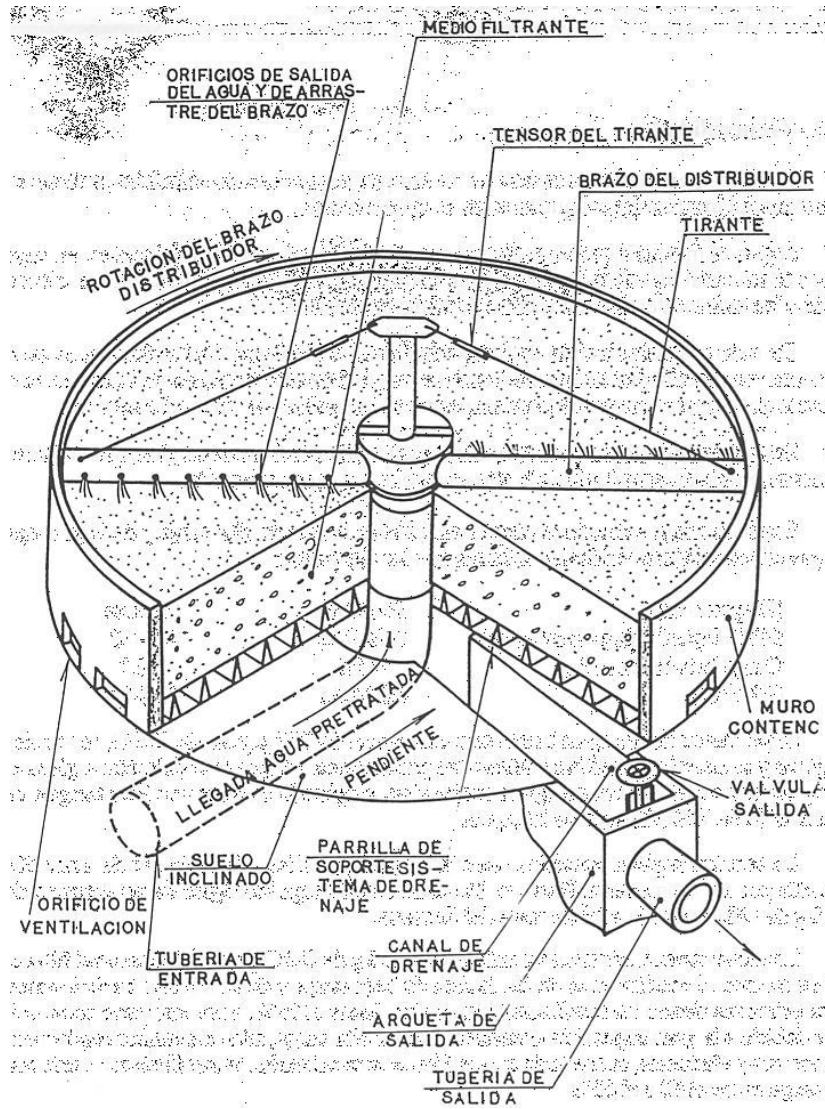
**Tabla 34 - Parámetros de diseño para los diferentes tipos de filtros percoladores.**

	<b>TASA BAJA</b>	<b>TASA INTERMEDIA</b>	<b>TASA ALTA</b>	<b>SUPER ALTA TASA</b>
<b>Medio Filtrante</b>	Roca, Escoria	Roca, Escoria	Roca	Plástico
<b>Carga Hidráulica (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d)</b>	1 a 4	4 a 10	10 a 40	10 a 75
<b>Carga Orgánica (kg DBO<sub>5</sub>/(m<sup>3</sup>.d)</b>	0,07 a 0,22	0,24 a 0,48	0,40 a 2,40	0,5 a 3,2
<b>Profundidad (m)</b>	1,8 a 2,4	1,8 a 2,4	1,8 a 2,4	3,0 a 12,2
<b>Tasa de recirculación</b>	0	0 a 1	1 a 2	1 a 2
<b>Eficiencia de remoción de DBO<sub>5</sub></b>	80 a 90	50 a 80	65 a 90	75 a 95
<b>Calidad del Efluente</b>	Bien nitrificado	Parcialmente nitrificado	Sin nitrificación.	Sin nitrificación.
<b>Desprendimiento</b>	Intermitente	Intermitente	Continuo	Continuo
<b>Moscas en el Filtro</b>	Muchas	Varias	Pocas	Pocas
<b>Consumo Energético (KW/10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>)</b>	2 a 4	2 a 8	6 a 10	6 a 10

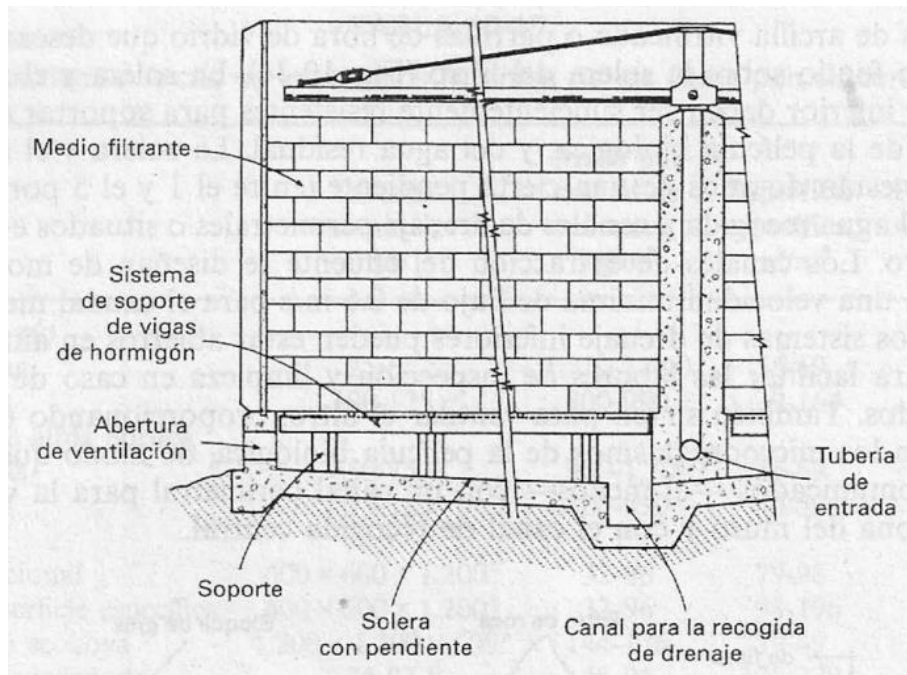
Fuente. Castro Avellaneda. 2018.

Debido a la carga orgánica que presentan las aguas residuales y al material filtrante, el diseño del filtro percolador es considerado de súper alta tasa. Para este tipo de filtros se debe mantener una carga hidráulica constante por medio de una recirculación, siendo necesario bombear el agua. La recirculación ayuda a prevenir el encharcamiento del filtro y reducir los problemas de olores y de proliferación de moscas. Se considera que por cada pozo son necesarias dos bombas, con el fin de que operen alternadamente.

Por otro lado, para el buen funcionamiento del filtro percolador, es necesario mantener las condiciones aerobias, es decir la existencia de flujo de aire a través del mismo. [47] Para este tipo de filtro (a cielo abierto), ocurre la ventilación natural, aquella situada en la parte superior. Sin embargo, en la parte inferior, para mantener el libre paso del aire; el sistema de desagüe o drenaje, el canal del efluente y las tuberías deben ser diseñados para tal fin. Estos se deben diseñar de tal modo que no superen la mitad de su capacidad, de modo que quede un espacio libre para la circulación del aire. Generalmente el rango comprendido para el flujo de aire debe ser de 0,3m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> de área filtrante a 0,03 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> como mínimo. [46] Para filtros no tan grandes, es admisible el uso de un canal de carga periférica con ventilación vertical. Por cada 23 m<sup>2</sup> de superficie de filtro se debe tener 1 m<sup>2</sup> dispuesto como ventana de ventilación. [47]



**Figura 25 - Esquema de un Filtro Percolador.**  
 Fuente. Metcalf & Eddy, Inc. 2011.



**Figura 26 - Sistema inferior típico de un filtro percolador.**

Fuente. Metcalf & Eddy, Inc. 2011.

El crecimiento de la biomasa es importante para mantener el buen funcionamiento del filtro percolador. La eficiencia del proceso se ve afectada por el descenso de la humedad, la cual afecta directamente la película biológica. Es por ello que el tiempo de dosificación no debe ser superior de 1 a 2 horas. Dicha dosificación, se encuentra a cargo de un distribuidor rotatorio formado por dos brazos montados sobre un pivote central, accionado por un motor eléctrico, en un plano horizontal. Cada brazo, posee agujeros en los cuales se adicionan una serie de boquillas rociadores por la cual se distribuye el agua. Se considera que se debe mantener un espacio libre de 15 a 22,5 cm. como mínimo entre los brazos distribuidores y el medio filtrante. [47]

El brazo distribuidor posee una longitud similar al radio del filtro, ya que se considera que para evitar que el brazo se pegue con el muro del tanque, debe tener una longitud de retroceso, considerada en unos 20 cm. libres. Entonces, si el radio del filtro mide: 12,5 m., el brazo tendrá una longitud de: 12,3 m. Teniendo en cuenta que el diámetro del brazo sea de 8" (20 cm.), las boquillas estarán situadas cada 10 cm, haciendo un total de 123 boquillas por brazo, lo que hace un total de 246 boquillas para el filtro percolador. Cada boquilla se considera de 1/2". Por otro lado, para evitar que el agua residual salpique fuera del tanque se debe dejar un borde libre, de ser así, el filtro tendrá una altura de 5 metros en total. [46]

Para el diseño del filtro percolador es necesario conocer algunos parámetros de diseño como la velocidad de filtración, material de relleno y su carga volumétrica. De acuerdo con Metcalf & Eddy, Inc. [47] no existe una ecuación universal que determine el diseño de un filtro percolador. Sin embargo, según Hernández [41], para calcular el volumen necesario se debe tener en cuenta la carga orgánica del diseño y la carga volumétrica.

Para calcular la carga orgánica del diseño y la carga volumétrica, se considera necesario determinar en primer lugar la concentración de DBO presente en el agua residual de entrada. Aquello se calcula mediante la siguiente fórmula. [L4]

$$W_{DBO} = Q \times C$$

Donde:

$W_{DBO}$ : Carga DBO (mg/día)

Q: Caudal (l/día)

C: Concentración de DBO (mg/l)

Despejando C, se obtiene la siguiente ecuación:

$$C = \frac{W_{DBO}}{Q}$$

Según los datos, se obtiene lo siguiente:

$$Q: 60,1 \frac{m^3}{h} \times \frac{1000 l}{1 m^3} \times \frac{10 h}{día} = 601\,000 \frac{l}{día}$$

$$W_{DBO} = 9,72 \frac{kg}{h} \times \frac{10 h}{día} \times \frac{1 \times 10^6 mg}{1 kg} = 97\,200\,000 \frac{mg}{día}$$

$$C = \frac{97\,200\,000 \frac{mg}{día}}{601\,000 \frac{l}{día}} = 161,73 \frac{mg\ DBO}{l}$$

Considerando una eficiencia de 91%, se procede a calcular la carga orgánica presente en el agua que ingresa al filtro percolador, mediante la siguiente fórmula.

$$W_{Afluyente} = C \times Q$$

Donde:

$W_{Afluente}$ : Carga Orgánica del afluente DBO (kg DBO/día)

C: Concentración de DBO (mg DBO/l)

Q: Caudal Máximo (l/s)

$$Q_{Max} = 60,1 \frac{m^3}{h} \times \frac{1000 l}{m^3} \times \frac{1 h}{3600 s} = 16,69 l/s$$

Entonces:

$$W_{Afluente} = 161,73 \frac{mg DBO}{l} \times 16,69 \frac{l}{s} \times 0,07$$

$$W_{Afluente} = 233,21 \frac{kg DBO}{día}$$

Luego se calcula el Factor de Recirculación, mediante la siguiente fórmula:

$$F = \frac{1 + R}{(1 + 0,1R)^2}$$

Donde:

R: Número de brazos.

Entonces:

$$F = \frac{1 + 2}{(1 + (0,1 \times 2))^2}$$
$$F = 2,08$$

Teniendo el valor de la Carga Orgánica presente en el afluente, el factor de recirculación y considerando una eficiencia del 91%, se procede a calcular el volumen y el área superficial del filtro.

El cálculo del volumen del filtro, se realiza mediante la siguiente fórmula.

$$V = \frac{W_{Afluente}}{F} \left( \frac{0,403 \times E}{1 - E} \right)^2$$

Donde:

$W_{\text{Afluente}}$ : Carga Orgánica del afluente DBO (Kg DBO/día)

F: Factor de Recirculación

E: Eficiencia. (Considerada 91%)

Entonces:

$$V = \frac{233,21}{2,08} \left( \frac{0,403 \times 0,91}{1 - 0,91} \right)^2$$
$$V = 1\,861,62 \text{ m}^3$$

El cálculo del área superficial del filtro, se realiza mediante la siguiente fórmula, considerando una altura apropiada de 4 metros.

$$A_s = \frac{V}{H}$$

Donde:

$A_s$ : Área Superficial

V: Volumen

H: Altura.

Entonces:

$$A_s = \frac{1\,861,62 \text{ m}^3}{4 \text{ m}}$$
$$A_s = 465,40 \text{ m}^2$$

Teniendo en cuenta que el filtro percolador es de forma circular, el diámetro de dicho filtro se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$D = \sqrt{\frac{4A_s}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4(465,40)}{\pi}}$$

$$D = 24,34 \text{ m} \approx 25 \text{ m}$$

Por términos de diseño, el diámetro del filtro circular se redondea a 25 metros. De ser así, se calcula la nueva área superficial y volumen mediante las siguientes formulas.

$$A_S = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$A_S = \frac{\pi \times 25^2}{4}$$

$$A_S = 490,87 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{Filtro}} = A_S \times H$$

$$V_{\text{Filtro}} = 490,87 \times 4$$

$$V_{\text{Filtro}} = 1\,963,48 \text{ m}^3$$

Luego de haber obtenido los datos anteriores, se procede a determinar la carga hidráulica y la carga orgánica que soporta el filtro percolador, mediante las siguientes fórmulas.

$$CHF = \frac{3 \times V_{\text{Filtro}}}{A_S} \quad COF = \frac{C \times V_{\text{Filtro}}}{A_S}$$

Donde:

CHF: Carga Hidráulica del Filtro

COF: Carga Orgánica del Filtro

$A_S$ : Área Superficial

$V_{\text{Filtro}}$ : Volumen del Filtro

C: Concentración de DBO (mg DBO/l)

Entonces:

$$CHF = \frac{3 \times 1\,963,48 \text{ m}^3}{490,87 \text{ m}^2}$$

$$CHF = 11,99 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \text{ día}$$

$$COF = \frac{161,73 \times 1\,963,48}{490,87}$$

$$COF = 646,92 \frac{\text{g de DBO}}{\text{m}^3 \text{ día}}$$

$$COF = 0,64 \frac{\text{kg de DBO}}{\text{m}^3 \text{ día}}$$

Teniendo en cuenta que el filtro percolador es circular, las dimensiones se muestran a continuación:

**Volumen:** 1 963,48 m<sup>3</sup>

**Diámetro:** 25 m

**Altura:** 5 m

Según la superficie del filtro, cuyo valor es de 490,87 m<sup>2</sup>, se deben colocar 21 ventanas de ventilación, alrededor de perímetro del filtro. La velocidad de rotación de los brazos distribuidores, se da de acuerdo a la tabla 35 y aplicando la siguiente ecuación. [47]

**Tabla 35 - Caudales de Dosificación Típicos de Filtros Percoladores.**

CARGA ORGÁNICA kg/m <sup>3</sup> día	DOSIFICACIÓN mm/paso
< 0,4	73
0,8	150
1,2	225
1,6	300
2,4	450
3,2	600

Fuente. Metcalf & Eddy, Inc. 2011.

$$n = \frac{1,66 (Q_T)}{(A)(D_R)}$$

Donde:

n: velocidad de rotación del distribuidor (rpm)

Q<sub>T</sub>: Carga Hidráulica Total aplicada.

A: Número de brazos distribuidores.

D<sub>R</sub>: Caudal de dosificación, cm/paso del brazo distribuidor.

