

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



**Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales en  
Interamericana Norte SAC - Chiclayo para disminuir la  
contaminación hídrica**

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

**AUTOR**

**César Augusto Romero Pinedo**

**ASESOR**

**Maria Luisa Espinoza Garcia Urrutia**

**<https://orcid.org/0000-0002-7527-3834>**

**Chiclayo, 2022**

**Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales en  
Interamericana Norte SAC - Chiclayo para disminuir la  
contaminación hídrica**

PRESENTADA POR:

**César Augusto Romero Pinedo**

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

**INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR:

Sonia Mirtha Salazar Zegarra

PRESIDENTE

Diana Peche Cieza

SECRETARIO

Maria Luisa Espinoza Garcia Urrutia

VOCAL

# Romero Pinedo

## INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="http://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://revistas.uniminuto.edu">revistas.uniminuto.edu</a> Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to Universidad de Medellin Trabajo del estudiante	<1%
6	<a href="http://cdn.www.gob.pe">cdn.www.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://www.vivienda.gob.pe">www.vivienda.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="http://repositorio.upla.edu.pe">repositorio.upla.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%

## Índice

Resumen .....	4
Abstract.....	5
Introducción.....	6
Revisión de literatura.....	7
Materiales y métodos.....	10
Resultados y discusión .....	12
Conclusiones.....	29
Recomendaciones .....	30
Bibliografía.....	31
Anexos .....	36

## Resumen

El lavado de vehículos es una actividad que genera grandes cantidades de efluentes residuales, los cuales, en la mayoría de países tercermundistas, no se tratan previo a su descarga al alcantarillado. La investigación tiene lugar en la estación de lavado del taller principal de Interamericana Norte SAC – Chiclayo, donde se estableció como objetivo prioritario proponer un sistema de tratamiento de aguas residuales para reducir la contaminación hídrica, apoyándose en tres objetivos específicos. En la etapa diagnóstica se calculó una generación de 10 m<sup>3</sup> diarios de efluente, los cuales, basado en investigaciones similares, poseen elevadas cargas contaminantes con concentraciones de 4 220 mg/l de SST, 2 885 mg/l de DBO<sub>5</sub> y 4 290,5 mg/l de DQO; representando impactos potenciales en la calidad del agua y daños al sistema de alcantarillado calificados como “Severos”. Seguido, en la etapa de evaluación y propuesta, se estableció como secuencia los tratamientos de desbaste, sedimentación primaria, coagulación-floculación, desinfección y filtración rápida; esta permitió reducir la carga contaminante a concentraciones aptas para la reutilización del efluente, siendo de 1,74 mg/l de SST, 8,18 mg/l de DBO<sub>5</sub> y 13,9 mg/l de DQO. En cuanto a la evaluación de costos, beneficios y ambiental, el análisis B/C demostró una ganancia de S/ 0,34 por cada sol invertido, evidenciando la viabilidad económica del proyecto. A su vez, el valor de importancia en la alteración a la calidad del agua y daños al sistema de alcantarillado, se redujo en 51,35% y 30,51% respectivamente, siendo ahora calificados como “Moderados”, evidenciando la viabilidad ambiental.

**Palabras clave:** Agua residual, contaminación hídrica, reutilización, tratamiento de aguas, lavado vehicular.

### **Abstract**

Vehicle washing is an activity that generates large amounts of residual effluents, which, in most third world countries, are not treated prior to their discharge into the sewers. The research takes place in the washing station of the main workshop of Interamericana Norte SAC - Chiclayo, where it was established as a priority objective to propose a wastewater treatment system to reduce water pollution, based on three specific objectives. In the diagnostic stage, a daily generation of 10 m<sup>3</sup> of effluent was calculated, which, based on similar investigations, have high pollutant loads with concentrations of 4 220 mg/l of TSS, 2 885 mg/l of BOD<sub>5</sub> and 4 290,5 mg/l COD; representing potential impacts on water quality and damage to the sewerage system classified as "Severe". Then, in the evaluation and proposal stage, the roughing, primary sedimentation, coagulation-flocculation, disinfection and rapid filtration treatments were established as a sequence; This allowed reducing the pollutant load to concentrations suitable for the reuse of the effluent, being 1,74 mg/l of TSS, 8,18 mg/l of BOD<sub>5</sub> and 13,9 mg/l of COD. Regarding the evaluation of costs, benefits and environment, the B/C analysis showed a gain of S/0,34 for each sol invested, evidencing the economic viability of the project. In turn, the value of importance in the alteration to the quality of the water and damage to the sewerage system, was reduced by 51,35% and 30,51% respectively, being now classified as "Moderate", evidencing the environmental viability.

**Keywords:** Waste water, water pollution, reuse, water treatment, vehicle washing.

## Introducción

Es de total conocimiento que, como toda maquinaria, los vehículos motorizados se deterioran con el tiempo y uso, es por ello que se prefiere mantener en óptimas condiciones, tanto mecánica como exteriormente. Para ello, todos los establecimientos concesionarios brindan servicios específicos de mantenimiento, los cuales, si bien realizan ciertas operaciones y actividades que impactan y resultan perjudiciales para el medio ambiente, se rigen por un estricto protocolo de gestión de residuos peligrosos. [1] Sin embargo, existe un lavado final, el cual genera excesivas descargas de efluentes con presencia de contaminantes.

De acuerdo a la jerarquización en la gestión de residuos (Las 3 R) [2], debería ser prioritario detener la generación de dichos efluentes, no obstante, en el caso del lavado de vehículos es un hecho que no se puede evitar. Por tanto, lo que se puede aminorar es la carga contaminante emitida, además del volumen de efluentes descargados al sistema de alcantarillado, mediante la reutilización. Brown [3], deja constancia de que las técnicas y sistemas de reutilización de agua vienen siendo aplicados desde la década de los 70's en carwash profesionales de Norteamérica, aplicando diferentes tecnologías para cada tipo de instalación en la que se desarrollen las actividades. Implementar un sistema adecuado puede reducir el consumo de agua hasta entre 1 y 2 gal/min por vehículo. [4]

En el Perú, la entidad encargada de fiscalizar todo tipo de descargas, ya sea a fuentes de agua o al sistema de alcantarillado es el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). Mediante entidades de apoyo, como el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, se logran generar condiciones adecuadas para la prestación de servicios de saneamiento, además de fiscalizar los compromisos ambientales plasmados en los instrumentos de gestión ambiental. [5] Para las estaciones de lavado, los Valores Máximos Admisibles (VMA) se encuentran plasmados en el Decreto Supremo N°10-2019-VIVIENDA, el cual se fundamenta en la Ley N°30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [6]; siendo de carácter obligatorio su cumplimiento.