Entonces, la velocidad de rotación es:

$$n = \frac{1,66 (11,99)}{(2)(15)}$$

$$n = 0,66 \frac{rev}{min} \approx 1,50 \frac{min}{rev}$$

La velocidad de filtración depende de las características del efluente. [41] Según esto, para el diseño de filtro percolador se utilizará Filtro Biológico Rid Bol B, cuya velocidad de filtración es  $6,24 \text{ m}^2/\text{m}^3 \text{ h}$ . Se debe tener en cuenta que cuanto mayor sea la superficie específica, más eficiencia tiene, y cuantos más huecos, menos colmatación; por lo tanto, la elección de dicho medio filtrante se debe a que cuenta con una superficie de  $296 \text{ m}^3/\text{m}^2$  en comparación a otros tipos de medios filtrantes. A continuación se muestran algunas especificaciones del relleno de plástico.

**Tabla 36 - Características de Filtro de Relleno**

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Diámetro	135 mm
Número de Piezas por $\text{m}^3$	528
Densidad	0,905 – 0,985 $\text{g}/\text{cm}^3$
Peso en vacío	49 $\text{kg}/\text{m}^3$

Fuente. Bioplast Depuración. 2019.

De acuerdo con la tabla anterior, por cada  $\text{m}^3$  suponen 528 piezas, entonces la cantidad de material de filtro necesario para el volumen del filtro percolador es de 1 036 718 piezas.

#### 3.4.6.5. Almacenamiento de agua tratada

Para el almacenamiento de agua tratada, será necesario el uso de un tanque de uso industrial de una capacidad de 10 000 litros, debido a que se pretende almacenar agua con la suficiente capacidad para abastecer las necesidades requeridas fundamentadas en el marco teórico. A continuación, se muestra las características del tanque a utilizar:

**Tipo de Tanque:** Tanque para Almacenamiento de Agua Rotoplas  $10 \text{ m}^3$ .

**Descripción:** Los tanques para almacenamiento industrial de agua tienen una capa interior A+ antimicrobiana que impide el crecimiento y reproducción de bacterias, cuyas dimensiones son: Altura: 3 100 mm, Diámetro: 2 200 mm

**Ventajas:** Soportan temperaturas ambientales desde -10°C hasta 60°C. No se corroen ni se oxidan cuya capacidad es de 10 000 litros. Fabricados con polietileno de alta densidad, aprobado por la FDA (Food and Drugs Administration). Es de fácil de limpieza y mantenimiento. Por otro lado, permite mantener las propiedades físicas y químicas de los productos sin transferir color, sabor y olor.



**Figura 27 - Tanque de Almacenamiento de Agua 10 000 Litros.**

Fuente. Rotoplas. 2019

#### **3.4.6.6. Equipos y Maquinarias necesarios**

Así mismo, mediante la siguiente tabla se puede visualizar los equipos necesarios y los suministros requeridos para el funcionamiento del sistema propuesto, en los cuales podemos encontrar los insumos y la mano de obra ideales para su funcionamiento.

**Tabla 37 - Requerimientos por etapas del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales propuesto.**

ETAPA DE TRATAMIENTO	EQUIPOS UTILIZADOS	SUMINISTROS	INSUMOS	MANO DE OBRA
Pre – Tratamiento	Tamizado de escalera.	Motor Eléctrico Potencia 1,1 KW Electrobomba: 4 HP – 2,98 KW	-	Personal de Mantenimiento 1
	Tamizado Estático	-	-	
Tratamiento Primario	Tanque de Coagulación - Floculación	Motor para agitador de mezcla: 1,5 KW [48] ElectroBomba: 5 HP – 3,72 KW	Tipo de Coagulante: Cloruro Férrico Dosis: 14 g/m <sup>3</sup>	Operador 1
	Tanque de Sedimentación.	Motor para barrido: 0,44KW [49]– 0,55 KW	-	
Tratamiento Secundario	Tanque de Filtro Percolador (2 Brazos rotatorios, 246 boquillas, 2 bombas de recirculación, motor de distribución)	Motor pivote del brazo distribuidor rotatorio: 0,18 kW. Motor de bomba de recirculación: 48KW. [50]	Medio Filtrante: Filtro Biológico Rid Bol B (1 036 718 piezas)	Operador 1
Post-Tratamiento	Tanque de almacenamiento de agua.	Electrobomba: 5 HP – 3,72 KW	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>61,75 KW</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

De acuerdo a la tabla anterior, se requiere 4 motores y 4 bombas para el funcionamiento del sistema de tratamiento. En el caso de los motores la potencia necesaria fue determinada de manera referencial; sin embargo, la potencia requerida para las bombas fue calculada de la siguiente manera:

- **Potencia de la bomba requerida para elevar el agua tratada hasta la entrada del tamiz estático:**

**Datos**  
 Caudal: 16,69 l/s.  
 Eficiencia del motor: 75%  
 H<sub>a</sub>: 0  
 H<sub>i</sub>: 1,55 m  
 K: 0,009  
 Longitud equivalente de pérdidas de carga por accesorios:  
     Codos de 90°: 2,21m  
     Válvula esférica: 2m  
 Cantidad de accesorios:

**Cálculo de la potencia de la Bomba**  
 Para el cálculo de la potencia de una bomba, se utiliza la siguiente fórmula.

$$HP = \frac{Q \times H_m}{76 \times n}$$

Donde:  
 HP: Potencia de la bomba (hp).  
 Q: Caudal (l/s).  
 H<sub>m</sub>: Altura manométrica.  
 n: Eficiencia del motor.

$$H_m = H_a + H_i + H_f$$

Codos de 90°: 3  
Válvula esférica: 1

Donde:

$H_a$ : Altura geométrica de aspiración.

$H_i$ : Altura geométrica de impulsión.

$H_f$ : Pérdidas de carga por fricción.

$$H_f = kxLxQ^2x10^{-2}$$

Donde:

K: Coeficiente de resistividad.

L: Longitud

Q: Caudal

Aplicando la fórmula se obtiene:

Primero se halla las pérdidas por fricción ( $H_f$ )

Pérdida de fricción en Tubería:

$$H_{f.asperción} = 0,0015x0 m x 16,69^2 x10^{-2}$$

$$H_{f.asperción} = 0 m. c. a.$$

$$H_{f.impulsión}$$

$$= 0,0015x1.55 m x 16,69^2 x10^{-2}$$

$$H_{f.impulsión} = 0,04$$

Pérdidas de fricción en Accesorios:

$$H_f = 3(2,21) + 1(2)$$

$$H_f = 8,63 m. c. a$$

Luego se reemplaza en  $H_m$ :

$$H_m = 0 + 1,55 + (8,63 + 0,04)$$

$$H_m = 10,22 m. c. a.$$

Para luego hacerlo en la fórmula de la potencia:

$$HP = \frac{16,69 x 10,22}{76x0,7}$$

$$HP = 3,20 = 3,5 hp$$

### - **Potencia de la bomba requerida para elevar el agua tratada hasta la entrada del tanque de Coagulación – Flocculación:**

#### **Datos**

Caudal: 16,69 l/s.

Eficiencia del motor: 70%

$H_a$ : 0

$H_i$ : 6,35 m

K: 0,009

Longitud equivalente de pérdidas de carga por accesorios:

Codos de 90°: 2,21m

Válvula esférica: 2m

Cantidad de accesorios:

Codos de 90°: 3

Válvula antirtorno: 1

#### **Cálculo de la potencia de la Bomba**

Primero se halla las pérdidas por fricción ( $H_f$ )

Pérdida de fricción en Tubería:

$$H_{f.asperción} = 0,0015x0 m x 16,69^2 x10^{-2}$$

$$H_{f.asperción} = 0 m. c. a.$$

$$H_{f.impulsión}$$

$$= 0,0015x6,35 m x 16,69^2 x10^{-2}$$

$$H_{f.impulsión} = 0,025 m. c. a.$$

Pérdidas de fricción en Accesorios:

$$H_f = 3(2,21) + 1(2)$$

$$H_f = 8,63 \text{ m. c. a}$$

Luego se reemplaza en  $H_m$ :

$$H_m = 0 + 6,35 + (8,63 + 0,025)$$

$$H_m = 15 \text{ m. c. a.}$$

Para luego hacerlo en la fórmula de la potencia:

$$HP = \frac{16,69 \times 15}{76 \times 0,7}$$

$$HP = 4,70 = 5 \text{ hp}$$

**- Potencia de la bomba requerida para elevar el agua tratada hasta la entrada del tanque de almacenamiento.**

**Datos**

Caudal: 16,69 l/s.

Eficiencia del motor: 70%

$H_a$ : 0,45m

$H_i$ : 4,40 m

K: 0,009

Longitud equivalente de pérdidas de carga por accesorios:

Codos de 90°: 2,21m

Válvula esférica: 2m

Cantidad de accesorios:

Codos de 90°: 3

Válvula antirretorno: 1

**Cálculo de la potencia de la Bomba**

Primero se halla las pérdidas por fricción ( $H_f$ )

Pérdida de fricción en Tubería:

$$H_{f.asperción}$$

$$= 0,0015 \times 0,45 \text{ m} \times 16,69^2 \times 10^{-2}$$

$$H_{f.asperción} = 1,80 \times 10^{-3} \text{ m. c. a.}$$

$$H_{f.impulsión}$$

$$= 0,0015 \times 4,40 \text{ m} \times 16,69^2 \times 10^{-2}$$

$$H_{f.impulsión} = 0,018 \text{ m. c. a.}$$

Pérdidas de fricción en Accesorios:

$$H_f = 3(2,21) + 1(2)$$

$$H_f = 8,63 \text{ m. c. a}$$

Luego se reemplaza en  $H_m$ :

$$H_m = 0,45 + 4,4 + (1,80 \times 10^{-3} + 8,63$$

$$+ 0,018)$$

$$H_m = 13,49 \text{ m. c. a.}$$

Para luego hacerlo en la fórmula de la potencia:

$$HP = \frac{16,69 \times 13,49}{76 \times 0,7}$$




$$HP = 4,23 = 5 \text{ hp}$$

Considerando lo establecido anteriormente, la potencia instalada es de 61,75 KW, siendo necesario 6 equipos, 2 tipos de insumos y 3 operarios.

El sistema propone el uso de 3 motores adquiridos, el primero para el tamiz de escalera, el segundo para el movimiento del agitador en el tanque de floculación – coagulación y el tercero para el barrido de lodos en el tanque sedimentador. El motor de pivote y bomba de recirculación del agua a tratar correspondientes al filtro percolador, están incluidos dentro del mismo equipo y forman parte de él, considerados dentro de su propio costo. Así mismo, el sistema también



incluye el uso de 3 bombas de agua, para el ascenso de las aguas residuales a tratar, ubicadas antes del proceso de tamizado fino, antes del proceso de coagulación-floculación y antes del almacenamiento del agua tratada. Se tiene en cuenta, que la dosificación de coagulante se realiza de manera manual, por lo tanto, no será necesario el uso de una bomba y tanque dosificador. A continuación, se muestran las características de los motores y bombas a utilizar.

**Tabla 38 - Descripción de los motores a usar en la propuesta.**

IMAGEN REFERENCIAL	IMAGEN REFERENCIAL	IMAGEN REFERENCIAL
Motor de 1,1 KW	<p>Motor eléctrico trifásico 220/380V. Velocidad de giro: 3000 rpm. Número de polos: 2. Diámetro del eje: 19 mm. Potencia máxima: 1,1 Kw / 1,5 Cv.</p>	
Motor de 1,5 KW	<p>Motor eléctrico trifásico 230V. Anclaje mediante patas B3. Velocidad de giro: 1500 rpm. Número de polos: 4. Diámetro del eje: 24 mm. Potencia máxima: 1,5 kw/2 cv. Carcasa de aluminio.</p>	
Motor de 0,55 KW	<p>Motor eléctrico trifásico 230/400V Velocidad de giro: 1500 rpm. Potencia: 0,55Kw (0,75CV) Carcasa de aluminio.</p>	

Fuente. Motores Eléctricos E.S. 2018

**Tabla 39 – Descripción de las Bombas Centrífugas usados en la propuesta.**

TIPO DE BOMBA	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN REFERENCIAL
Bomba de 4 HP	<p>Potencia de la Bomba de Agua: 4 HP</p> <p>Voltaje de la Bomba de Agua: Disponible Trifásica 230V y 400V.</p> <p>Construido en fundición de hierro gris.</p> <p>Marca: PEDROLLO</p>	
Bomba de 5 HP	<p>Potencia de la Bomba de Agua: 5 HP</p> <p>Voltaje de la Bomba de Agua: 230V- Trifásica</p> <p>Fabricada de fundición en hierro gris.</p>	

Fuente. Sodimac.pe & Siemens. 2019.

### 3.4.7. Distribución de planta del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto según el método Guerchet

Una vez calculada aquellas dimensiones que son necesarias para el tratamiento eficaz de un sistema, en el cual se ha teniendo en cuenta diversos equipos, se debe hallar el área total que deberá ocupar el sistema de tratamiento propuesto. Para este paso, es necesario hacer uso del método Guerchet, ya que este determinará de manera general las áreas principales del sistema de tratamiento. En tal sentido, es importante conocer las siguientes definiciones:

**Superficie estática (Ss):** Se refiere a la superficie productiva, lo que da a entender que es el área físicamente que ocupan determinadas maquinarias, equipos e instalaciones.

$$Ss = A \times L$$

**Superficie de gravitación (Sg):** Es considerado como la superficie que es empleada por el personal que laboran en una determinada planta de tratamiento. Así mismo, esta superficie se obtiene mediante la multiplicación de la superficie estática por el número de lados (N) de cada maquinaria o equipo a usar.

$$Sg = Ss \times N$$

**Superficie de evolución (Se):** Hace mención a aquella superficie que se debe reservar, para asegurar el paso de las caudales, así como el desplazamiento de los colaboradores.

$$Se = k \times (Ss + Sg)$$

Donde “k” es una constante propia del proceso determinada a partir de la altura promedio de los elementos que se desplazan entre el doble de la altura promedio de los elementos que permanecen fijos.

**Superficie total (St):** Es el resultado de la suma de las superficies mencionadas, para ello se debe considerar los puestos que se encuentran involucrados en el tratamiento.

$$St = Ss + Sg + Se$$

**Tabla 40 – Área requerida para el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales propuesto, según el Método de Guerchet**

<b>ELEMENTO</b>	<b>N</b>	<b>N</b>	<b>LARGO (L)</b>	<b>ANCHO (L)</b>	<b>SS</b>	<b>SG</b>	<b>ALTURA (H)</b>	<b>SE</b>	<b>S</b>	<b>ST</b>
<b>Elementos móviles</b>										
Operarios	3		0,5	1	0,5		1.65			6,45
<b>Elementos fijos</b>										
Tamiz de escalera.	1	2	1,10	0,56	0,62	1,23	1,7	0,74	2,59	2,59
Tamiz estático.	1	2	1,48	1	1,55	3,10	1,86	1,85	6,5	6,5
Tanque de C – F.	1	2	4,46	-	15,61	31,23	2,12	18,70	65,55	65,55
Tanque de sedimentación	1	2	7,81	-	47,88	95,76	2,5	57,35	201,00	201
Filtro Percolador	1	2	25	-	490,63	981,25	5	587,68	2059,56	2059,56
Tanque agua tratada	1	2	2,2	-	3,80	7,60	3	4,55	15,95	15,95
Motor	3	2	0,34	0,1	0,03	0,07	0,2	0,04	0,14	0,43
Bombas	3	2	0,2	0,12	0,02	0,05	0,15	0,03	0,1	0,30
									<b><i>Superficie Total m<sup>2</sup></i></b>	<b>2 358.3</b>

Según la tabla 40, el área requerida para la instalación del sistema de tratamiento de las aguas residuales es de 2 358,30 m<sup>2</sup>. Aquellos que fueron determinados teniendo en cuenta las dimensiones de los diferentes equipos que forman parte del proceso. Cabe mencionar que el sistema de tratamiento estará ubicado en la parte trasera de la planta, debido a que cuenta con espacio disponible.

La siguiente figura muestra la distribución de las diferentes etapas del sistema de tratamiento y su ubicación en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.