Interamericana Norte SAC es una empresa concesionaria de diferentes marcas de automóviles livianos y pesados [7]. Al día, el taller principal de la sucursal Chiclayo llega a generar solo en la estación de lavado, un aproximado de 10 000 litros de agua residual atendiendo un promedio de 28 unidades y cuya composición incluye tensoactivos como shampoo y detergente. Estos, en conjunto con la suciedad desprendida del vehículo, son causantes de la contaminación hídrica que puede generar alteraciones en las fuentes de

agua [3], o, si se dirigen a estaciones depuradoras de aguas residuales, pueden afectar a los procesos y la calidad de los lodos. En específico, los tensoactivos se consideran agentes nocivos para el ambiente y los humanos debido a su bioacumulación y permanencia. [8]

Según investigaciones similares realizadas en la región [9], [10] y [11], se evidencian concentraciones elevadas en los parámetros de DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos suspendidos y aceites y grasas en los efluentes de este tipo de estaciones, sobrepasando por mucho los VMA avalados por el MINAM. En base a lo descrito cabe preguntarse ¿En qué medida un sistema de tratamiento de aguas residuales disminuye la contaminación hídrica, generada en la estación de lavado del taller principal de Interamericana Norte SAC – Chiclayo?

El desarrollo de la investigación permite principalmente la regulación de la carga contaminante presente en las aguas residuales de lavado, así como la reutilización de las mismas. El objetivo general es proponer un sistema de tratamiento de aguas residuales para la estación de lavado del taller principal de Interamericana Norte SAC – Chiclayo, desarrollando los siguientes objetivos específicos: Diagnosticar el manejo actual de las aguas residuales generadas en la estación de lavado, evaluar y proponer un sistema de tratamiento para los efluentes generados, para finalmente, realizar un análisis de costos, beneficios y ambiental de la propuesta.

### **Revisión de literatura**

La investigación se enfoca en aminorar cargas contaminantes emitidas al agua, es decir, en la contaminación hídrica. Brack y Mendiola [12], indican que este tipo de contaminación representa cualquier modificación de la calidad natural del agua en fuentes como ríos, mares, cuencas, etc.; debido a la acción humana, lo que la hace parcial o totalmente inadecuada para su uso o consumo. A ello, Lenntech, expertos en tratamientos de aguas, en [13], expanden el concepto incluyendo a toda fuente de agua no necesariamente mayor. Dichas alteraciones, según la Ley General del Ambiente [14], conllevan al exceso en los valores de los parámetros físicos, químicos y biológicos que la caracterizan, siendo provocadas principalmente por el vertido de efluentes.

Espigares y Pérez [15], definen estos efluentes o aguas residuales como aquellas que, debido a la acción del hombre, representan un peligro potencial al ambiente y la salud y deben ser desechadas ya que contienen numerosas sustancias y microorganismos. En

adición, el OEFA, basado en [5], indica que la prioridad no debe ser desechar, sino tratar y reutilizar las mismas.

En la investigación, los efluentes son generados por una estación de lavado vehicular, “car wash” por su terminología en el inglés. Según la Asociación Internacional de Carwash (IAC) [3], estos son descritos como cualquier industria, establecimiento o estación en la que se provea el servicio de lavado de vehículos automotores a cualquier público en general, existiendo tres categorías básicas que incluyen: Lavado de túnel, en bahía automático y autoservicio, haciendo referencia a estaciones profesionales mayormente encontradas en países de primer mundo. Lye [16], se acerca a la realidad de los países latinoamericanos, considerando el lavado a mano, el cual proporciona una calidad de servicio mucho más alta, pero a su vez adiciona costos de labor, entrenamiento y supervisión de operarios. Se incluyen materiales como mangueras o equipos muy básicos de lavado que incurren en un elevado consumo de agua, además de no tener implementados sistemas de tratamiento y reutilización.

Con el fin de evidenciar la alteración de la calidad del agua, es necesario realizar la medición correspondiente de los parámetros de caracterización. Los efluentes de las estaciones de lavado son considerados comerciales – municipales, por tanto, según [17], los parámetros a evaluar son: DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, temperatura, sólidos totales en suspensión y aceites y grasas. La Ley N°29338 – Ley de los Recursos Hídricos, mediante su reglamento [18], regula y gestiona su uso correcto, apoyándose en diferentes entidades públicas. Una de esas entidades es el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, que proporciona los requerimientos para descargas de usuarios no domésticos, así como las concentraciones máximas de contaminantes potenciales (VMA) presentes en las mismas [6]. Cabe recalcar que, si se infringen normativas, existen penalidades de acuerdo a metodologías dispuesta por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) y la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Para hacer frente a dicho escenario, se vienen estudiando diversos tipos de tratamiento para aguas residuales que permitan la reducción de las concentraciones de los contaminantes presentes; todas ellas con resultados satisfactorios, pero a su vez, variables. Según Fair *et al.* [19], un tratamiento de aguas residuales se define como una secuencia de procesos físicos, químicos y biológicos cuyo propósito es el de remover contaminantes de la misma naturaleza presentes en el efluente humano descargado. Como resultado se tiene un agua apta para reutilizar y un lodo residual que bien puede ser valorizado posteriormente o correctamente dispuesto.

Fernández *et al.* [20], engloban los diferentes tipos de tratamientos en aquellos que utilizan tecnologías convencionales (sedimentación, coagulación, lodos activados, filtraciones, etc.) y aquellos que aplican las tecnologías emergentes (oxidación, intercambio iónico y bio reactores de membrana). Si bien cada uno tiene condiciones específicas para llevarse a cabo, pueden ser aplicados de manera conjunta y secuencial mediante etapas predeterminadas para cada tipo de actividad.

Por su parte, el Fondo Nacional del Ambiente (FONAM) [21], señala que son 3 las clasificaciones que engloban los diferentes tipos de tratamiento mencionados: Los primarios, que considera una tratabilidad de 5%, los secundarios proporcionando una tratabilidad entre 30-50% y los terciarios, los que eliminan en conjunto todo tipo de sólidos en suspensión, materia orgánica residual, nutrientes y microorganismos patógenos, brindando una tratabilidad final entre 80–95 %.

Investigaciones alrededor del mundo han aplicado estos métodos, tanto de manera independiente como en conjunto, con el fin de comprobar su eficacia en situaciones específicas. Tal es el caso de Dash y Nanda [22], en cuya investigación titulada “Car wash water treatment using *Eichhornia crassipes*”, evaluaron la eficiencia de estos agentes biológicos para el tratamiento primario de aguas residuales de lavadero de autos, resultando en un periodo de 12 horas una reducción de 40,48% de TDS, evidenciando una capacidad media de los jacintos para aminorar las concentraciones de dicho parámetro. En beneficio, se considera un proceso muy sencillo y altamente rentable.

Uçar [23], en su estudio “Membrane processes for the reuse of car washing wastewater”, investigó diferentes alternativas de tratamiento por filtración para este tipo de efluentes evaluando principalmente DQO y aplicando una precipitación previa. Las tasas de reducción con membranas de ultrafiltración (UF) fueron de 73% a 80%, mientras que las de nanofiltración (NF) permitieron un 90%; en ambos casos la torta retenida se trató con  $\text{FeCl}_3$  o carbón activado.

Al-Gheethi *et al.* [24] en su investigación “Treatment of Wastewater From Car Washes Using Natural Coagulation and Filtration System”, utilizan moringa oleífera como coagulante natural, contrastando su eficiencia con el sulfato ferroso. El sistema a escala incluyó las etapas de aireación, coagulación y floculación (utilizando Moringa y  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), sedimentación y filtración final, resultando el coagulante natural más efectivo que el químico, a excepción de los valores de DQO. Estos disminuyeron solo en un 23,1% de 220 a 143 mg/l, requiriéndose para ello el tratamiento final de filtración.

Velandia, De Plaza y Pulgarín [25], en su estudio “Análisis comparativo del componente administrativo y los procesos de desinfección utilizados en dos plantas de tratamiento de agua”, compararon el tratamiento de desinfección en dos plantas, una colombiana y otra norteamericana, las cuales utilizan entre ambas la ozonización, la luz UV y el cloro. De ello se concluyó que, la planta norteamericana optó por los tratamientos UV y de ozonificación, por la máxima capacidad de remoción de patógenos, siendo este el único tratamiento y sin preocuparse por los costos. En contraste, la planta colombiana optó por el uso de cloro ya que es el más popular y económico en el mercado, con eficiencias de remoción altas ya que en dicho caso se tienen implementados tratamientos de sedimentación, coagulación, floculación y filtración previos. En ambos casos, los tratamientos resultaron efectivos.

Ahmad *et al.* [26] en su artículo “Design of a car wash waste water treatment process for local car wash stations”, diseñaron 3 diferentes propuestas para el tratamiento y reciclaje de aguas residuales de car wash, resultando que para un caudal de 16,2 m<sup>3</sup>/día, se prefiere utilizar el tercer diseño propuesto, constituido por un tanque de coagulación y floculación subterráneo, un filtro de grava y arena a 6 metros sobre el suelo, culminando con los tanques de almacenamiento de coagulante y agua tratada a nivel del suelo, representando un costo total del sistema equivalente a S/ 41 140,41.

En este último caso, la investigación se propone también la reutilización de las aguas. Keller [27] define un agua reutilizada como aquella que ha sido recuperada y tratada con el objetivo de hacerla aceptable para un nuevo uso; estas aguas, según [18], deben cumplir con los valores máximos de los parámetros de calidad establecidos por la normativa vigente. Sin embargo, en ningún caso son aceptables para beber ni cocinar, es decir, para consumo humano.

## **Materiales y métodos**

### *Diagnóstico del manejo actual de las aguas residuales.*

El desarrollo de la investigación inició con el diagnóstico del manejo de las aguas residuales, llevado a cabo mediante observación directa en la estación de lavado del taller de la empresa. Se elaboró un diagrama de bloques para la representación del proceso y los residuos emitidos (Figura 1), posterior a ello, se realizaron los cálculos de consumo de agua en base al registro de los vehículos diarios para mantenimiento preventivo y la toma de tiempos realizada en una muestra de 25 unidades (Ver Anexo 3).

En cuanto a la caracterización de las aguas residuales para determinar el grado de contaminación [28], debido a la coyuntura vivida en un escenario de pandemia, no hubo disponibilidad y acceso a los laboratorios de la región, por lo que se procedió a la toma de datos mediante revisión bibliográfica [9], [10] y [11]. Esta toma de datos se realizó tomando en cuenta los insumos utilizados en otras estaciones similares de la región, sus etapas y parámetros evaluados de sólidos totales suspendidos, DBO<sub>5</sub>, DQO, aceites y grasas [17], logrando establecer las concentraciones para la presente investigación.

Para culminar el primer objetivo, se realizó la evaluación de impactos ambientales haciendo uso de dos metodologías. Se aplicó el diagrama de flujo para la identificación de impactos y la matriz CONESA para la valoración, la cual utiliza 10 criterios de evaluación, permitiendo una mayor precisión. Esta considera la naturaleza del impacto (NA), intensidad (IN), extensión (EX), momento (MO), persistencia (PE), reversibilidad (RV), recuperabilidad (MC), sinergia (SI), acumulación (AC), efecto (EF) y periodicidad (PR), los cuales se puntúan y ponderan de acuerdo a fórmula para determinar el valor de importancia del impacto (I) y su clasificación. [29] (Ver Anexo 6)

#### *Evaluación y propuesta del sistema de tratamiento.*

El desarrollo del segundo objetivo tuvo como propósito el proponer el sistema de tratamiento, iniciando con una revisión bibliográfica profunda para la evaluación de los mismos. Seguido, para la selección se hizo uso de la matriz de priorización [30], considerando los factores principales para la implementación de la propuesta, incluyendo la eficiencia de remoción, disponibilidad de maquinaria y equipos, facilidad de operación, entre otros aspectos. [31] Una vez establecido el orden y los tratamientos a aplicar, se procedió a determinar la capacidad del sistema de reutilización, realizándose el pronóstico del efluente basado en el histórico brindado por la empresa y el balance de materia por etapas, indicando la capacidad de remoción de carga contaminante.

Basado en la capacidad requerida para cada etapa del tratamiento, reflejado en el balance de materia, se realizó la búsqueda de la maquinaria y equipos necesarios para la implementación y funcionamiento del sistema, teniendo en cuenta también los requerimientos de energía en los que se incurrirá en su operación. Se culminó el segundo objetivo con el diseño del plano de la estación de lavado incluida la distribución del sistema, utilizando el software AutoCAD 2020.

#### *Análisis de costos, beneficios y ambiental.*

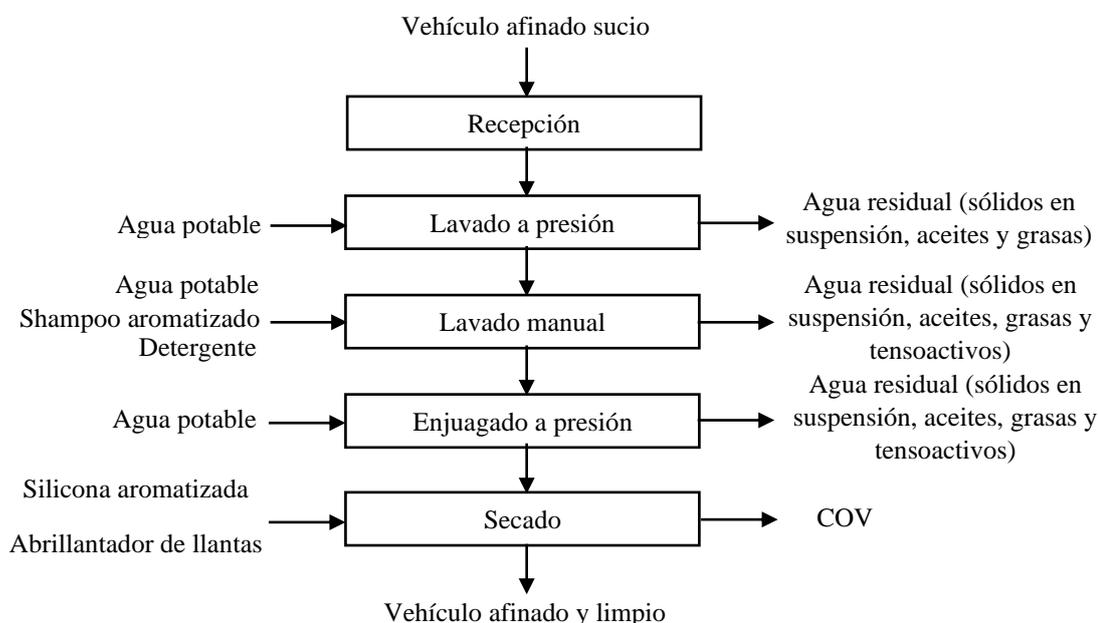
Para el tercer y último objetivo, la determinación de costos y beneficios se realizó por medio de revisión bibliográfica y solicitudes de cotización a proveedores, estableciendo