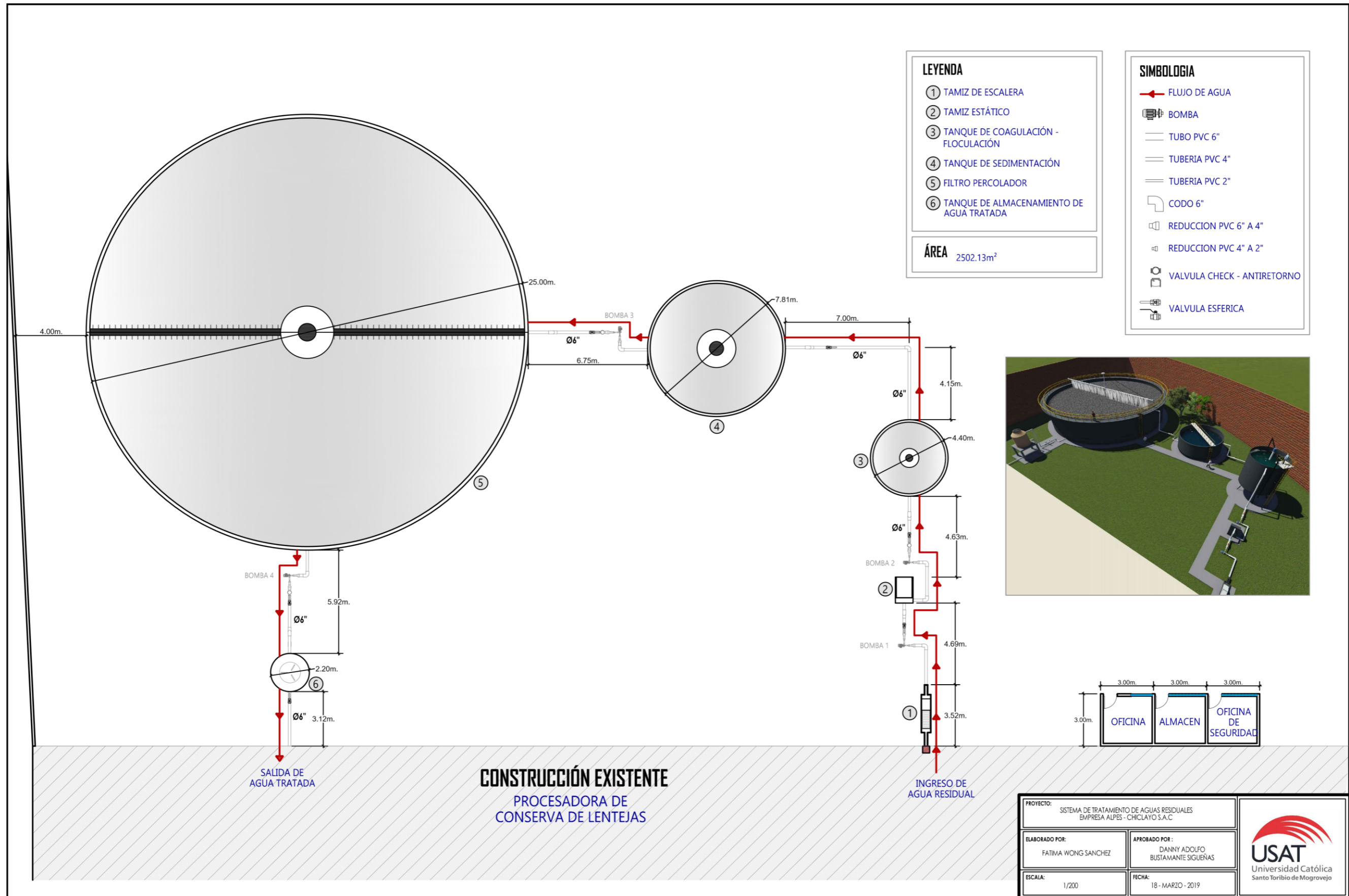


Figura 28 – Plano de Distribución del Sistema de Tratamiento Propuesto.

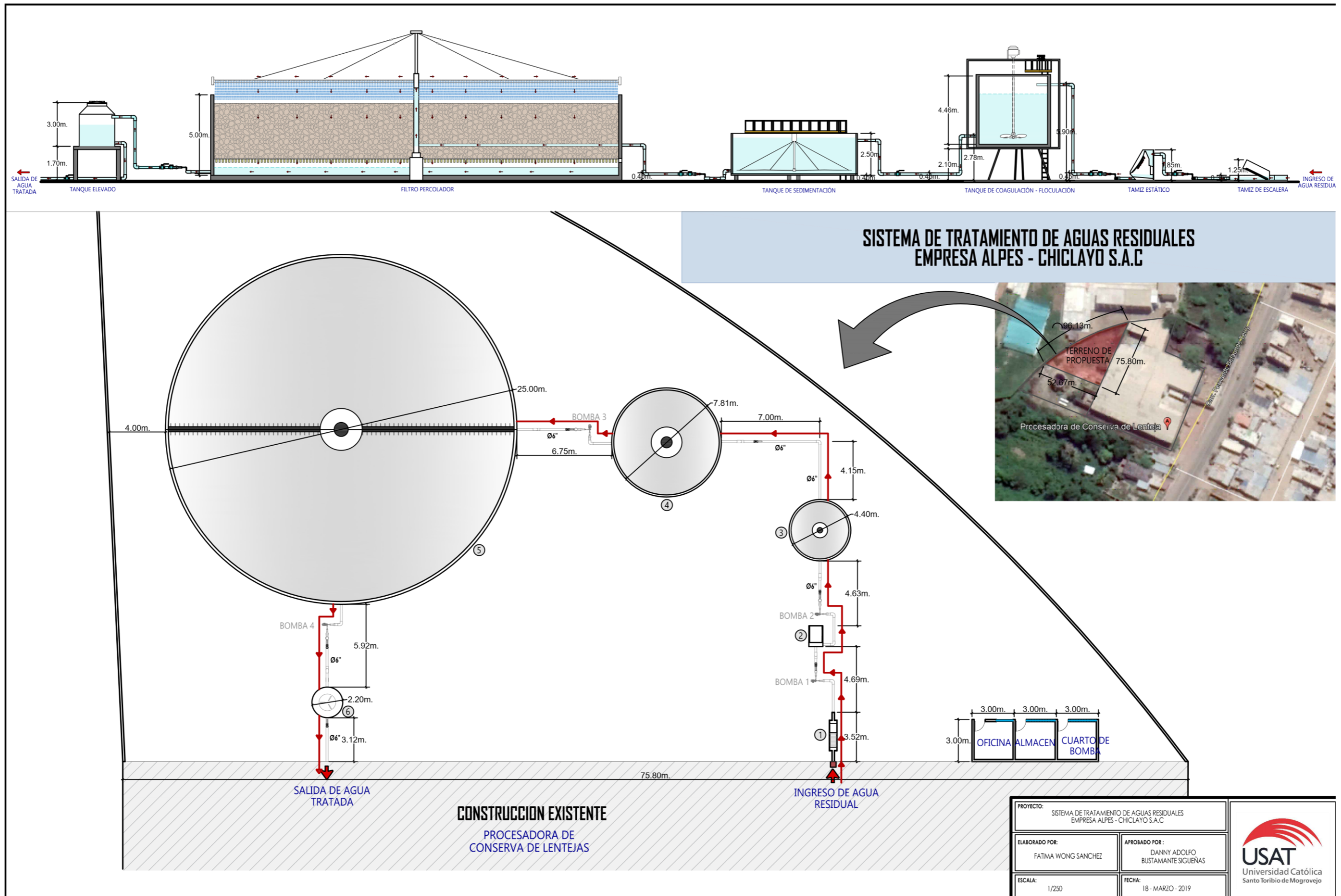


Figura 29 – Descripción del Sistema de Tratamiento de Agua Residual.

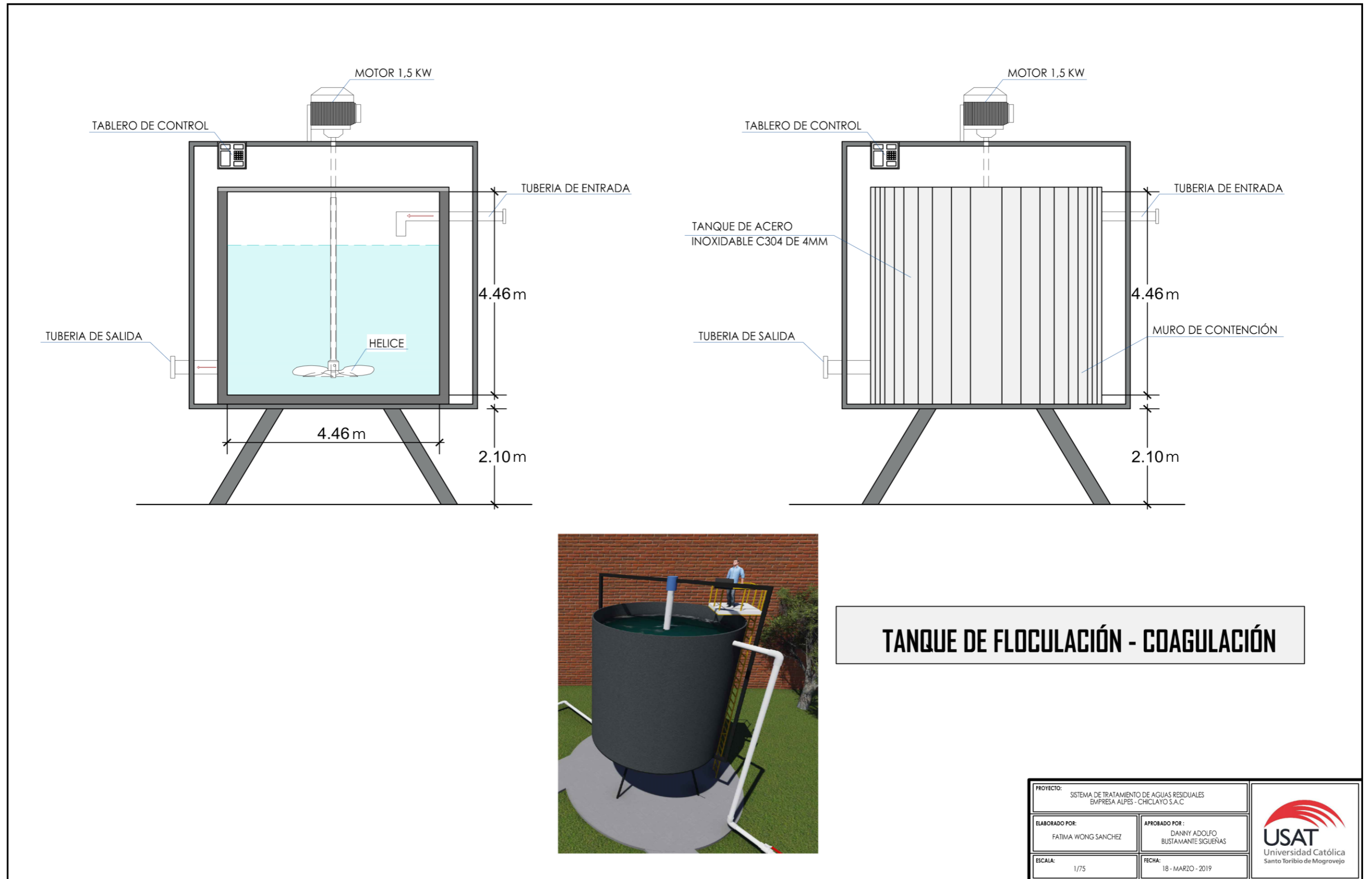
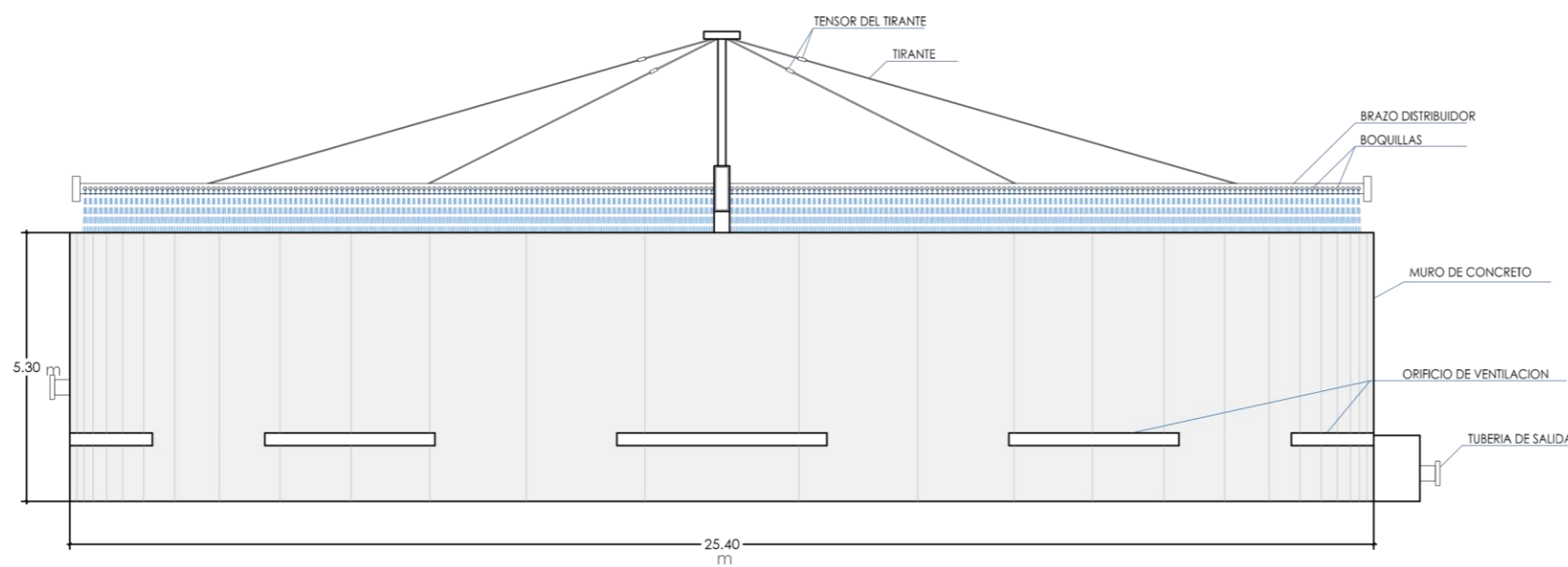
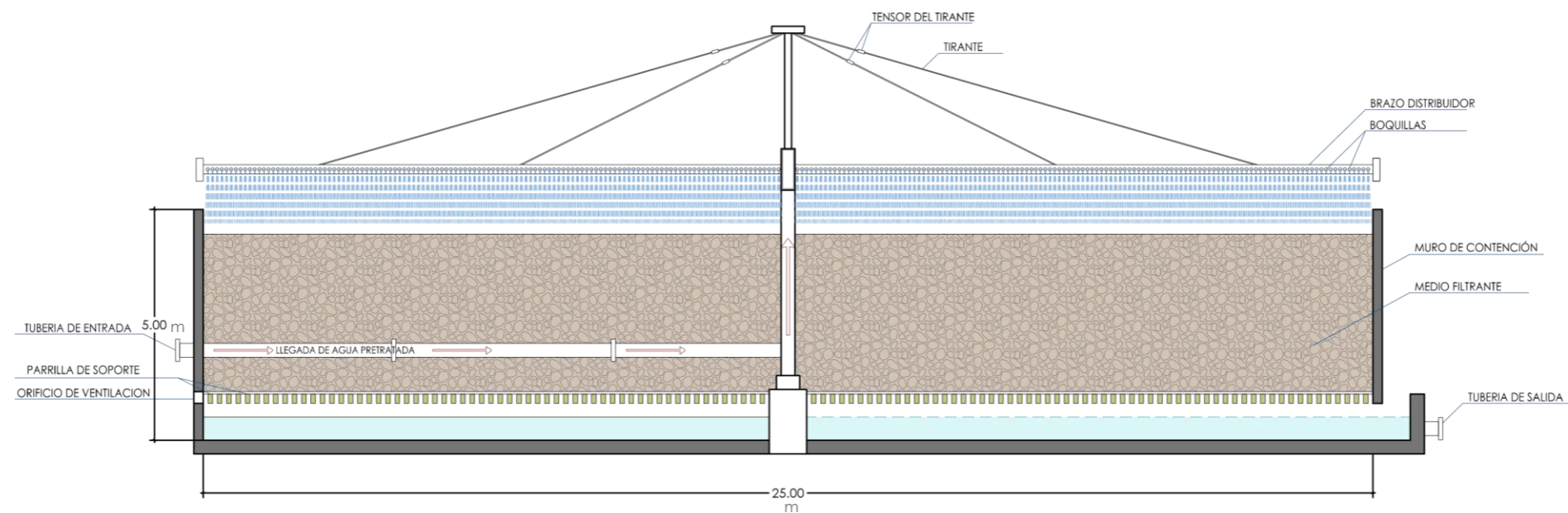
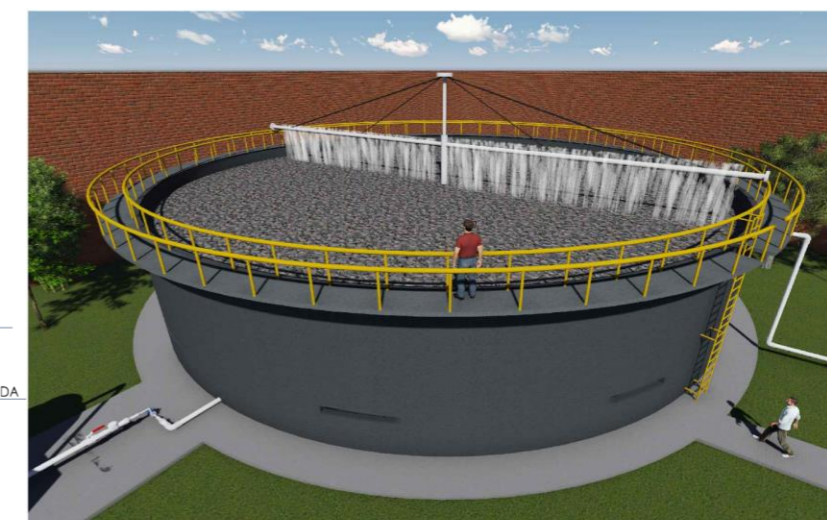


Figura 30 – Dimensiones del tanque de floculación y coagulación.