los costos de inversión y operación, en ambos casos aquellos tangibles e intangibles. Seguido de los beneficios reflejados en el ahorro del agua, insumo principal en estas estaciones y el ahorro de las multas que podrían imponerse debido al vertido de los efluentes contaminados al alcantarillado. Posterior a ello se realizó el flujo de caja y el cálculo de la relación beneficio costo (B/C) respectiva [32], demostrando la viabilidad económico financiera de la propuesta. La investigación culminó con una nueva evaluación de impacto ambiental, considerando las concentraciones de los contaminantes ya reguladas, aplicándose nuevamente la matriz CONESA de valoración de impactos.

## Resultados y discusión

### Diagnóstico del manejo actual de las aguas residuales

La investigación tuvo lugar en el taller principal de la empresa Interamericana Norte SAC – Chiclayo, ubicado en la Av. José Leonardo Ortiz N°450, Chiclayo, Lambayeque. Específicamente, el proyecto se enfoca en la estación de lavado, en la que se realiza el servicio de cortesía a todas las unidades de ingresen para su mantenimiento. El pase a dicha área fue otorgado por el gerente del área de post venta (Ver anexo 1), permitiendo entrevistar a los encargados de dichas actividades. A continuación, se muestra el diagrama de bloques del proceso basado en la información recopilada.



**Figura 1. Diagrama de bloques - Lavado de cortesía**

**Fuente: Elaboración propia**

Se identificó también que existe una mala técnica de lavado por parte de los operarios; el uso de la hidro lavadora a presión tiene una excesiva duración, el enjabonado y limpieza

de llantas también conlleva mucho tiempo ya que se realiza de forma manual. Todo el efluente resultante va directo al sistema de alcantarillado, pasando por un simple mecanismo de remoción de contaminantes.

Actualmente la estación de lavado del taller cuenta con un pre tratamiento muy básico, el agua residual generada al lavar un vehículo recorre una canaleta hacia un pozo de retención de lodos, separados por solo una rejilla de desbaste. (Ver anexo 2) No obstante, dicho pozo no puede ser considerado como un sedimentador, ya que no se hace reposar el efluente, simplemente permite su flujo hacia la tubería de desfogue.

Ahora bien, para calcular el consumo total de agua, se tomó en cuenta la cantidad de vehículos registrados diariamente para servicio técnico, un promedio de 28, según base de datos del taller (Ver anexo 3) y el tiempo de lavado, resultando 24,76 min/unid, basado en muestras tomadas en la estación del taller y considerando los tres tipos de vehículos que se atienden (Ver anexo 4). En adición, teniendo en cuenta que se utiliza una hidro lavadora profesional KÄRCHER, cuyo caudal máximo según ficha técnica (Ver anexo 5) es de 16,67 l/min; se calculó el consumo de agua por vehículo (l/unid).

**Tabla 1. Consumo de agua por vehículo (l/unid)**

<b>Lavado</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Caudal (l/min)</b>	<b>Consumo agua (l/unid)</b>
Presión	11,84	16,67	197,37
Manual	5,77		20
Enjuague	7,14	16,67	119,02
<b>TOTAL</b>	<b>24,76</b>		<b>336,39</b>

**Fuente: Elaboración propia**

Tomando como base los 28 vehículos diarios que pueden lavarse, se tiene un consumo diario de 9 418,92 litros de agua (26 días laborables por mes). Si se da un porcentaje de exceso, se tiene un consumo medio de 10 m<sup>3</sup> diarios de agua, la cual, posterior a ser utilizada, se descarga al sistema de alcantarillado sin tratamiento previo.

Para evidenciar la presencia de contaminantes potenciales, es necesario realizar una correcta caracterización, para ello, deben identificarse de manera general, los agentes que se mezclan con el agua de lavado. Empezando por los insumos que se requiere añadir, el shampoo aromatizado y detergente Ace, tensoactivos que permiten la remoción de ciertas grasas adheridas a la superficie del auto resultante del servicio técnico, además de grandes cantidades de suciedad como barro pegado de días o lodos de aguas servidas.

Conociendo la composición en cuanto a sustancias del agua residual, se realizó la caracterización propiamente dicha de la misma; ello con el objetivo de cuantificar las concentraciones de los principales parámetros para esta clase de efluentes, los cuales,

según el Ministerio del Ambiente en su DS N°003-2010-MINAM, son los siguientes: PH, temperatura, sólidos totales en suspensión, DQO, DBO<sub>5</sub>, aceites y grasas. [17]

Debido a la situación de pandemia que se vivió, no hubo disponibilidad de laboratorios en la región, por tanto, se optó por tomar como referencia los análisis de muestras tomadas en otras estaciones de lavado. Fueron elegidas 2 estaciones, las cuales hacen uso de los mismos insumos y lavan los mismos tipos de vehículos, realizando un promedio simple para determinar las concentraciones para la investigación. A continuación, se muestran los resultados, siendo contrastados con los VMA brindados por el Ministerio de Vivienda.

**Tabla 2. Concentraciones de los parámetros pre - tratamiento**

PARÁMETRO / CONCENTRACIÓN	E1	E2	Concentración media inicial	VMA
pH	8,78	8,20	<b>8,49</b>	6 - 9
Temperatura (°C)	25,40	22,10	<b>23,75</b>	< 35
SST (mg/l/h)	4 060	4 380	<b>4 220</b>	500
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	2 860	2 910	<b>2 885</b>	500
DQO (mg/l)	4 281	4 300	<b>4 290,50</b>	1 000
Aceites y Grasas (mg/l)	1 084,21	12	<b>12</b>	100

**Fuente:** Elaboración propia basado en (E1) Nor Autos Chiclayo [9], (E2) Pevastar S.A.C. [11] y VMA [6].

De ello se resuelve que la combinación de los tensoactivos más las partículas sólidas y microorganismos, provocan que las concentraciones de los principales parámetros evaluados sean muy elevadas. Por ello, es necesario tanto para poder reutilizar el agua residual como para descargarla al sistema de alcantarillado, un correcto tratamiento previo de la misma.

Cabe resaltar que, la concentración de aceite fue tomada en mínimo, ya que en “E1”, se analizaron muestras del taller de mantenimiento en general, las cuales contienen excesivas grasas por la naturaleza de las actividades; a diferencia de “E2”, en donde se analizaron muestras solo de la estación de lavado.