### FILTRO PERCOLADOR




<b>PROYECTO:</b> SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EMPRESA ALPES - CHICLAYO S.A.C		
<b>ELABORADO POR:</b> FATIMA WONG SANCHEZ	<b>APROBADO POR:</b> DANNY ADOLFO BUSTAMANTE SIGUENAS	
<b>ESCALA:</b> 1/125	<b>FECHA:</b> 18 - MARZO - 2019	

Figura 31 – Dimensiones del Filtro Percolador

### **3.5.- Análisis costo – beneficio económico ambiental de la propuesta**

Luego de haber seleccionado los tratamientos necesarios para la reutilización del agua, así como estimar las dimensiones de los mismos, se considera valorar la propuesta para evaluar si debe ser aplicada a la empresa Alpes Chiclayo S. A. C. Contando con datos de la capacidad máxima proyectada para el año 2023, así como la información brindada acerca de los insumos, suministros, equipos y materiales, se procede a realizar el costo-beneficio de la propuesta

#### **3.5.1. Costo de la Inversión de la propuesta**

Conformado por las inversiones tangibles e intangibles que se realizan al momento de ejecutar la propuesta. La primera, estima costos en obras civiles necesarias para la adaptación del terreno entre otros. Así mismo, considera también las maquinarias, equipos y/o accesorios útiles para el funcionamiento del sistema de tratamiento propuesto. Por otro lado, costea el recurso humano utilizado para la instalación del propio sistema.

La inversión intangible incluye los gastos en los cuales la empresa incurre en el acto anterior al poner en marcha el sistema de tratamiento propuesto. Generalmente se refiere a estudios previos, pruebas de laboratorio, pruebas de medición, capacitaciones del personal, entre otros.

##### **3.5.1.1. Inversión Tangible**

Como se mencionó anteriormente, corresponden a todos los costos con respecto a las maquinarias, equipos, accesorios y obras civiles fijas, presentes en el sistema de tratamiento propuesto.

De acuerdo con el punto 3.4.6.- Descripción del sistema de propuesto de tratamiento de aguas residuales; son necesarias unas obras preliminares, que corresponden a la construcción de dos líneas, la primera de agua residual y la segunda de fangos, aquella que se deriva principalmente del proceso de coagulación-floculación. La línea de fangos estará constituida principalmente por tuberías que conducen a los lodos a un tanque de almacenamiento ofrecido por la empresa prestadora de servicios de tratamiento de lodos para su traslado.

Sin embargo, también es importante la adaptación del terreno a las nuevas condiciones ideales para la puesta en marcha de sistema de tratamiento propuesto. Para ello, se deben realizar las siguientes modificaciones en ingeniería civil:

- Construcción de columnas y muros alrededor del espacio perimétrico del sistema propuesto. Placas de concreto con un espesor de 15 cm, albañilería armada, ladrillos, columnas y vigas de amarre de concreto armado.
- Armado de techos. Fabricados en calamina metálica y fibrocemento sobre la vigería metálica.
- Acabados en pisos. Piso hecho a base de cemento pulido.
- Revestimientos. Pintado en ladrillo rústico, placa de concreto o similar.

Según la Resolución Ministerial 370- 2018- Vivienda [L5], en donde se aprueban los valores unitarios oficiales de edificación para las localidades de Lima Metropolitana y la Provincia Constitucional del Callao, la Costa, Sierra y Selva, vigentes para el ejercicio fiscal 2019, señala los precios por metro cuadrado de los diferentes requerimientos por obra, mostrados a continuación en la siguiente tabla.

**Tabla 41 – Inversión en obras civiles.**

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.	UNIDAD	METRADO	PRECIO POR m <sup>2</sup> S/.	TOTAL S/.
<b>Estructuras</b>				
Columnas y Muros	m <sup>2</sup>	521,01	219,63	114 429,42
Techos	m <sup>2</sup>	27	102,63	2 771,01
<b>Acabados</b>				
Pisos	m <sup>2</sup>	27	23,34	630,18
Revestimientos	m <sup>2</sup>	27	19,86	536,22
			<b>TOTAL S/.</b>	<b>118 366,83</b>

Fuente. Resolución Ministerial N°370 -2018- Vivienda

La inversión en obras civiles, encierra la infraestructura externa que tendrá el sistema de tratamiento. Éste comprende la construcción de 3 oficinas, cuya área total es de 27 m<sup>2</sup>. Cada oficina será techada y contará con acabados como pisos y revestimientos. Además de eso, también incluye la construcción de muros que separen el sistema de tratamiento del exterior. Dicha área, tiene como base el perímetro que rodea al sistema de tratamiento por la altura de los muros. (Perímetro del sistema: 148,67 m. Altura del muro: 3 m. Paredes de las oficinas: 75 m<sup>2</sup>)

**Tabla 42 – Inversión en obras preliminares.**

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA	UNIDAD	METRADO	PRECIO POR m <sup>2</sup> EN S/.	TOTAL S/.
<b>Canal de entrada</b>				
Excavaciones (incluye descapote y limpieza, excavaciones a mano y máquina)	m <sup>2</sup>	3,56	27,50	97,90
Base de concreto. Concreto Simple. Solado fc=100 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	1,50	159,48	239,85
Obras de arte en concreto armado. Concreto Tipo V. FC= 210 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	3,85	199,52	768,15
Encofrado y desencofrado de muros.	M <sup>2</sup>	2,34	23,42	54,80
Tarrajeo impermeabilizante en muros.	M <sup>2</sup>	3,85	11,50	44,30
			<b>TOTAL S/.</b>	<b>1 205,00</b>

Fuente. López Hernández y Herrera Panduro. 2015.

La tabla anterior, muestra los costos en los cuales se debe incurrir para la construcción de las obras preliminares. La cual incluye la construcción de un canal de entrada determinado por las medidas que estipuló el software H-canales (Ancho del canal: 0,20 m. Altura del canal: 0,30 m). Estos costos asumen un valor de S/. 1 205,00 Nuevos Soles. Los precios tomados en cuenta, son utilizados para una planta de tratamiento de aguas residuales para reúso en la provincia de Trujillo en la Libertad. [51]

**Tabla 43 – Inversión en Maquinarias y equipos necesarios.**

EQUIPOS Y MAQUINARIAS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	COSTO TOTAL S/.
Tamiz de Escalera	Unid.	1	41 824,00	41 824,00
Tamiz Estático	Unid.	1	6 065,60	6 065,60
Tanque de Coagulación	Unid.	1	95 000,00	95 000,00
Tanque de Sedimentación	Unid.	1	35 000,00	35 000,00
Tanque Filtro Percolador	Unid.	1	269 110,60	269 110,60
Tanque de Almacenamiento de agua.	Unid.	1	7 811,70	7 811,70
Motor Eléctrico- tamiz de escalera. 1,1 KW	Unid.	1	300,8	300,8
Motor para agitadores 1,5 KW	Unid.	1	324,20	324,20
Motor para barrido de lodos. 0,55 KW	Unid.	1	224,47	224,47
Electrobomba de 4 HP	Unid.	1	2 055,57	2 055,57
Eelectrobomba de 5 HP	Unid.	2	24 915,00	49 830,00
			<b>TOTAL S/.</b>	<b>507 546,94</b>

Según Mocosó *et.al.* [52], en Lima Metropolitana existen seis plantas de tratamiento con diferentes tecnologías. Una de ellas, ubicada en Miraflores, utiliza los Filtros Percoladores como tecnología para el tratamiento y reutilización de las aguas residuales. De acuerdo con Mocosó [53], el costo de inversión sin incluir el costo del terreno utilizado, es de \$ 80 514,00 Dólares Americanos, lo que equivale en soles a S/. 269 110,62 Nuevos Soles, monto utilizado en esta investigación.

Por otro lado, las conexiones entre equipos necesarios y propuestos para el sistema de tratamiento serán de tubos de PVC, tal y como lo indica la norma OS.90 en sus recomendaciones. Debido a sus características los tubos de PVC, permiten que los fluidos sean constantes y no presenten resistencia, la superficie lisa que la compone es ideal para formar parte del sistema propuesto.

**Tabla 44 - Inversión en accesorios necesarios para la puesta en marcha del sistema de tratamiento.**

NOMBRE DEL ACCESORIO	CARACTERÍSTICAS	CANTIDAD REQUERIDA	COSTO UNITARIO S/.	COSTO TOTAL S/.
Tubería PVC	Ø = 6''	85 m	45,20	3 842,00
Codos 90°	Ø = 6''	18 unid.	93,90	1 690,20
Codos 90°	Ø = 3/4''	3 unid.	2,90	8,70
Reducción PVC	Ø = 6'' a 2''	8 unid.	8,70	69,60
Reducción PVC	Ø = 2'' a 3/4''	8 unid.	2,90	23,20
Válvulas Check – antiretorno.	Ø = 6''	3 unid.	698,90	2 096,70
Válvulas esféricas.	Ø = 6''	6 unid.	55,10	330,60
Tee's	Ø = 6''	1 unid.	133,50	133,50
			<b>TOTAL S/.</b>	<b>8 194,50</b>

Fuente. Lista de Precio PAVCO. 2018

La inversión requerida para los accesorios necesarios es de S/. 8 194,50 Nuevos Soles. Los precios unitarios utilizados para dicho cálculo, han sido tomados de la Lista de Precios Octubre 2018- PAVCO, en la categoría de sistema de tuberías y conexiones Sanitarias. [54]

**Tabla 45 - Inversión Tangible Total**

N°	DESCRIPCIÓN DE ASPECTOS	COSTO TOTAL S/.
1	Obras civiles	118 366,83
2	Obras Preliminares	1 205,00
3	Equipos y Maquinaria	507 546,94
4	Accesorios	8 194,50
<b>TOTAL S/.</b>		<b>635 313,27</b>

De acuerdo con la tabla anterior, el monto total de inversión tangible es de S/. 635 313,27.

### 3.5.1.2. Inversión Intangible

La inversión intangible se refiere a todos los costos como estudios previos, pruebas de laboratorio, pruebas de medición, capacitaciones del personal, entre otros; en los que se ha incurrido para obtener la información necesaria al momento de definir la propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales. A continuación, se muestra la inversión intangible total requerida.

**Tabla 46 - Inversión Intangible**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO EN S/.</b>
Estudios de Ingeniería	1 700,00
Análisis Físico-químico	350,00
Capacitación de personal.	450,00
<b>TOTAL S/.</b>	<b>2 500,00</b>

Según la tabla anterior, los costos de inversión intangible ascienden a S/. 2 500,00 Nuevos Soles, siendo de vital importancia la inversión realizada para el análisis físico-químico, debido a que los resultados muestran las características iniciales de las aguas residuales a tratar y fijan los parámetros finales para la selección del tratamiento. Por otro lado, los costos en estudios de ingeniería, comprenden gastos de asesorías y/o materiales utilizados para la realización de la investigación. Y los costos que corresponden a la capacitación de personal, se deben directamente al entrenamiento que debe recibir el personal en temas relacionados como manejo integral del sistema, adición de coagulante y seguridad y manipulación de equipos.

De ser así, en la siguiente tabla se muestra la inversión total requerida para la propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 47 - Inversión Total requerida para la propuesta.**

<b>INVERSION TANGIBLE</b>	<b>S/. 635 331,27</b>
Obras civiles	118 366,83
Obras Preliminares	1 205,00
Equipos y Maquinaria	507 546,94
Accesorios	8 194,50
<b>INVERSION INTANGIBLE</b>	<b>S/. 2 500,00</b>
Estudios de Ingeniería	S/. 1 700,00
Análisis Físico-químico	S/. 350,00
Capacitación de personal.	S/. 450,00
<b>IMPREVISTOS 4%</b>	<b>S/. 25 512,53</b>
<b>TOTAL</b>	<b>S/. 663 343,80</b>

La inversión total requerida para la propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales asciende al monto de S/. 663 343,80 Nuevos Soles.

### 3.5.2. Multas y Sanciones

Las multas y sanciones por contaminación de los recursos hídricos son dispuestas por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). Ambos son responsables de imponer sanciones al no cumplir con las disposiciones de vertimiento y calidad de las aguas, contenidas en el Reglamento de Recursos Hídricos-Ley 29338. En Título XII: De las infracciones y sanciones Capítulo I – Art. 279, se detallan el tipo de infracción y la multa correspondiente expresadas en UIT.

**Tabla 48 - Multas y Sanciones**

TIPO DE INFRACCIÓN	OBSERVACIÓN	NOTIFICACIONES	
		MULTAS (UIT)	SOLES (S/.)
Leve	Contaminar las fuentes naturales de agua, superficiales o subterráneas.	0,5 - 2	2 075 – 8 300
Grave	Efectuar vertimientos de aguas residuales en los cuerpos de agua o efectuar reúso de aguas, sin autorización de la Autoridad nacional del Agua.	2 – 5	8 300 – 20 750
Muy Grave	Arrojar residuos sólidos o cuerpos de agua natural o artificial.	5 – 10 000	20 750 – 415x10 <sup>5</sup>

Fuente. Reglamento de Recursos Hídricos-Ley 29338. 2010.

Según la tabla anterior, las aguas residuales generadas por la empresa Alpes Chiclayo S. A. C. son vertidas al alcantarillado de manera directa, superando los VMA, de acuerdo al análisis físico-químico realizado. De esta forma, la empresa estaría incurriendo en una infracción grave, correspondiéndole una multa de 5 UIT, cuyo valor es de s/. 21 000,00 Nuevos Soles. (Valor de la UIT-2019 = S/. 4200,00)

Por otro lado, en las multas y sanciones, también se incluye un pago adicional por exceso de concentración de los parámetros determinados en el Anexo 1 del D.S. N° 010-2019-VIVIENDA [L6], para el vertimiento de aguas residuales no domésticas a la red de alcantarillado. En ese sentido, la SUNASS, ente regulador y fiscalizador, es responsable de sancionar a empresas que incumplan con los Valores Máximos Admisibles y su cantidad extra.

Como se mencionó anteriormente, la empresa Alpes Chiclayo S. A. C. no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales, y por lo tanto incumple dicha norma, haciéndola acreedora de una sanción.

La SUNASS, ha determinado una metodología que permite calcular el monto de la multa, siguiendo los siguientes pasos: [L7]

Primero, se debe determinar en qué rango se encuentran los parámetros DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, A y G de las aguas residuales a tratar, según esta tabla.

**Tabla 49 - Definición de rangos y parámetros.**

RANGO	PARÁMETROS			
	DBO <sub>5</sub>	DQO	SST	A y G
<b>VMA (mg/L)</b>	<b>500</b>	<b>1 000</b>	<b>500</b>	<b>100</b>
Rango 1	500,1 – 550	1 000,1 – 1 100	500,1 – 550	100,1 - 150
Rango 2	550,1 – 600	1 100,1 – 1 200	550,1 – 600	150,1 – 200
Rango 3	600,1 – 1 000	1 200,1 – 2 500	600,1 – 1 000	200,1 – 450
Rango 4	1 000,1 - 10 <sup>4</sup>	2 500,1 - 10 <sup>4</sup>	1 000,1 - 10 <sup>4</sup>	450,1 - 10 <sup>4</sup>
Rango 5	Mayor a 10 <sup>4</sup>	Mayor a 10 <sup>4</sup>	Mayor a 10 <sup>4</sup>	Mayor a 10 <sup>4</sup>

Fuente. Resolución de Gerencia General Consejo Directivo N° 054 – 2014- SUNASS-GG

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de las aguas residuales, los parámetros de DBO<sub>5</sub>, DQO y SST, se encuentra en el rango 3, mientras que el parámetro de aceites y grasas si cumple con los VMA.

Segundo, se debe determinar el pago adicional por exceso de concentración de los parámetros evaluados utilizando las siguientes fórmulas: [L7]

$$PA = \text{Importe a facturar por el servicio de alcantarillado} \times F$$

Donde:

PA: Pago adicional.

F: Factor de ajuste para calcular el pago adicional.

$$F = F_{DBO5} + F_{DQO} + F_{SST} + F_{AG}$$

Donde:

F: Factor de ajuste para calcular el pago adicional.

F<sub>DBO5</sub>: Factor de exceso de DBO<sub>5</sub> de acuerdo al rango.

F<sub>DQO</sub>: Factor de exceso de DQO de acuerdo al rango.

F<sub>SST</sub>: Factor de exceso de SST de acuerdo al rango.

F<sub>AG</sub>: Factor de exceso de Ay G de acuerdo al rango.

Para determinar el Factor de exceso de cada parámetro, se tiene en cuenta la siguiente tabla, en donde dependiendo del rango obtenido en anteriormente y la asignación porcentual determinada por la propia metodología, da como resultado el Factor de exceso por parámetro.

**Tabla 50 - Factores por cada Rango**

<b>RANGO</b>	<b>FACTORES INDIVIDUALES</b>				<b>TOTAL</b>
	<b>F<sub>DBO5</sub></b>	<b>F<sub>DQO</sub></b>	<b>F<sub>SST</sub></b>	<b>F<sub>AG</sub></b>	
<b>ASIGNACIÓN PORCENTUAL</b>	<b>25%</b>	<b>35%</b>	<b>20%</b>	<b>20%</b>	
Rango 1	6%	9%	5%	5%	25%
Rango 2	19%	26%	15%	15%	75%
Rango 3	25%	35%	20%	20%	100%
Rango 4	250%	350%	200%	200%	10 veces más
Rango 5	500%	700%	400%	400%	20 veces más

Fuente. Resolución de Gerencia General Consejo Directivo N° 054 – 2014- SUNASS-GG

De acuerdo a los rangos anteriormente hallados tenemos que el Factor de Exceso para los diferentes parámetros son:

F<sub>DBO5</sub>: 25%

F<sub>DQO</sub>: 35%

F<sub>SST</sub>: 20%

F<sub>AG</sub>: 0%

Entonces aplicando la formulas se obtiene que:

$$F = F_{DBO5} + F_{DQO} + F_{SST} + F_{AG}$$

$$F = 25\% + 35\% + 20\% + 0\%$$

$$F = 80\%$$

Para determinar PA (Pago adicional), es necesario conocer el importe a facturar por el servicio de alcantarillado que le cobran a la empresa. En el Anexo N°3 de la Resolución de Consejo Directivo N° 022-2015-SUNASS-CD [L8] establece el cargo por volumen de alcantarillado dependiendo de la categoría a la que pertenece.

**Tabla 51 - Cargo por volumen de alcantarillado.**

<b>CLASE</b>	<b>RANGO</b>	<b>TARIFA</b>
<b>CATEGORÍA</b>	<b>(m<sup>3</sup>/mes)</b>	<b>(S./m<sup>3</sup>)</b>
<b>ALCANTARILLADO</b>		
<b>RESIDENCIAL</b>		
Social	0 a más	0,504
Doméstico	0 a 10	0,504
	10 a 25	0,586
	25 a 50	1,293
	50 a más	2,193
<b>NO RESIDENCIAL</b>		
Comercial	0 a 1000	2,193
	1000 a más	2,352
Industrial	0 a 1000	2,193
	1000 a más	2,352
Estatal	0 a más	1,396

Fuente. Resolución de Consejo Directivo N° 022-2015-SUNASS-CD

Teniendo en cuenta que Alpes Chiclayo S. A. C. está dentro de la categoría industrial con un volumen superior a los 1000 m<sup>3</sup>, el importe a facturar por servicio de alcantarillado para 14 426 m<sup>3</sup> por mes es de S/. 33 929,90 Nuevos Soles, haciendo un total de S/. 271 439,60 Nuevos Soles al año.

Entonces aplicando la formulas se obtiene que el pago adicional por exceso de concentración de los parámetros evaluados es:

$$PA = \text{Importe a facturar por el servicio de alcantarillado} \times F$$

$$PA = S/. 271\,439,60 \times 80\%$$

$$PA = S/. 217\,151,70$$

Es decir, el total de las multas que la empresa Alpes Chiclayo S. A. C. podría llegar a pagar por no cumplir con la normatividad exigida, sancionada por el ANA y la SUNASS asciende a un monto total de: S/. 238 151,70 Nuevos Soles (S/ 21 000,00 + S/. 217 151,70). Dicha cantidad, refleja la importancia de reducir el impacto ambiental que generan dichas aguas residuales al no ser tratadas antes de ser vertidas a la red de alcantarillado y ocasionar severos daños al medio ambiente; al mismo tiempo abre paso a la necesidad de tratar las aguas residuales con el fin de reducir principalmente los niveles de contaminación, evitando pagos innecesarios.

### 3.5.3. Costo del Consumo de Agua en la empresa Alpes Chiclayo S. A. C.

Según el pronóstico mensual de la cantidad de agua requerida para el proceso de conserva de gandul verde y el costo por volumen de agua potable, así como del servicio de alcantarillado, estipulado en Resolución de Consejo Directivo N° 022-2015-SUNASS-CD [L8], se determina el costo por consumo de agua de manera anual.

**Tabla 52 - Cargo por Volumen de Agua Potable**

CLASE	RANGO	TARIFA (S./m <sup>3</sup> )
CATEGORÍA	(m <sup>3</sup> /mes)	AGUA
<b>RESIDENCIAL</b>		
Social	0 a más	1,116
Doméstico	0 a 10	1,116
	10 a 25	1,295
	25 a 50	2,865
	50 a más	4,858
<b>NO RESIDENCIAL</b>		
Comercial	0 a 1000	4,858
	1000 a más	5,212
Industrial	0 a 1000	4,858
	1000 a más	5,212
Estatál	0 a más	3,195

Fuente. Resolución de Consejo Directivo N° 022-2015-SUNASS-CD

De acuerdo con la tabla, y teniendo en cuenta que la empresa pertenece a la categoría industrial, el costo por volumen superior a 1000 m<sup>3</sup>/mes a más es de S/. 5,212 Nuevos Soles.

**Tabla 53 - Costo anual por consumo de agua del sistema de tratamiento propuesto.**

AÑO	CONSUMO DE AGUA m <sup>3</sup> /año	COSTO DE CONSUMO DE AGUA POR AÑO S/.	COSTO DE SERVICIO DE ALCANTARILLADO POR AÑO S/.	TOTAL S/.
2019	63 743	332 228,52	149 923,54	482 152,05
2020	66 723	347 760,28	156 932,49	504 692,77
2021	69 704	363 297,25	163 943,81	527 241,06
2022	72 684	378 829,00	170 952,77	549 781,78
2023	75 665	394 365,98	177 964,08	572 330,06

De acuerdo con la tabla anterior, los costos anuales por consumo de agua para el sistema propuesto, derivan de la suma del costo por metro cúbico de agua potable (S/. 5,212 Nuevos Soles) más el costo por el servicio de alcantarillado (S/. 2,352 Nuevos Soles). Estos costos ascienden a un monto total anual para el año 2023 a S/. 572 330,06 Nuevos Soles.

### 3.5.4. Costos de Operación del Sistema de Tratamiento

#### 3.5.4.1. Costo de consumo de energía

Los costos de consumo de energía, se derivan principalmente de los equipos y/o maquinarias que soliciten dicho suministro para su funcionamiento. A continuación, en la siguiente tabla se muestran los equipos, cantidades y potencias en KW requeridos para el sistema de tratamiento de aguas residuales. Así mismo, se muestran también el costo total de la energía utilizada, cuya tarifa actual es S/. 0,55 KW/hora.

**Tabla 54 - Costo del consumo de energía por día.**

EQUIPO	CANT. UNID.	POTENCIA KW	TIEMPO DE TRABAJO Horas	ENERGÍA CONSUMIDA POR DÍA KW/día	TARIFA ENERGÉTICA S/.	COSTO TOTAL S/.
Bomba centrífuga 5 HP	2	3,72	10	74,4	0,55	40,92
Bomba centrífuga 4 HP	1	2,98	10	29,8	0,55	16,39
Bomba de Recirculación	1	48	10	480	0,55	264
Motor para Tamiz Escalera	1	1,1	10	11	0,55	6,05
Motor para agitador	1	1,5	10	15	0,55	8,25
Motor para barrido de lodos.	1	0,55	10	5,5	0,55	3,02
Motor para pivote	1	0,18	10	1,8	0,55	0,99
<b>TOTAL S/.</b>						<b>339,62</b>

De ser así, el costo de energía consumida por cada m<sup>3</sup> de agua residual tratada es de 0,57 S/. /m<sup>3</sup>. Para el cálculo de dicho valor, se dividió el costo total de energía consumida por día (S/. 339,62) entre la cantidad en m<sup>3</sup> de agua tratada por día (601 m<sup>3</sup>). A continuación, en la siguiente tabla se muestran los costos de energía del sistema propuesto de manera anual.

**Tabla 55 - Costos de consumo de energía por metro cúbico de agua a tratar.**

AÑO	AGUA A TRATAR m <sup>3</sup>	COSTO DE ENERGÍA S./m <sup>3</sup>	COSTO ANUAL DE CONSUMO DE ENERGÍA.
2019	63 743	0,57	36 333,51
2020	66 723	0,57	38 032,11
2021	69 704	0,57	39 731,28
2022	72 684	0,57	41 429,88
2023	75 665	0,57	43 129,05

**3.5.4.2. Costo de los insumos necesarios**

Por otro lado, como parte de los insumos necesarios para el sistema de tratamiento de aguas residuales está el Cloruro Férrico, utilizado en el proceso de coagulación – floculación. El cálculo de los costos en los que incurre dicho insumo, tiene como base la cantidad necesaria en kilogramos por m<sup>3</sup> de agua residual a tratar. El costo de cloruro férrico por kilogramo es de S/, 6,20 Nuevos Soles.

**Tabla 56 - Costos anuales del coagulante requerido.**

AÑO	AGUA A TRATAR m <sup>3</sup>	CANTIDAD DE FeCl <sub>3</sub> kg/m <sup>3</sup>	COSTO DEL FeCl <sub>3</sub> S./kg	COSTO ANUAL DE FeCl <sub>3</sub> S/.
2019	63 743	0,014	6,20	5 532,90
2020	66 723	0,014	6,20	5 791,60
2021	69 704	0,014	6,20	6 050,30
2022	72 684	0,014	6,20	6 308,90
2023	75 665	0,014	6,20	6 567,70

**3.5.4.3. Costo por el tratamiento de lodos**

Después de que el agua a tratar pasa por el tanque de coagulación – floculación, llega al tanque de sedimentación en donde el agua tratada reposa por un tiempo promedio de 2 horas. Esto origina en la parte inferior del tanque, los llamados lodos, producto de la sedimentación de partículas. Dichos lodos no deben ser eliminados de manera singular, sino al contrario, necesitan ser tratados antes de ser vertidos. Para ello, es necesaria la contratación de una empresa prestadora de estos servicios. Ecovive S.AC., es una empresa lambayecana, dedicada a brindar el servicio de tratamiento de lodos, cuyo costo es de S/. 1,00 por kilogramo a tratar. A continuación, en la siguiente tabla se muestra las cantidades de lodos que serán enviadas para posterior tratamiento y el costo que incurre.

**Tabla 57 - Costos anuales por tratamiento de lodos.**

<b>AÑO</b>	<b>AGUA A TRATAR m<sup>3</sup></b>	<b>CANTIDAD DE LODOS kg/m<sup>3</sup></b>	<b>COSTO DEL TRAT.LODOS S./kg</b>	<b>COSTO ANUAL DE TRAT.LODOS S/.</b>
2019	63 743	0,31	1,00	19 760,33
2020	66 723	0,31	1,00	20 684,13
2021	69 704	0,31	1,00	21 608,24
2022	72 684	0,31	1,00	22 535,04
2023	75 665	0,31	1,00	23 456,15

El kilogramo por metro cubico de lodo, es calculado a partir del balance de materia en la etapa de coagulación – floculación, en donde por hora se generan 19,05 kg de lodo por 60,1 m<sup>3</sup> de agua residual.

#### **3.5.4.4. Costo de recurso humano necesario**

El sistema de tratamiento propuesto, alberga a 3 personas, cuyas capacidades tienen características polivalentes. Dichos trabajadores ocupan puestos de Encargado del Sistema de tratamiento (1) y operarios (2). De acuerdo con la empresa, los trabajadores que ocupen el cargo de operarios, serán contratados por la empresa e ingresarán en su planilla, con un sueldo básico de S/. 1 600,00 Nuevos Soles. Este personal será capacitado para operar en el sistema de tratamiento y habrá una rotación para el cumplimiento de sus funciones.

Por otro lado, el puesto de Encargado del Sistema de Tratamiento, será contratado y adicionado a la planilla de la empresa, con un salario de S/.4 200,00 Nuevos Soles, según la valoración del mercado actual. Aquel cumplirá funciones como: gestionar y liderar con las funciones y responsabilidades del sistema, así como con las normas legales vigentes y del equipo a cargo; supervisión de las aguas a través del sistema de tratamiento, asegurando a la calidad de las aguas en cada una de las etapas; revisar y controlar de manera continua las condiciones de operación, gestionando la solución a diferentes problemas; elaboración de informes; entre otras funciones propias del encargado del sistema.

A continuación, en la siguiente tabla, se muestra el costo de personal anual que se asume al contratar.

**Tabla 58 - Costo de Personal contratado para el Sistema de Tratamiento Propuesto**

SUELDOS					
COLABORADOR	CANTIDAD	SALARIO S/.	BENEFICIOS 51%	SUB TOTAL Mensual/op	TOTAL ANUAL/OP
Encargado del Sistema de Tratamiento	1	4 600,00	2 346,00	6 946,00	S/. 55 568,00
Operario 1	1	1 600,00	816,00	2 416,00	S/. 28 992,00
Operario 2	1	1 600,00	816,00	2 416,00	S/. 28 992,00
				<b>TOTAL</b>	<b>S/. 113 552,00</b>

Según la tabla anterior, el costo anual al contratar personal en los diferentes puestos es de S/. 113 552,00 Nuevos Soles, este valor toma en cuenta los beneficios a los que accede el empleado al ingresar a la planilla de la empresa. Los beneficios en los que incurre en costo la empresa son: ESSALUD, vacaciones, gratificaciones y asignación familiar.

#### 3.5.4.5. Costo de mantenimiento

Los costos de mantenimiento para el sistema de tratamiento propuesto se consideran independientes a los volúmenes de agua a tratar, ritmo de trabajo o carga de trabajo en los equipos. Sin embargo, si han sido tomados en cuenta para incluirse dentro de los costos de operación. Según FAO [55], los costos de mantenimiento para distintos tipos de inversión se dan a continuación.

**Tabla 59 - Estimado simple para el mantenimiento según la inversión inicial.**

Tipo de Inversión	Porcentaje
Edificios y estructuras de piedra, ladrillo o metal, canales primarios de agua; pozos; estanques de decantación de residuos.	2 – 3%
Edificaciones más livianas de madera, maquinaria pesada (incluyendo tractores y camiones), canales secundarios de agua, estanques para peces.	4 – 6%
Maquinaria liviana (incluyendo automóviles), y equipo en general.	7 – 10%
Equipo electrónico y de laboratorio (computadoras, impresoras, equipo de pruebas, etc.), motores fuera de borda.	12 – 15%

Fuente. FAO. 2005

De ser así, los costos estimados de la inversión inicial para el sistema propuesto son el 3% anual, cuyo valor es de S/.19 900.31 Nuevos Soles.

### 3.5.5. Análisis Costo – Beneficio de la propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales

El análisis costo-beneficio de la propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales, se calcula mediante la relación entre el Valor Actual de los Ingresos totales netos o también llamados beneficios netos (VAI) y el valor actual de los costos de inversión o también llamados costos totales (VAC) pertenecientes al proyecto.

En la siguiente tabla, se contempla tanto los ahorros de agua como las multas no asimiladas a modo de beneficios del proyecto; sin embargo, también muestra todos los costos de inversión, tanto tangible como intangible, así como los costos de operaciones del mismo sistema propuesto.