En base a la caracterización, se realizó la evaluación ambiental inicial, aplicando metodologías para identificar y valorar los impactos ambientales que pueden causar los efluentes residuales al contener los contaminantes identificados. Para la identificación de impactos fue conveniente aplicar el diagrama de flujo, dado que el número de actividades analizadas es bajo y permitió plasmar la información lo más detalladamente posible. (Figura 2)

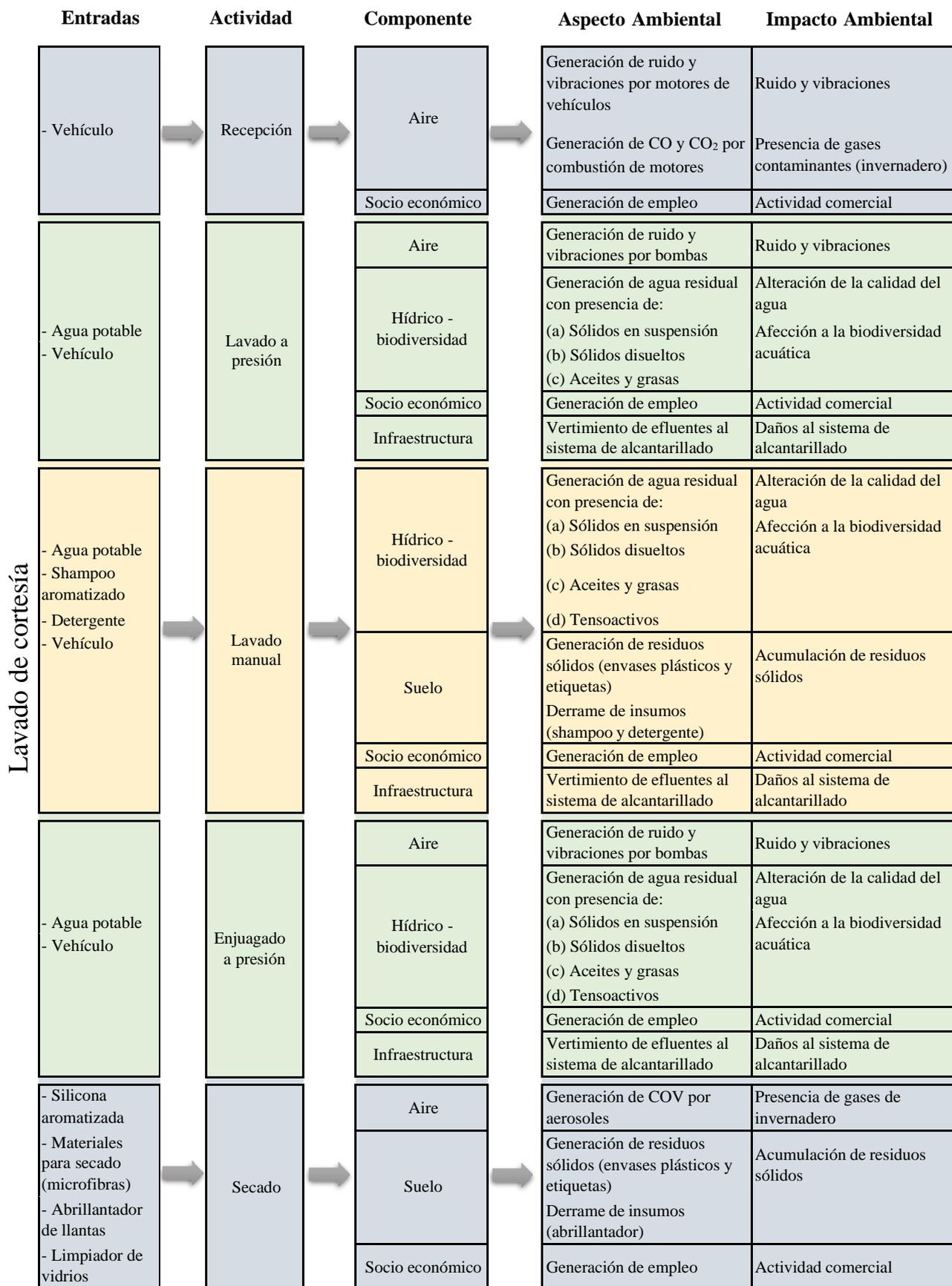


Figura 2. Diagrama de flujo para Identificación de impactos

Fuente: Elaboración propia

Se identificaron 5 impactos ambientales potenciales: Afección a la calidad del aire, suelo, recurso hídrico y biodiversidad, impacto en el ámbito socio económico y afección a la infraestructura pública. Posteriormente, para la valorización de los mismos, se aplicó el Método Conesa – Simplificado, utilizando la matriz CONESA (Ver anexo 6), obteniendo los resultados detallados a continuación:

*Afección a la calidad del aire.*

En principio, causada por la presencia de ondas sonoras y vibraciones, las cuales, dependiendo del grado de intensidad, pueden provocar en los trabajadores desde molestias o estrés, hasta posibles daños al sistema auditivo. [33] En la estación son generados por los motores de autos y las bombas de la hidro lavadora, no obstante, poseen una baja intensidad y son muy tolerables. Para la ponderación se considera una extensión puntual, solo afecta en la estación, un efecto directo y periodicidad continua, durante todo el turno de lavado. Debido a ello, se calculó una importancia de 23 calificada como “Baja”, lo cual indica que la afectación es irrelevante para los fines del proyecto.

Así mismo, la combustión en motores de vehículos y productos utilizados en el secado (aerosoles), afectan también la calidad del aire debido a la presencia de gases de invernadero. No obstante, la afección se presenta al existir una concentraciones elevadas, siendo en este caso una intensidad mínima. Se considera una extensión parcial al ser gases, un efecto directo y periodicidad intermitente ya que su uso es al final de cada lavado. Por ello, se calculó una importancia de 24 calificada como “Baja” (irrelevante).

*Afección a la calidad del suelo.*

Ocasionado por acumulación de residuos sólidos tales como envases plásticos y etiquetas, generados por el uso de detergentes, siliconas, abrillantadores. En este caso, la intensidad del impacto se considera mínima debido a las bajas cantidades generadas y correcta disposición. Se tiene una extensión muy puntual, un efecto directo que se observaría a mediano plazo y posee una periodicidad media. Debido a ello, se calculó una importancia de 22 calificada como “Baja”.

*Afección al recurso hídrico y biodiversidad.*

El impacto más significativo es al recurso hídrico por la alteración de su calidad. Los vertidos contienen contaminantes que elevan las concentraciones de los parámetros principales de caracterización. Un informe emitido por el Grupo de Estudio Técnico Ambiental (GESTA), indica algunas de las consecuencias de encontrarse fuera de rango dichas concentraciones: En cuanto a temperaturas elevadas indica que pueden dar lugar a la proliferación de hongos y plantas acuáticas perjudicando superficies; un aumento en la

DBO puede ocasionar daños directos a la salud ya que indica presencia de microorganismos degradadores, al igual que la DQO. [34].