**Tabla 60 - Análisis Costo - Beneficio de la Propuesta.**

BENEFICIOS S/.						VAI Beneficio S/.
DESCRIPCIÓN	2019	2020	2021	2022	2023	
Ahorro por consumo de agua	482 152,05	504 692,77	527 241,06	549 781,78	572 330,06	3 826 956,22
Ahorro por pago de multas	238 151,70	238 151,70	238 151,70	238 151,70	238 151,70	
<b>Total del beneficio</b>	<b>720 303,75</b>	<b>742 844,47</b>	<b>765 392,76</b>	<b>787 933,48</b>	<b>810 481,76</b>	
COSTOS S/.						VAC Costo S/.
Costo de la Inversión	663 343,80	-	-	-	-	
Costo de la energía	36 333,51	38 032,11	39 731,28	41 429,88	43 129,05	
Costo de los insumos	5 532,90	5 791,60	6 050,30	6 308,90	6 567,70	
Costo del Tratamiento de lodos	19 760,33	20 684,24	21 608,24	22 535,04	23 456,15	
Costo de Personal	113 552,00	113 552,00	113 552,00	113 552,00	113 552,00	
Costo de Mantenimiento	19 900,31	19 900,31	19 900,31	19 900,31	19 900,31	
<b>Total del costo</b>	<b>858 422,85</b>	<b>197 960,26</b>	<b>200 842,13</b>	<b>203 726,13</b>	<b>206 605,21</b>	
Flujo	-138 119,1	544 884,21	564 550,63	584 207,35	603 876,55	

**Relacion B-C**

**S/. 2,28**

De acuerdo con la tabla anterior mostrada la relación costo beneficio es de S/. 2,28 Nuevos Soles, lo que significa que por cada sol invertido existe un beneficio de S/. 1,28 Nuevos Soles.

Así mismo, se visualiza que el flujo es negativo al inicio, pero conforme los años van aumentando se convierte a positivo, mostrando beneficios desde el segundo año.

### 3.5.6. Reducción del costo del consumo de agua

Para conocer la reducción del costo de consumo de agua, es necesario calcular el costo por metro cúbico de agua tratada. Para ello, se debe tener en cuenta los costos de tratamiento. Éstos son principalmente de los gastos anuales de operación y mantenimiento de las plantas. Por lo tanto, el valor el agua residual tratada, se halla mediante la relación entre los costos de operación y mantenimiento (gasto estimado), y la cantidad de metros cúbicos que tratamos en un mismo horizonte de tiempo. [52]

**Tabla 61 - Cálculo del costo por metro cúbico de agua tratada.**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Agua en m <sup>3</sup> tratada	63 743	66 723	69 704	72 684	75 665
<b>COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO S/.</b>					
Costo de la energía	36 333,51	38 032,11	39 731,28	41 429,88	43 129,05
Costo de los insumos	5 532,9	5 791,6	6 050,3	6 308,9	6 567,7
Costo del Tratamiento de lodos	19 760,33	20 684,24	21 608,24	22 535,04	23 456,15
Costo de personal	113 552	113 552	113 552	113 552	113 552
Costo de mantenimiento	19 900,31	19 900,31	19 900,31	19 900,31	19 900,31
<b>TOTAL S/.</b>	<b>195 079,05</b>	<b>197 960,26</b>	<b>200 842,13</b>	<b>203 726,13</b>	<b>206 605,21</b>
<b>COSTO POR m<sup>3</sup> DE AGUA TRATADA</b>	<b>3,06</b>	<b>2,97</b>	<b>2,88</b>	<b>2,80</b>	<b>2,73</b>

De acuerdo con la tabla anterior, el costo por metro cuadrado de agua tratada va disminuyendo conforme van pasando los años, esto se debe al aumento de agua tratada en metros cúbicos que el sistema de tratamiento propuesto abarca y para lo cual fue diseñado, es decir, a mayor cantidad de agua tratada, menor será el costo por metro cubico. Para el año 2023 el costo por metro cúbico de agua tratada es de S/. 2,73 Nuevos Soles. A partir de dicho valor se calcula el ahorro por año de acuerdo al consumo de agua por año.

**Tabla 62 - Ahorro por metro cubico de agua tratada.**

<b>AÑO</b>	<b>CANTIDAD DE AGUA m<sup>3</sup> POR AÑO</b>	<b>COSTO POR m<sup>3</sup> DE AGUA</b>	<b>PAGO ANTERIOR AGUA POTABLE (S./AÑO)</b>	<b>NUEVA TARIFA</b>	<b>COSTO ACTUAL (S./AÑO)</b>	<b>AHORRO (S./AÑO)</b>	<b>AHORRO %</b>
2019	63 743	5,21	332 228,52	3,06	195 053,58	137 174,93	41%
2020	66 723	5,21	347 760,27	2,97	198 167,31	149 592,96	43%
2021	69 704	5,21	363 297,25	2,88	200 747,52	162 549,72	45%
2022	72 684	5,21	378 829,00	2,80	203 515,20	175 313,80	46%
2023	75 665	5,21	394 365,98	2,73	206 565,45	187 800,53	48%

Según la tabla anterior, el ahorro por consumo de agua va aumentando conforme van pasando los años. Esto se debe a que el costo por metro cubico de agua va disminuyendo, y por lo tanto se eleva el porcentaje de ahorro. Para el año 2023, se registra un ahorro del 48% con respecto a los costos iniciales de agua potable, según la nueva tarifa de agua tratada; es decir, se presenta una reducción de S/. 2,48 Nuevos Soles por metro cúbico de agua potable para dicho año.

#### IV. CONCLUSIONES

1. La empresa Alpes Chiclayo S. A. C., cuenta con un proceso de producción en donde 6 de sus etapas requieren agua. Dicho factor influye, ya que las cantidades de agua necesarias para las operaciones en planta son abundantes, pues se considera que consume  $60 \text{ m}^3/\text{t}$  de materia prima, superando el consumo general comprendido entre  $10\text{-}35 \text{ m}^3/\text{t}$  de materia prima. Debido a que las cantidades de agua son considerables, los costos con respecto al consumo de agua, también lo son; lo que ocasiona una disminución en sus ganancias y una crecida en sus costos operativos. Por otro lado, las aguas residuales que genera la empresa son vertidas directamente a la red de alcantarillado, pues actualmente la empresa no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas. Dicha situación altera más su complejidad, debido a que sus costos pueden elevarse al adquirir sanciones ambientales por dicha disposición.
2. Las aguas residuales generadas por la empresa Alpes Chiclayo S. A. C, presenta índices altos de contaminación, aquellos que sobrepasan los valores máximos establecidos por la norma de Costa Rica para su reúso y los admisibles para ser vertidos a la red de alcantarillado. Dichas aguas se caracterizan por tener una concentración de  $\text{DBO}_5$ :  $647 \text{ mg/l}$ ,  $\text{DQO}$ :  $1\ 285 \text{ mg/l}$ ,  $\text{SST}$ :  $780 \text{ mg/l}$  y  $\text{Coliformes Fecales}$ :  $790 \text{ NMP}/100\text{ml}$ .
3. Teniendo en cuenta las características físico-químicas de las aguas residuales que genera la empresa, es necesario tratarla. Para ello, se selecciona, mediante el método de ponderación, el tratamiento idóneo para su reutilización. Dicho método posee 10 factores considerados para su confrontación, siendo los más importantes la disponibilidad de tecnología, la eficiencia de remoción y el bajo consumo de energía. Los resultados fueron: para la etapa de pre-tratamiento: el tamizado, para la etapa de tratamiento primario: el proceso de coagulación – floculación y para la etapa de tratamiento secundario: el filtro percolador.
4. Al seleccionar los tratamientos idóneos para la propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales, así como teniendo en cuenta las características del agua y las cantidades de agua proyectadas, se tiene que el caudal máximo hallado corresponde a un valor de  $60,1 \text{ m}^3/\text{h}$ , lo que equivale a  $601 \text{ m}^3/\text{día}$ . Según el balance de materia, los niveles de remoción y disminución de parámetros definidos en la composición son:

DBO<sub>5</sub>: 95%, DQO: 86%, SST: 96,77% y Coliformes Fecales: 84%. Éstos resultados cumplen con los VMA y los límites establecidos por la normativa de Costa Rica para su reúso en limpieza de vehículos de transporte, riego en zonas verdes y de vías de acceso no asfaltadas, y uso en servicios higiénicos (uso sólo en inodoros).

5. El análisis costo –beneficio de la propuesta, incluye tanto los costos de inversión como el ahorro en soles (costos en ahorro por consumo de agua y las sanciones evitadas debido al cumplimiento de la normativa). El resultado al dividir el VAI, con un valor de S/. 3 826 956,22 Nuevos Soles entre el VAC, cuyo valor asciende a S/. 1 667 556,60 Nuevos Soles, da como resultado S/. 2,28 Nuevos Soles, lo que significa que por cada sol invertido en el proyecto se obtiene un beneficio de S/. 1,28 Nuevos Soles. El flujo de caja es negativo en el primer mes, sin embargo, a partir del segundo muestra un flujo positivo ascendente. Por otro lado, la propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales permite ahorrar hasta un 48% de los costos en consumo de agua para el año 2023.

## V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realiza un análisis por etapa de aguas residuales, cuyo objetivo sea identificar sus características físico químicas y microbiológicas de éstas para proponer un sistema de tratamiento capaz de tratar agua para reúso dentro de algunos procesos industriales como por ejemplo agua para enfriadores, o en el uso de la autoclave.
- Realizar una desinfección del agua tratada, antes de ser usada; con el fin de inactivar las coliformes fecales que aún se encuentran presentes (en cantidad permitida para reúso) en el agua para reúso; preservando la higiene y la salud pública.
- Realizar más estudios acerca de las diversas tecnologías aplicables de acuerdo con las características de las aguas residuales con el fin de contar con más opciones, y de esta forma continuar minimizando el impacto negativo al medio ambiente; ya que la fuente principal de la empresa Alpes Chiclayo para la realización de sus operaciones, es el agua.
- Conservar la distancia de 100 metros como mínimo para filtros percoladores, según lo estipulado en la Norma OS 090, con respecto a la distancia entre la infraestructura de la PTAR y el centro poblado más cercano.
- Establecer un manual de uso del sistema de tratamiento de aguas residuales, con el fin de mantener operativo el sistema y en buenas condiciones.
- Implementar sistemas de seguridad y vigilancia, con el fin de evitar accidentes y/o intrusos. Esto se debe a que algunos de los equipos y tanques propios del sistema, son a cielo abierto (filtro percolador) o cerrados (tanques de coagulación y floculación), y en caso de presentarse alguien ajeno al sistema, pueden ocurrir situaciones de peligro, ya sea tanto para el sistema como para el sujeto.
- Instalar un sistema de iluminación, con el fin de poder controlar de manera visual, ya sea de día o de noche las instalaciones del sistema de tratamiento.

## VI. REFERENCIAS

- [1] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales,» Oficinas INEI, Lima, 2015.
- [2] Ministerio de Agricultura y Riego, «Aguas Residuales en el Perú, problemática y uso en la agricultura,» [En línea]. Available: [http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/356/mod\\_page/content/128/Peru%20INFO%20RME%20DE%20PAIS.pdf](http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/356/mod_page/content/128/Peru%20INFO%20RME%20DE%20PAIS.pdf). [Último acceso: 20 Abril 2018].
- [3] Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, «Fiscalización Ambiental de Aguas Residuales,» Abril 2014. [En línea]. Available: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827). [Último acceso: 17 Abril 2018].
- [4] Ministerio del Ambiente, «ESDA - Estudio de Desempeño Ambiental 2003 -2013,» Oficina MINAM, Lima, 2015.
- [5] E. Huete Palos, «Aguas residuales en el sector de las conservas vegetales.,» 28 Mayo 2015. [En línea]. Available: <http://aguasindustriales.es/aguas-residuales-en-el-sector-de-las-conservas-vegetales/>. [Último acceso: 18 Abril 2018].
- [6] Aguas Industriales, «Aguas Industria Conservera,» 12 Abril 2016. [En línea]. Available: <http://aguasindustriales.es/category/aguas-industria-conservera/>. [Último acceso: 16 Abril 2018].
- [7] M. Seoáñez Calvo , Manual de Tratamiento, reciclado, aprovechamiento, y gestión de las aguas residuales de las industrias agroalimentarias., España: Mundi- Prensa, 2003.
- [8] M. Lloréns, A. Pérez Marín, M. Aguilar, J. Ortuño, V. Mesenguer y J. Sáez, «Tratamiento de aguas residuales mediante un sistema de percolación híbrido.,» *Universidad de Murcia. Campus de Espinardo*, nº 30071, pp. 1-5, 2015.
- [9] J. Villeta Trigo, «El Impacto Económico de la Reutilizacion de las Agua Residuales.,» *Perspectivas en Asuntos Ambientales*, vol. 5, pp. 51 - 56, 2016.
- [10] L. M. Ayuso García, «Desarrollo de una alternativa de Depuración Biológica aplicable a las PYMES de Conservas Vegetales,» *Publicación anual del Centro Tecnológico Nacional de la Conserva*, nº G 30416754, pp. 2-25, 2007.
- [11] X. Jin, E. Li, L. Shunguang, Q. Zhaofu y S. Qian, «Coking wastewater treatment for industrial reuse purpose: Combining biological processes with ultrafiltration, nanofiltration and reverse osmosis.,» *Journal of Environmental Sciences*, vol. 25, nº 8, pp. 1565 - 1574, 2013.

- [12] J. Lopes Fernandes, C. L. Leite Amor, M. P. Sousa Lucas, J. A. Silvestre Peres y J. Rodríguez Chueca, «Caracterización y Tratamiento de Efluentes de la Industria Conservera de Champiñones.,» *Tecnoaqua*, pp. 90 -97, 2015.
- [13] EcuRed, [En línea]. Available: [https://www.ecured.cu/Aguas\\_residuales](https://www.ecured.cu/Aguas_residuales). [Último acceso: 23 Mayo 2018].
- [14] Diccionario Larousse, *El pequeño Larousse Gastronomique en español.*, Larousse, 2018.
- [15] A. Pascual, *Gestión y Mantenimiento de Depuradoras en Industrias Agroalimentarias*, Valencia: AINIA, 2013.
- [16] Organismo Mundial de la Salud - OMS, [En línea]. Available: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/wastewater/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/es/). [Último acceso: 2018 Mayo 23].
- [17] P. Aquino Espinoza, *Calidad de Agua en el Perú. Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales.*, Lima: DAR, 2017.
- [18] M. García Miniet, *Gestión del agua enfocada a la producción más limpia en la Industria Alimentaria.*, Habana: Instituto de Investigaciones para la industria alimenticia., 2006.
- [19] A. Pascual, *La reutilización del agua en la industria alimentaria: Hacia la máxima eficiencia en el uso del agua.*, Madrid: AINIA, 2013.
- [20] Sistema Nacional de Información Ambiental. Ministerio del Ambiente., «Tratamiento y Reúso de Aguas Residuales. Parte 2,» OFIC. MINAM, Lima, 2009.
- [21] V. Arana Ysa, «Guía para la Toma de decisiones en la Selección de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales No Convencionales,» Foro Ciudades para la Vida, Lima, 2009.
- [22] J. E. Loysa Pérez, «La problemática del agua y el tratamiento de aguas residuales.,» *Revista Virtual Pro*, n° 86, pp. 2-3, 2009.
- [23] A. Noyola, L. P. Guereca y J. M. M. Sagastume, *Selección de Tecnologías para el tratamiento de aguas residuales. Guía de apoyo para ciudades pequeñas y medianas.*, México: Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM, 2013.
- [24] M. Del Castillo Gutiérrez y E. Meseth Macchiavello, «El Reúso de Aguas Residuales Tratadas en el Perú.,» *Gestión Pública y Desarrollo. ResearchGate*, vol. 8, pp. B1 - B5, 2015.
- [25] Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS)., «Uso seguro del Agua para Reúso.,» AIDIS, 2016.
- [26] C. P. Gómez Rendón, *Manejo de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades.*, Colombia: Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente., 2012..