El pH también juega un rol fundamental ya que, según [35], la mayoría de reacciones metabólicas en organismos requieren de valores muy aproximados a neutros. Además, al generarse agua alcalina, se puede modificar el nivel de toxicidad de otras sustancias debido a la sinergia que puede ocasionar. Es debido a los efectos acumulativos, sinérgicos, directos e inmediatos de estos contaminantes en las aguas residuales, que se llega a calcular una importancia de 74 calificada como “Severa”. Sin embargo, en cuanto a la biodiversidad acuática, dado que las aguas no se descargan directamente a una fuente mayor, se considera una intensidad mínima valorándose la importancia en 20 y siendo clasificada como “Baja” (irrelevante).

*Impacto en el ámbito socio económico.*

Ya que se genera empleo al realizarse estas actividades de lavado, así también promoviendo la actividad comercial y generando competencia entre empresas dedicadas al rubro. Este es un impacto positivo y el método Conesa no lo considera relevante para efectos de estudio y evaluación.

*Afección a la infraestructura pública.*

Al igual que la afección a la calidad del agua, el daño potencial a la infraestructura pública, el sistema de alcantarillado, tiene una importancia considerable, obteniéndose en este caso un puntaje de 59 y requiriendo la aplicación de medidas correctoras o protectoras. El principal factor que afecta el sistema son las grasas y aceites, las cuales se emiten después de haber pasado por afinamiento técnico. Así también, en las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), según [36], se ven afecciones en los tratamientos debido a dichas grasas; estas obstruyen rejillas y forman capas superficiales las cuales incrementan la DQO en un aproximado de 30%, dificultando el proceso de digestión de lodos. Lo mencionado anteriormente, en adición a que las afecciones son directas y acumulativas, dan razón de la importancia calificada como “Severa”.

Evaluación y propuesta del sistema de tratamiento

Una vez determinadas las concentraciones de los contaminantes presentes en el agua residual y los impactos que pueden ocasionar, fueron seleccionados los tratamientos necesarios aplicando una matriz de priorización [30]. Según Gómez [31], algunos de los factores más relevantes a considerar en la evaluación de tratamientos son: (A) Eficiencia de remoción de contaminante, (B) disponibilidad de tecnologías, (C) complejidad de tratamiento, (D) los costos tanto de inversión como de operación y (E) los residuos generados posterior al tratamiento. No obstante, debido a limitaciones de la empresa, también debe considerarse de importancia el factor de (F) área requerida. A continuación, se muestra la ponderación de dichos factores con el objetivo de determinar el orden jerárquico de importancia mediante una matriz de enfrentamiento, la cual establece relaciones entre los mismos.

**Tabla 3. Priorización de factores para tratamientos**

Factores	A	B	C	D	E	F	Conteo	Ponderación
A	-	1	1	1	1	1	5	33,33%
B	0	-	0	1	1	0	2	13,33%
C	0	1	-	0	1	0	2	13,33%
D	0	0	1	-	1	0	2	13,33%
E	0	0	0	0	-	1	1	6,67%
F	0	1	1	1	0	-	3	20,00%
TOTAL							15	100,00%

**Fuente: Elaboración propia**

De la priorización se rescata que los factores principales para la elección del tratamiento son la eficiencia de remoción (33,33%), debido a que lo principal es eliminar la mayor cantidad de contaminantes para poder reutilizar el agua en condiciones aceptables y el área requerida (20,00%), debido a la limitación de área en la empresa. Teniendo en cuenta las consideraciones de ponderación, se realizó la evaluación de tratamientos, tanto pre tratamientos, como primarios, secundarios y terciarios; logrando establecer los más adecuados para la estación (Ver anexo 7).

*Pre tratamiento.* La empresa cuenta con un pre tratamiento de desbaste previo a ser evacuado el efluente al sistema de alcantarillado, cuyas rejillas tienen una separación de barrotes de 30 mm (finos), mediante el cual se remueve principalmente basura, arenas, sólidos medianos y chicos en un porcentaje de 10% de SST [21] y un 10% de DBO<sub>5</sub> y DQO. [31] Adicional a ello se tiene un pozo que hace las veces de sedimentador, sin

embargo, al no existir retención del efluente se considera un porcentaje medio de remoción, esto implica una reducción de 35% de SST, 15% de DQO, DBO<sub>5</sub> y 20% de aceites y grasas. [37]

*Tratamiento primario.* El tratamiento primario seleccionado fue la sedimentación libre, debido a la simplicidad de operación e importancia para mejorar la eficiencia del tratamiento secundario, además de ser los más utilizados al centrarse básicamente en la remoción eficiente de sólidos totales y su carga asociada por asentamiento. [38] Se prefiere antes que la sedimentación acelerada puesto que se dispone de tiempo suficiente en la jornada laboral y no se requiere de insumos adicionales. Así mismo, a diferencia de los tanque Imhoff, no requiere del proceso adicional de digestión de lodos, lo que le hace un proceso físico más simple. Se permite una reducción de hasta un 70% de SST y un 40% de DBO<sub>5</sub> y DQO; también reduce turbiedad y hasta un 50% de carga bacteriana. [21]

*Tratamiento secundario.* En su mayoría son biológicos, requiriendo de tiempos prolongados de operación, control de variables como la temperatura de proceso, cargas bacterianas y está sujeto a biodisponibilidad. [31] No obstante, también se emplean métodos físico-químicos, tal es el caso de la coagulación-floculación, elegida principalmente por la capacidad de remoción de materia orgánica en cortos tiempos de operación, debido a la acción de un coagulante, el cual desestabiliza y hace sedimentar rápidamente a las mismas. [21] También es ampliamente utilizado en la clarificación y remoción de fosfatos de aguas residuales; según un estudio experimental con este tipo de efluentes, se evidencia la capacidad de remoción de un 98% de SST y 94% de DBO<sub>5</sub> y DQO, ello con una sedimentación previa. [39] De acuerdo a Metcalf & Eddy [37] en [11], estos equipos también remueven materiales flotantes, como aceites y grasas hasta un 40%.