- [27] L. Cardoso y T. Rodríguez, *Operaciones Unitarias: Tamizado.*, Colombia: Facultad de Ingeniería. Universidad de América, 2013.
- [28] G. Bolívar, «Tamizado: en qué consiste, métodos, aplicaciones y ejemplos.» Liefer.com, 2018. [En línea]. Available: <https://www.lifeder.com/ejemplos-tamizado/>. [Último acceso: 15 Noviembre 2018].
- [29] W. A. Lozano Rivas, *Diseño de Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales.*, Colombia: Research Gate, 2012.
- [30] COSUDE, *Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización.*, Lima: Organización Panamericana de la Salud., 2005.
- [31] D. F. Felix Astudillo y D. A. Rikeros Gehrenbeck, *Diseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales generadas en el Cantón Durán.*, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral., 2015.
- [32] BIOREACTOR, «Como funciona una planta de tratamientos de lodos activados.» 30 Abril 2008. [En línea]. Available: <https://bioreactorcrc.wordpress.com/2008/04/30/como-funciona-una-planta-de-lodos-activados/>. [Último acceso: 2018 Noviembre 10 ].
- [33] Agrilife Extension, *Sistemas Individuales para el tratamiento de aguas negras.*, México: Texas A&M, 2012.
- [34] J. F. Luque Tumiri, «¿Qué son lodos activados?» 14 Octubre 2017. [En línea]. Available: <http://natzone.org/index.php/nosotros/presentacion/13-frontpage-blog/contaminacion-y-tratamiento/352-que-son-los-lodos-activados>. [Último acceso: 2018 Noviembre 10].
- [35] J. Charpienter, «Tratamiento de Aguas Residuales con Lodos Activados. Cuaderno Tecnológico N° 6,» INTI. Instituto Nacional de Tecnología Industrial., Lima, 2014.
- [36] P. Ortiz Bardales, «Fundamentos de Tratamientos por Lagunas,» Fondo Hondureño de Inversión Social., Atlántida, 2014.
- [37] D. F. Peña Solano, E. M. Lacayo Escobar y F. J. Moreno Aranda, *Tratamiento de Aguas Residuales en Plantas de Procesamiento de Mariscos.*, Nicaragua: Ministerio de Fomento, Industria y Comercio & Unidad de Gestion Ambiental, 2008.
- [38] R. I. Méndez Novelo, E. R. Castillo Borges , M. R. Sauri Riancho, C. A. Quintal Franco, G. Giácoman Vallejos y B. Jiménez Cisneros, «Comparación de cuatro tratamientos fisicoquímicos.» *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 29, n° 03, pp. 35-42, 2009.
- [39] Y. Andía Cárdenas, *Tratamiento de agua: Coagulación Floculación. Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico. SEDAPAL*, Lima: Edit. SEDAPAL, 2010.
- [40] WordPress.com, «Tratamiento Primario de Agua Residual,» 17 Noviembre 2013. [En línea]. Available: <https://emontanos.wordpress.com/2013/11/17/tratamiento-primario-de-agua-residual/>. [Último acceso: 2018 Noviembre 25].

- [41] A. Hernández Lehmann, *Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales*. 2da Edición., Madrid: Grupo Editorial Garceta, 2016.
- [42] C. Pallarés Bosque, *Diseño y dimensionamiento de la Línea de Agua de una PTAR procedente de un matadero porcino.*, Castellón: Universidad Jaume I, 2016.
- [43] L. Faba Peón, *Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para la Depuración de efluentes procedentes de un lavadero de carbón.*, España: Universidad de Oviedo, 2017.
- [44] H. A. Restrepo Osorno, *Evaluación del Proceso de Coagulación - Floculación de una Planta de Tratamiento de Agua Potable*, Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2009.
- [45] V. Cortés Giraldo, L. Jaramillo Mena, D. A. Marín Aponte, J. P. Torres Paredes, L. J. Vega Báez y J. D. Zuluaga Piedrahita, *Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para el 70% de la Cabecera Municipal de Cajamarca, Tolina*, Perú: Pontificia Universidad Javeriana Cali, 2012.
- [46] B. Castro Avellaneda, «Diseño Filtro Percolador para el Tratamiento Secundario de Aguas Residuales Domésticas.» 31 Enero 2018. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/370446459/DISENO-FILTRO-PERCOLADOR>. [Último acceso: 2018 Abril 12].
- [47] Metcalf & Eddy, Inc., *Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. 3º Edición. Volumen 1., España.: Mc.Graw - Hill., 2011.
- [48] V. Castillo Uribe, *Diseño y Cálculo de un Agitador de Fluidos*, Chile: Universidad del Bío-Bío, 213.
- [49] R. Centurión Veliz, *Decantación - Flotación*, España: Degremont Publ., 2015.
- [50] Aqualogy S.A.C., *Memoria Técnica del Proyecto: Diseño, suministro, construcción, puesta en marcha y marcha blanca para el filtro percolador La Union -XIV Región.*, Colombia: ESSAL, 2013.
- [51] R. A. López Hernández y K. L. Herrera Panduro, *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para reúso en riego de parques y jardines en el distrito de la Esperanza, provincia de Trujillo - La Libertad.*, Lima: UPAO, 2015.
- [52] J. Moscoso y T. Alfaro, «Panorama de Experiencias de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao.» IPES & Fundación RUAFL, Lima, 2008.
- [53] J. C. Moscoso Cavallini, «Estudio de Opciones de Tratamiento y Reúso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana.» Ministerio Federal de Educación e Investigación de Alemania & Lima Water, Lima, 2011.
- [54] PAVCO S.A., *Lista de Precios Octubre 2018.*, Perú: PAVCO S.A., 2018.

[55] FAO. Dirección del Centro de Inversiones Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación., *Formulación y empleo de perfiles de proyecto. Módulo 2*, Italia: Rural Invest, 2005.

[L1] Ministerio de vivienda construcción y saneamiento. 2010. Límites máximos permisibles de las descargas de agua residuales no domesticas en el sistema de alcantarillado Sanitario D.S.N° 001-2015.

[L2] Decreto 33601, de 22 de Marzo del 2007. Reglamento de vertido y reúso de aguas residuales.

[L3] Reglamento Nacional de Edificaciones DS011-2006-VIVIENDA. Modificatoria Norma Técnica OS.090 “Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales” del Reglamento Nacional de Edificaciones DS022-2009-VIVIENDA.

[L4] Resolución 0330, de 08 de Junio del 2017. Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. República de Colombia.

[L5] Resolución Ministerial 370-2018-Vivienda, aprobado en Lima, el 29 de octubre de 2018. Valores unitarios oficiales de edificación para las localidades de Lima Metropolitana y la Provincia Constitucional del Callao, la Costa, Sierra y Selva. Ejercicio fiscal 2019.

[L6] Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA, 11 de Marzo del 2019. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

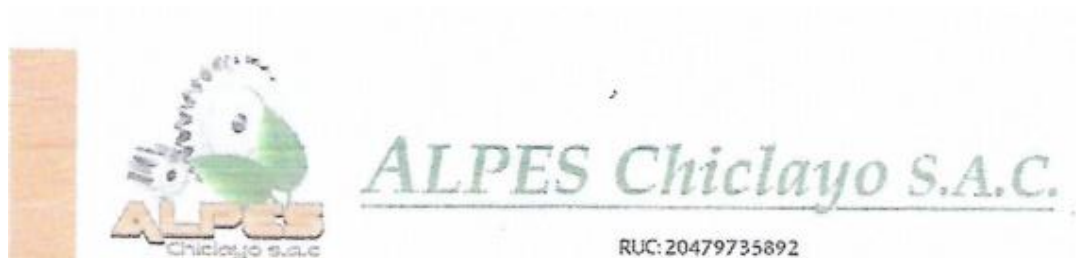
[L7] Resolución de Gerencia General Consejo Directivo N° 054 – 2014- SUNASS-GG, aprobado en Lima, el 03 de julio de 2014. Anexo 6. Metodología para determinar el pago adicional por exceso de concentración de los parámetros fijados en el Anexo 1 del D.S. N°021-2009-VIVIENDA y modifican el reglamento general de tarifas, así como el reglamento de calidad de la prestación de los servicios de saneamiento.

[L8] Resolución de de Consejo Directivo N° 022-2015-SUNASS-CD aprobado en Lima, el 15 de junio de 2015. Metas de gestión, fórmula tarifaria y estructuras tarifarias en el quinquenio regulatorio 2015 -2020, para los servicios de agua potable y alcantarillado que brinda SEDAPAL S.A.

## VII. ANEXOS

### ANEXO 1

#### CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA REALIZACIÓN DE PROYECTO DE TESIS



Pacora, 10 de Junio del 2019

#### CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE TESIS

Por la presente:

Yo, **CARLOS PORFIRIO LLAJARUNA CUBA**, Gerente General de la empresa procesadora de conservas de gandul Alpes Chiclayo S.A.C., ubicado en el distrito de Pacora, provincia de Lambayeque, autorizo al estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo del X Ciclo, **FÁTIMA WONG SÁNCHEZ**, identificado con **DNI N°72845397**, el acceso a las instalaciones y a la información de la empresa que se requiera para el desarrollo de su tesis bajo políticas de privacidad y cualquier otro fin académico.

Atentamente;

A handwritten signature in black ink is written over a circular stamp. The stamp contains the text 'ALPES CHICLAYO S.A.C.' at the top, 'Carlos P. Llajaruna Cuba' in the middle, and 'GERENTE' at the bottom. The signature is written in a cursive style.

PD. Adjunto información de contacto para cualquier consulta.

Nombre: Carlos Porfirio Llajaruna Cuba  
Cargo: Gerente General  
Celular: 978 943 792



## ANEXO 2

### DECLARACIÓN DE NO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



**ALPES Chiclayo S.A.C.**

RUC: 20479735892

Pacora, 08 de Junio del 2018

#### DECLARACIÓN DE NO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Por la presente:

Yo, **CARLOS PORFIRIO LLAJARUNA CUBA**, Gerente General de la empresa procesadora de conservas de gandul verde **Alpes Chiclayo S.A.C.**, ubicado en el distrito de Pacora, provincia de Lambayeque, declaro:

Que a la fecha, la empresa en mención no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes del proceso de conserva de gandul verde.

Se expide la siguiente declaración como contribución académica. Esta carta no contiene ningún poder o valor legal, sólo es presentada y aceptada para fines de estudio.

Atentamente;

  
ALPES CHICLAYO S.A.C.  
Carlos P. Llajaruna Cuba  
GERENTE

Av. San Pablo N° 680, Pacora - Lambayeque. C. 978943792. RPM # 978943792  
cllajaruna@alpesfood.com www.alpesfood.com  
cllajaruna@alpeschiclayo.com.pe www.alpeschiclayo.com.pe

### ANEXO 3

## ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LAS AGUAS RESIDUALES A TRATAR



### INFORME DE ENSAYO N° 0081 – 2018

Emitido en Chiclayo, el 16 de Noviembre del 2018

<b>Número de Solicitud de Ensayo</b>	:	0040 – 2018
<b>Solicitante</b>	:	Fátima Wong Sánchez
<b>Dirección de la Empresa</b>	:	-
<b>RUC</b>	:	-
<b>Servicio Solicitado</b>	:	Análisis Microbiológico – Físicoquímico
<b>Nombre del Producto</b>	:	Agua Residual Industrial
<b>Cantidad de la muestra</b>	:	3 Litros
<b>Presentación de la muestra</b>	:	-
<b>Área de Ubicación</b>	:	-
<b>Lugar y Fecha de Recepción</b>	:	8 de Noviembre del 2018
<b>Condiciones de Recepción</b>	:	En aparente buen estado
<b>Características</b>	:	Aspecto turbio, con olor a materia orgánica en descomposición.
<b>Lugar de Muestreo</b>	:	Muestreado por el cliente.
<b>Fecha de inicio del ensayo</b>	:	08/11/2018
<b>Fecha de término del ensayo</b>	:	16/11/2018

<b>ANÁLISIS</b>	Microbiológico		
<b>Fecha de muestreo</b>	08/11/2018		
<b>Código de Cliente</b>	Agua Residual Industrial M01		
<b>Código de Laboratorio</b>	4018/0275		
<b>PARÁMETRO</b>		<b>Resultado</b>	<b>Unidad</b>
<b>Coliformes Fecales</b>		790	NMP/100 mL
<b>ANÁLISIS</b>	Físicoquímico		
<b>pH</b>		7.9	
<b>Temperatura</b>		25	°C
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>		780	mg/L
<b>Sólidos Sedimentables</b>		4.3	mL/L/h
<b>DBO5</b>		647	mg/L
<b>DQO</b>		1285	mg/L
<b>Aceites y grasas</b>		13	mg/L

Calle Vicente de la Vega N° 297 Oficina 201 Chiclayo – Perú Teléfono: 074 – 204087 E-mail: [laboratorioscertificaciones@gmail.com](mailto:laboratorioscertificaciones@gmail.com)

**MÉTODO DE ENSAYO APLICADO**

DETERMINACIÓN	METODO DE ENSAYO
Coliformes fecales*	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B y 9221 E. 23nd Ed. 2017
pH*	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B. 22 nd Ed. 2017: Electrometric method
Temperatura*	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B. 22 nd Ed. 2017. Temperature.
Sólidos Suspendidos Totales*	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A, D, 22 nd Ed. 2012: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Sólidos Sedimentables*	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,C. 22 nd Ed. 2017: Solids. Settleable Solids
DBO5*	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012 Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
DQO*	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23nd Ed. 2017 Chemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y grasas*	EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM); Oil and Grease and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Materials SGT-HEM; Nom. polar Material) by Extraction and Gravimetry

\* Los métodos indicados no han sido acreditados por DA-INACAL

**CONDICIONES DE USO DEL INFORME DE ENSAYOS:**

- El muestreo y el transporte de la muestra hasta su ingreso a Laboratorios y Certificaciones del Norte SAC son responsabilidad del solicitante
- *El presente informe de ensayo es válido sólo para la cantidad recibida, objeto de análisis no pudiendo extenderse los resultados a otra unidad.*
- Queda terminantemente prohibida la reproducción parcial o total del presente informe de Ensayos sin conocimiento y la autorización de Laboratorios y Certificaciones del Norte S.A.C
- Cualquier enmienda en el documento lo invalida.
- Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.
- El presente informe de ensayos es válido exclusivamente para los requisitos indicados, no pudiendo señalarse implícita o explícitamente a otras características que no se indican.
- LYCNOR SAC no conserva muestras de dirimencia.
- *Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por el INACAL – DA.*



Deisi Llanos Delgado  
BIÓLOGO  
C.B.P. 7416

Jefe de Laboratorio  
Laboratorios y Certificaciones del Norte  
S.A.C.

**FIN DEL DOCUMENTO**

## ANEXO 4

### MATRIZ DE CONSISTENCIA DEL PROYECTO DE TESIS.

TITULO: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA EMPRESA ALPES CHICLAYO S.A.C.  
EN EL DISTRITO DE PACORA PARA SU REUTILIZACIÓN Y REDUCCIÓN DE COSTOS HIDRICOS.

<b>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN DEL PROYECTO</b>						
¿Mediante un sistema de tratamiento de aguas residuales en el proceso de producción de conserva de gandul verde enlatado se podrá reutilizar el agua y reducir los costos sobre el consumo de agua?						
ÁREA	PROBLEMA	CAUSAS	METODOLOGÍAS	TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS	LOGROS	INDICADORES
Tecnología y Medio Ambiente	Contaminación sobre las fuentes de agua.	Elevado consumo de agua en el proceso.	Tratamiento de Agua Residual	Reutilización de aguas residuales.	Reducir el consumo de agua.	$\text{Consumo de agua} = \frac{m^3}{\text{mes}}$ $\Delta \text{Consumo} = \text{Consumo actual} - \text{Nuevo consumo.}$
		Falta de seguimiento de sus residuos y efluentes.		Análisis de aguas residuales.	Reducir las concentraciones de <b>DBO<sub>5</sub></b> , <b>DQO</b> , <b>SST</b> .	$\text{Concentración DBO}_5 = \frac{mg}{L}$ $\text{Concentración DBO}_5 \leq 500 \text{ mg/L}$ $\Delta \text{DBO}_5 = \text{DBO}_5 \text{ actual} - \text{DBO}_5 \text{ nuevo}$
		No existencia de tratamiento previo de aguas residuales.				$\text{Concentración DQO} = \frac{mg}{L}$ $\text{Concentración DQO} \leq 1000 \text{ mg/L}$ $\Delta \text{DQO} = \text{DQO actual} - \text{DQO nuevo}$
		Vertimiento directo a la red de alcantarillado.				$\text{Concentración SST} = \frac{mg}{L}$ $\Delta \text{DQO} = \text{SST actual} - \text{SST nuevo}$
		Mejorar calidad del agua		Calidad del agua $\leq$ VMA		

## ANEXO 5

### COTIZACION DE EQUIPOS PROPUESTOS



#### MOTOR TRIFÁSICO 1,1 KW / 1,5 CV

Referencia: 873

Condición: Nuevo

**80,00 €**

Motor eléctrico trifásico 220/380V.

Anclaje mediante brida (Seleccionar antes de realizar el pedido)

B5: 200 mm.

B14: 120 mm.

Velocidad de giro: 3000 rpm.

Número de polos: 2.

Diámetro del eje: 19 mm.

Potencia máxima: 1,1 Kw / 1,5 Cv.

Tipo de motor 80.