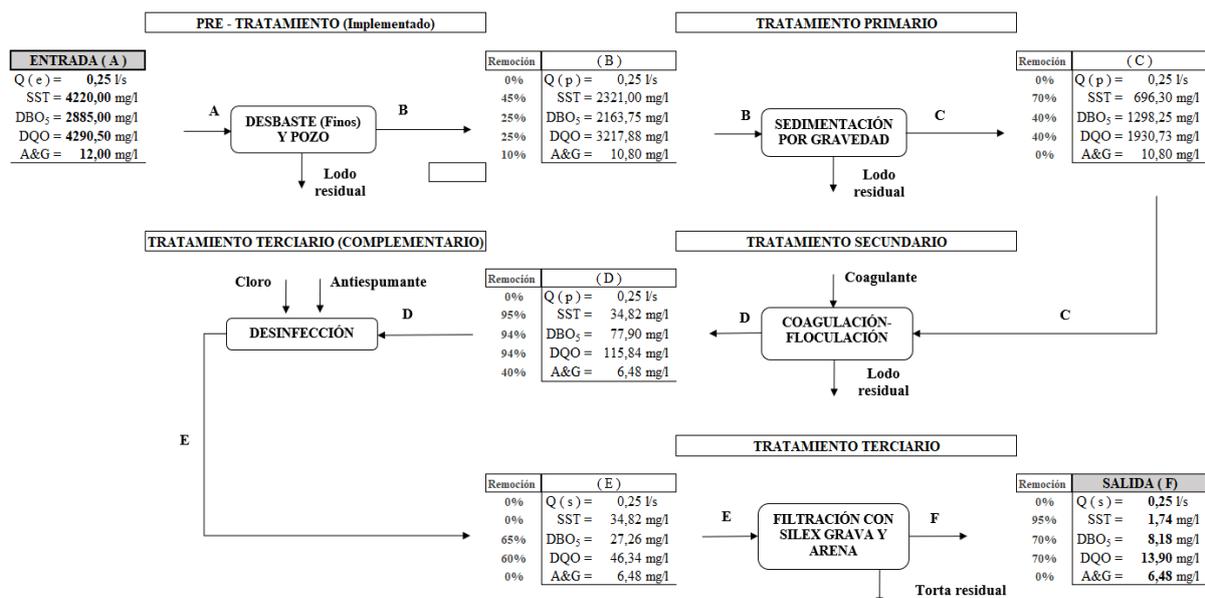
*Tratamiento terciario.* Los principales se basan en la filtración, siendo las más eficientes aquellas que utilizan tecnologías de membrana o carbón activado en caso de purificación, no obstante, acarrear costos de adquisición y mantenimiento elevados. [40] También es posible implementar filtros de grava, arena y sílex, tratamiento seleccionado. Su uso es recomendado en áreas limitadas, localizados comúnmente posterior a una coagulación o tratamiento biológico que optimice su funcionamiento. [38] En operación, estas unidades logran remover hasta un 70% de DBO<sub>5</sub> y DQO, 95% de SST, 99% de bacterias y un 98% de turbiedad [21]; lo que incluye coloides, biomasa e impurezas. [41]

En adición, debido a que el agua será reutilizada, es de suma importancia reducir al mínimo los organismos patógenos con el fin de elevar su calidad bacteriológica [42]; es por ello que se consideró también una desinfección, no obstante, esta se llevará a cabo

previo a la filtración para mejorar el desempeño de la unidad filtrante. El tipo de desinfección elegido utiliza cloro granular (hipoclorito de calcio) como insumo ya que, además de ser económico y fácilmente disponible, es un agente con alto grado de toxicidad para organismos patógenos y cargas bacterianas. Este actúa evitando su reproducción y matando por oxidación. [43] Según FONAM, dicha desinfección ayuda en remoción de grasas, control de insectos en filtros, remoción de  $H_2S$  y  $NH_3$  y control de películas biológicas en el sistema de alcantarillado. Según Metcalf & Eddy [37] en [44] la eficiencia de remoción de  $DBO_5$  y DQO son 65% y 60% respectivamente, ello gracias a la reducción de la carga bacteriana en un 99,90%, lo que hace un agua más apta para reutilización. [21]

Ya establecidos los tratamientos a implementar, se determinó la capacidad máxima del sistema mediante el pronóstico de los efluentes, es decir, hasta cuanto podrían incrementar las atenciones en el taller, en consecuencia, el volumen de los efluentes generados. Para ello, se debe tener en cuenta que la empresa no piensa aumentar la capacidad de la estación de lavado del taller debido a que, si no se culminan las actividades planificadas o incrementa el número de clientes, se tiene otra sede que puede recibir los vehículos faltantes y brindarles los servicios correspondientes.

Entonces, según los cálculos realizados anteriormente, se estima un volumen de agua residual a tratar de 9 418,92 litros; un caudal máximo de  $10 \text{ m}^3/\text{día}$  ( $0,25 \text{ l/s}$ ), con el cual se procedió a realizar el balance correspondiente para determinar las concentraciones finales de los parámetros del efluente tratado. (Ver anexo 8)



**Figura 3. Balance de masa**

Fuente: Elaboración propia.

Se estima que posterior al sistema propuesto, resulta un agua tratada con valores de carga contaminante muy por debajo de lo establecido por la normativa. No obstante, ya que no solo se verterán al sistema de alcantarillado, sino serán reutilizadas, estas aguas deben ser aptas para dicho propósito. Al no existir una normativa que indique los parámetros exactos de calidad de agua para reúso en lavado de vehículos, se tomaron como base los ECA del agua, específicamente para uso recreativo, los cuales se encuentran plasmados en la subcategoría B (B1-B2), contacto primario y secundario. Además, al haberse aplicado una desinfección, se prevé un agua libre de bacterias patógenas y apta para ser reutilizada directamente en el mismo tipo de actividades. Cabe resaltar que, en ningún caso, estas aguas tratadas deben ser consumidas.

**Tabla 4. Concentraciones de los parámetros post - tratamiento**

<b>PARÁMETRO / CONCENTRACIÓN</b>	<b>VMA para descarga</b>	<b>Concentración final</b>	<b>ECA del agua (Subcategoría B2)</b>
pH	6 - 9	<b>8,49</b>	6 - 9
Temperatura (°C)	< 35	<b>23,75</b>	< 35
SST (mg/l/h)	500	<b>1,74</b>	25
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	500	<b>8,18</b>	10
DQO (mg/l)	1 000	<b>13,9</b>	50
Aceites y Grasas (mg/l)	100	<b>6,48</b>	Ausencia de película visible

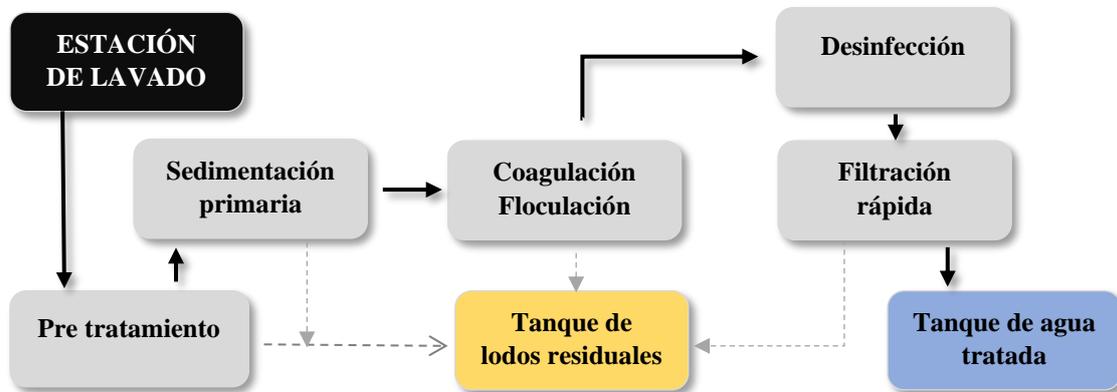
**Fuente: Elaboración propia basado en [6], [17], [45]**

Ya establecidos los tipos de tratamiento a aplicar, se evidencia la correcta remoción de contaminantes en un 95,88% de SST, 71,65% de DBO<sub>5</sub>, 67,60% de DQO y un 46% de A&G, valores óptimos para la reutilización del efluente. Posteriormente, se procede a determinar los equipos necesarios para su ejecución, describiendo sus características principales tales como dimensiones, tiempos de operación e insumos requeridos. Para ello, se contactó a una empresa especialista en venta, instalación, mantenimiento y servicio técnico de equipos, sistemas y plantas de tratamiento de aguas; la cual facilitó las fichas técnicas de la maquinaria y equipos solicitados por el investigador. (Ver anexo 9) Siguiendo la secuencia determinada de los tratamientos, se tendría un flujo del efluente de acuerdo al diagrama mostrado en la Figura 4.