Elige motor



# MOTORES-ELÉCTRICOS.ES

CUALQUIER CATEGORIA

MI COMPRA  0,00 €

Categorías

- MOTORES ESTANDAR**
  - MOTORES MONOFASICOS ARRANQUE MEDIO Y ALTO PAR
- MOTORES TRIFASICOS
- MOTORES VECTORIALES**
- MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA**
- REDUCTORES
- VIBRADORES INDUSTRIALES
- CUADROS ELECTRICOS
- VARIADORES DE VELOCIDAD
- GENERADORES
- PRODUCTOS GEFRAN

Inicio > MOTORES ESTANDAR > MOTORES TRIFASICOS > Brida B14 > 1500 rpm > 230/400 v > MOTOR ELECTRICO ALREN TRIFASICO 1500 RPM B14 230/400 V 1,5 KW

## MOTOR ELECTRICO ALREN TRIFASICO 1500 RPM B14 230/400 V 1,5 KW



Ref.: MEAT4B1420015  
Marca: ALREN

Cantidad:

**86,20 €**  
+ IVA

 Solicitar información del artículo

REFERENCIA ALREN: 90L -4 B14  
Tamaño motor: 90L

Consúltenos también motores de potencia incrementada, motores B35 y motores B34.

**ATENCIÓN AL CLIENTE**

**+34 941 341 258**  
[info@motores-electricos.es](mailto:info@motores-electricos.es)

Atención telefónica:  
De Lunes a Viernes:  
De 9:00 h. a 14:00 h.  
De 15:30 h. a 18:30 h.

- MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS 1500 RPM BRIDA B5 CARCASA ALUMINIO**
- Material eléctrico
  - Motores eléctricos y arrancadores
  - Reductores y motorreductores
  - Material neumático
  - Material mecánico
  - Componentes para vacío
  - Ofertas clientes



**Motor trifásico 0.55Kw 0.75CV 230/400V 1500 rpm Brida B5 carcasa aluminio reducida**

Modelo M930000954056  
 Motor eléctrico trifásico 0,55kW (0,75CV) asíncrono 230/400V 1500 rpm Brida B5. Carcasa de aluminio reducida.



**59,70 €**  
 72,24 € IVA incluido

Cantidad:  -

**Añadir al carrito**

PAGO SEGURO



**ELECTROBOMBA PEDROLLO CP210B 230/400V 4HP**

**\$622.910** + IVA

**AÑADIR AL CARRO**

**CÓDIGO:** 100391  
**CATEGORÍA:** Bombas Centrifugas  
**APLICACIÓN:** Domestico, Industrial

**Esríbenos**



CÓDIGO: SIE002

Disponibilidad: **En existencia**

## Bomba para agua con motor trifásico 5HP Siemens

Sea el primero en opinar

**\$7,550**

Inner 1 / Master 1

CANTIDAD:

**AGREGAR AL CARRITO**

Agregar a favoritos

1 notifi

**ID Cotización** : 61555

**Fecha de Cotización:** 15/02/2019

**Despacho** : Oficina Aguamarket o empresa de transporte.

**País** : Perú

**N° Solicitud** : 202577

#### Comentarios Técnicos

Equipo de separación sólido – líquido estático, en acero inoxidable aisi 304.

- Malla de ranura continua Johnson screens en acero inoxidable aisi 304.
- Ancho de ranura: 0,5 mm.
- Tamaño de separación: 0,25 mm.
- Capacidad hidráulica nominal: 90 m<sup>3</sup>/h (con agua limpia).
- Entrada de agua: brida de 8".
- Salida de agua: brida de 8".
- Altura total del equipo: 1860 mm.
- Ancho total del equipo: 1040 mm.
- Largo total del equipo: 1488 mm.
- Peso del equipo en vacío: 360 kg.
- Peso en operación: 900 kg.
- Construcción de malla: acero inoxidable aisi 304.
- Construcción estructura y cuerpo: acero inoxidable aisi 304.

Valor del material puesto en nuestras bodegas de Perú. Costos bancarios asociados corren por cuenta del cliente. Para valor de material puesto en su país favor de enviar dirección completa y código postal de ciudad.

**PRECIO: 1821, 5 DÓLARES AMERICANOS**

Precio estimativo: Sujeto de confirmación.

**Esta cotización es *informativa*, son sólo precios REFERENCIALES**

## Presupuesto N.º 190325

Empresa: ALPES CHICLAYO      Att: FÁTIMA WONG  
Fecha: 02/05/2019      Revisión:  
Obra: TAMIZ ESCALERA      Paginas: 3

### Condiciones de la oferta

**Validez de la oferta: 30 DIAS**

**Fecha de entrega: A CONVENIR.**

**Portes: NO INCLUIDOS**

**Forma de pago: A CONVENIR.**

### Condiciones generales

El importe es unitario y neto, sin incluir impuestos.

Pasados el periodo de validez de la oferta, Procesos Auto-mecanizados se reserva el derecho de actualizar el importe.

Los portes correrán a cargo del cliente, excepto cuando se indique y se oferte.

La fecha de entrega se tendrá en cuenta a partir de la recepción de este documento y del croquis del equipo realizado por nuestra parte, aprobado y firmado por el cliente.

Procesos Auto-mecanizados no garantiza el cumplimiento de las fechas de entrega si existen modificaciones de las características del equipo.

El equipo siempre se facturará el día indicado en la fecha de entrega, aún retrasándose la recogida por parte del cliente.

Cuando la forma de pago es mediante pagaré, este debe ser recibido por nuestra parte a la salida del equipo de nuestros talleres, en caso contrario el equipo no se entregará hasta la recepción del mismo.

Todos los equipos disponen de una garantía de un año excepto manipulación.

Todo ello salvo condiciones particulares pactadas.

D. Vicente Butrón  
Departamento comercial

- 1 -

D/Doña.....  
Firma aceptación

Ref. CN20148	TAMIZ ESCALERA
<p>o <u>ESPECIFICACIONES GENERALES</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- MODELO: PAM TE.</li> <li>- ANCHO CANAL: 560 mm.</li> <li>- ALTURA CANAL: 300 mm.</li> <li>- ALTURA DESCARGA DESDE FONDO CANAL: 1700 mm.</li> </ul> <p>o <u>CARACTERISTICAS TECNICAS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- LUZ DE PASO: 6 mm.</li> <li>- INCLINACIÓN: 60°.</li> <li>- MALLA FILTRANTE: Láminas fijas y móviles intercambiables.</li> <li>- PERFIL LÁMINAS: 3 mm.</li> <li>- TIPO DE ENGRASE: Automático.</li> <li>- ANCLAJE: Mediante soportes a muretes canal para splits.</li> <li>- TIPO DE LIMPIEZA Y EXTRACCION DE SOLIDOS: Automático.</li> <li>- SISTEMA DE ESTANQUEIDAD LATERAL: Sistema estanco entre el bastidor del equipo y los laterales del canal se realiza mediante junta neopreno (EPDM) en toda la altura del canal para evitar fugas en la instalación.</li> <li>- ACCIONAMIENTO: Motor - 1,1 KW eléctrico.</li> </ul> <p>o <u>MATERIALES Y ACABADOS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- BASTIDOR: Acero inox aisi-304.</li> <li>- LÁMINAS: Acero inox aisi-304.</li> <li>- EJES Y COMPONENTES: Acero inox aisi-304.</li> </ul>	

D. Vicente Butrón  
Departamento comercial

- 2 -

D/Doña.....  
Firma aceptación

<ul style="list-style-type: none"> <li>- TAPAS: Acero inox aisi-304.</li> <li>- TORNILLERÍA: Acero inox aisi-316L (A4).</li> <li>- CADENA: Acero inox aisi-304</li> <li>- TENSORES: Acero inox aisi-304.</li> <li>- SOPORTES ANCLAJES: Acero inox aisi-304.</li> <li>- SOPORTE ACCIONAMIENTO: Acero inox aisi-304.</li> <li>- RODAMIENTO Y SOPORTE RODAMIENTO: Acetal / Acero inox aisi-304.</li> </ul>	
<b>IMPORTE UNITARIO</b>	<b>\$ 12559,00</b>

OPCIONAL: TRANSPORTE, EMBALAJE, TORNILLERIA DE ANCLAJE, MONTAJE, CUADRO ELECTRICO.

Procesos auto-mecanizados s.l. B53882213 Inscrito en el registro mercantil en el no. 2788; libro: 0, folio: 217; hoja: A-64134.

D. Vicente Butrón  
Departamento comercial

- 3 -

D/Doña.....  
Firma aceptación

Chiclayo, 23 de marzo del 2019

Señor(a):  
**FÁTIMA WONG SÁNCHEZ**  
**CHICLAYO**  
**PRESENTE**

**Ref.: Tanque de coagulación – floculación/ Tanque sedimentador**

De nuestra consideración:

Por medio de la presente me es grato saludarlo y confirmarle a usted, que se emite la siguiente cotización:

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO S/.	P. TOTAL S/.
01	01 Unidad	<p><b>TANQUE DE COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fabricado íntegramente en acero inoxidable C304 de 4 mm</li> <li>➤ Volumen: 70m<sup>3</sup></li> <li>➤ Altura: 4,46 metros</li> <li>➤ Diámetro: 4,46 metros</li> <li>➤ Potencia de Motor: 1,5 kW.</li> </ul>	S/ 95 000,00	S/ 95 000,00
02	01 Unid.	<p><b>TANQUE SEDIMENTADOR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fabricado íntegramente en acero inoxidable C304 de 4 mm</li> <li>➤ Volumen: 120,02m<sup>3</sup></li> <li>➤ Altura: 2,5 metros</li> <li>➤ Diámetro: 7,81 metros</li> </ul>	S/ 35 000,00	S/ 35 000,00
<b>TOTAL CON I.G.V. S/.</b>				<b>157 000,00</b>

**Nota:**

- Los equipos serán instalados en planta.
- El piso y obras civiles serán ejecutadas por el cliente.

**Condiciones de venta:**

- **Forma de pago:** 60 % adelantado con orden de compra y saldo contra entrega.
- **Precio incluye I.G.V.**
- **Tiempo de entrega:** 08 semanas.
- **Validez la oferta:** 30 días.
- **Garantía:** 01 año.

Saluda atentamente a usted,

**Oscar Risco Zuñe.**  
**Jefe de Operaciones**

**MAESTRO** ¿Qué estás buscando? **FONOCOMPRAS 6310-310**

PRODUCTOS HAZLO CON MAESTRO TIENDAS TALLERES CATÁLOGO SUSCRÍBETE

MAESTRO / PRODUCTOS / GASFITERÍA / TANQUES DE AGUA / TANQUES


**Rotoplas - Tanque 10000 L con Conexión**

Ver precio y stock por Tienda: Arequipa

**S/ 7811.70**

sku: 403520

Precios y stock actualizados el 28/04/2019 7:15am  
Precios referenciales y sujetos a variaciones.  
Stock sujeto a disponibilidad de cada tienda. Consultar precio y stock en tienda.  
Imágenes referenciales, los productos no incluyen accesorios excepto lo indicado en la descripción del producto.



VÁLIDO SOLO PARA FONOCOMPRAS

CATEGORÍAS

- AUTO +
- BAÑOS Y COCINAS +
- COMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA +
- ELECTRICIDAD +
- FERRETERÍA +
- FIERRO Y HIERRO +
- GASFITERÍA x
- HERRAMIENTAS Y MAQUINARIAS +
- ILUMINACIÓN +

## ANEXO 7

### COSTOS DE INVERSIÓN DE FILTRO PERCOLADOR

UBICACIÓN	Miraflores
TECNOLOGÍA	Filtro Percolador
Caudal Tratado (l/s)	15,4
DESCRIPCIÓN	
Obras Preliminares	1 118
Movimiento de Tierras	1 696
Estructuras de Concreto	31 715
Sistema de conducción (tuberías)	1 678
Otros Equipos	752
Obras complementarias	2 097
<b>Costo Directo \$</b>	<b>39 056</b>
Costo Indirecto S/. (15%)	5 858
<b>Costo Total de la Obra \$</b>	<b>44 914</b>
<b>Mecanismo distribuidor</b>	<b>1 350</b>
<b>Equipos eléctricos y de rotación</b>	<b>10 271</b>
<b>Medio Filtrante Plástico</b>	<b>24 279</b>
<b>COSTO TOTAL DEL FILTRO \$</b>	<b>80 814</b>

Fuente. Moscoso Cavallini. 2011.

ANEXO 8

PROPUESTA DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
EMPRESA ALPES - CHICLAYO S.A.C

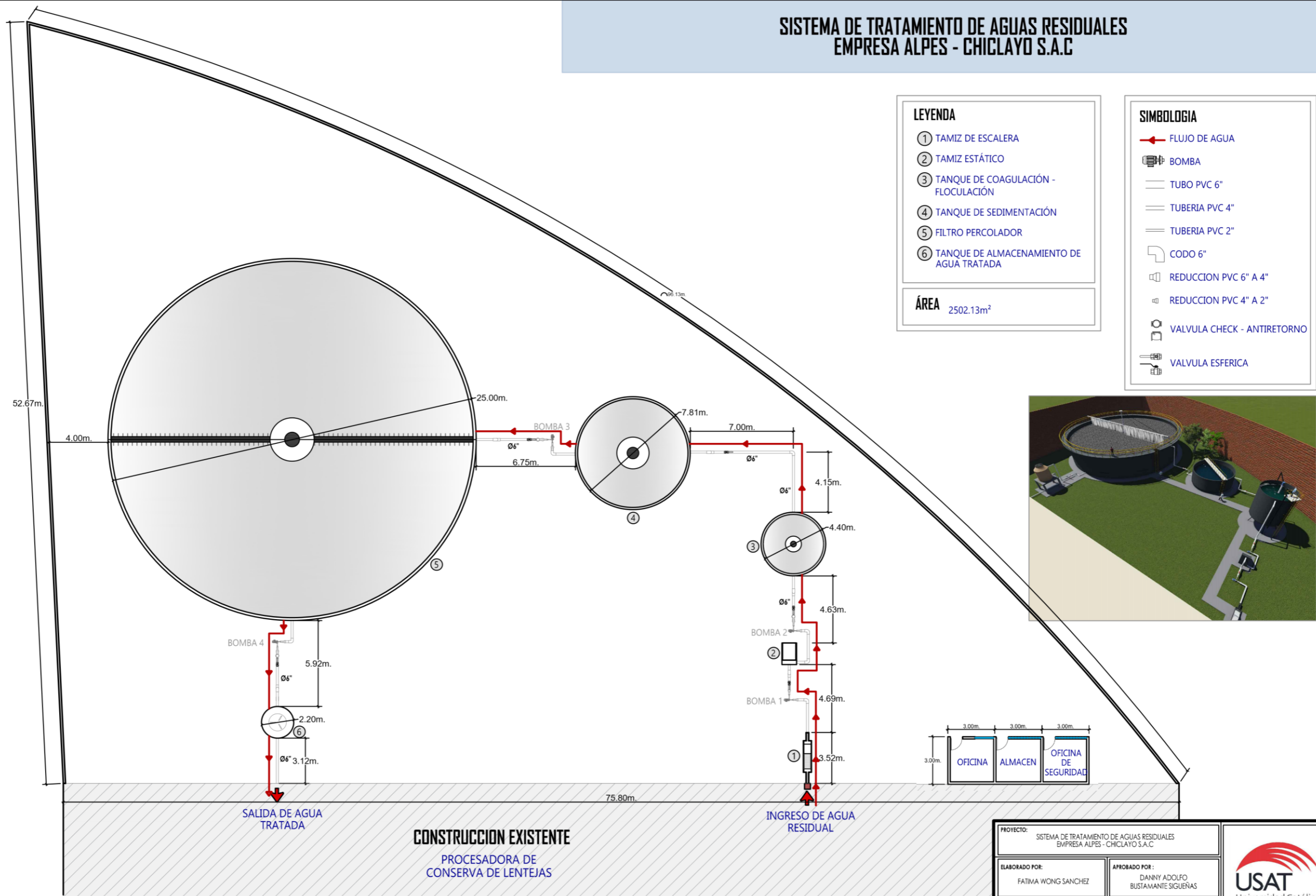
LEYENDA

- ① TAMIZ DE ESCALERA
- ② TAMIZ ESTÁTICO
- ③ TANQUE DE COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN
- ④ TANQUE DE SEDIMENTACIÓN
- ⑤ FILTRO PERCOLADOR
- ⑥ TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA

ÁREA 2502.13m<sup>2</sup>

SIMBOLOGIA

- FLUJO DE AGUA
- ☼ BOMBA
- TUBO PVC 6"
- TUBERIA PVC 4"
- TUBERIA PVC 2"
- └ CODO 6"
- ⏏ REDUCCION PVC 6" A 4"
- ⏏ REDUCCION PVC 4" A 2"
- ⏏ VALVULA CHECK - ANTIRETORNO
- ⏏ VALVULA ESFERICA



ANEXO 9

VISTAS ISOMÉTRICAS DE LA PROPUESTA DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