Para el tratamiento primario, que consta de una sedimentación libre es necesario un sedimentador o decantador y una bomba para el flujo de agua.

*Sedimentador.* Este tanque se localizará bajo el nivel del suelo, de concreto armado con capacidad de 10 m<sup>3</sup> y se dividirá en dos partes (5 m<sup>3</sup> cada sección), debido a que también actuará como tanque de almacenamiento. La entrada será por medio de tubería,

posterior al pozo de pre sedimentación y la salida será por medio de manguera impulsada por una bomba sumergible hacia el mezclador de coagulación. El tiempo de sedimentación varía entre 4 a 5 horas y no requiere insumos adicionales.



**Figura 4. Diagrama de flujo del efluente**

**Fuente:** Elaboración propia

*Bomba sumergible.* Para el flujo de aguas entre fases del tratamiento se tiene una electrobomba sumergible de 0,8 hp que puede trabajar hasta 300 l/min y cuyo uso puede darse en el ámbito doméstico o industrial. [46] Dicha bomba trabajará solo cuando un tratamiento haya finalizado (sedimentación y coagulación-floculación) para transportar el efluente hacia la siguiente fase.

Posteriormente, para el tratamiento secundario, es necesario un tanque para la mezcla del insumo correspondiente con el efluente del sedimentado y otra bomba sumergible para el vaciado y transporte del efluente resultante.

*Tanque mezclador.* Se cotizó un mezclador de latón recubierto con pintura epoxi con capacidad de 1 m<sup>3</sup>, ello debido al tiempo de operación requerido para esta etapa, el cual, si bien debe ser determinado experimentalmente, varía de 5 a 45 minutos. El tanque incluye un agitador impulsado por un motorreductor de 2 hp para la mezcla con el coagulante-floculante. La salida es bajo la misma modalidad del decantador (bomba sumergible). El insumo requerido es el sulfato de aluminio, un agente económico y sumamente efectivo en la remoción de sólidos suspendidos, materia orgánica y otros parámetros como turbiedad, color y tensoactivos. Al igual que el tiempo de proceso, la dosis requerida varía con el tipo de efluente y se determina experimentalmente (método de jarras in situ). [47]

Para el pre tratamiento terciario de desinfección, es necesario un tanque para la mezcla del efluente de la coagulación con el cloro, el cual es el insumo principal de dicha etapa, además del antiespumante.

*Tanque para desinfección.* El tanque designado a esta fase está hecho de polietileno y tiene una capacidad máxima de  $1,1 \text{ m}^3$ . En este se llevará a cabo el mezclado del efluente de coagulación-floculación con el cloro granulado y un antiespumante, con el objetivo de optimizar el funcionamiento de la fase siguiente. El tiempo de mezcla es de 30 minutos y la salida es por tubería hacia el filtro Sílex.

Se tienen dos insumos, siendo el cloro granulado (hipoclorito de calcio 65% - 70%) el principal agente oxidante, este tiene usos en la destrucción de efluentes cianurados, desodorización de efluentes industriales y desinfección de aguas residuales. La dosis debe ser calculada experimentalmente, controlando y evitando la formación de cloro residual. [48] Adicional a este, se trabaja con el antiespumante AQUA 165, un agente químico enfocado en actividades polifuncionales con funciones de secuestrador de oxígeno, anticorrosivo y acondicionador de lodos. De igual manera, la dosis óptima será determinada mediante la evaluación de las características físicas del efluente a tratar. [49]

Finalmente, para el tratamiento terciario de filtración, se requiere de un filtro sílex con grava y arena, el cual debe incluir como fuerza motora otra bomba para el flujo del agua hasta el tanque de almacenamiento final de agua tratada.

*Filtro Sílex.* Equipo de cuerpo construido en poliéster, reforzado con fibra de vidrio y con lecho filtrante multicapa de sílex, arena y grava. Posee un controlador digital programable para ciclos de lavado, la operación es en flujo continuo con un caudal máximo de  $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ; ello hace que se logren tratar los  $10 \text{ m}^3$  en 7 horas promedio. El equipo incluye su bomba de 2 hp que permitirá la alimentación del equipo y el flujo cíclico del agua tratada.

El flujo de agua entre fases se realizará por medio de tuberías de PVC de diferentes diámetros, las cuales vienen incluidas en un kit de tuberías brindado por la empresa. También se hará uso de mangueras, en el caso de la fase de sedimentación y coagulación-floculación, las cuales se incluyen en el equipo de bomba sumergible. En caso de los lodos residuales y torta de filtración, estos deben ser dispuestos y almacenados correctamente en un tanque para lodos residuales, en espera de ser recogidos por una empresa operadora de residuos sólidos, la misma con la que ya se trabaja para el manejo de los lodos residuales del desbaste y pre sedimentación. La distribución de los mismos se observa en el plano propuesto por el investigador. (Ver anexo 10)

### Análisis de costos, beneficios y ambiental

El sistema propuesto para la investigación acarrea costos tanto de la misma inversión, como de operación y gastos administrativos (Tabla 5). En cuanto a los primeros, la inversión en que se incurre se detalla en el Anexo 9 incluyendo inversión tangible e intangible, especificándose los costos de maquinaria y equipos, construcción, instalación y puesta en marcha del sistema y las capacitaciones al personal, necesarias para un correcto manejo del mismo. Cabe resaltar que esta inversión será solo en el primer año.

Seguido, los costos de operación, para los cuales se deben tener en cuenta ciertas consideraciones como los permisos de funcionamiento, el costo para tratar el agua respecto a la energía utilizada, consumo de los insumos necesarios y el tratamiento de los lodos generados. Estos se detallan a continuación:

*Permiso de funcionamiento.* Debido a la naturaleza de las excavaciones y construcciones a realizar, la implementación del sistema no se considera como una edificación, incurriendo en la categoría A de otorgamiento de licencias de edificación vigente, la cual se expide automáticamente a sola firma [50]. No obstante, para la reutilización del agua sí es indispensable el permiso otorgado por el ANA (Reúso de agua residual tratada), implicando un costo de S/423,86 el derecho e incrementando a S/500 por trámites documentarios. Cabe resaltar que este permiso es único y se renueva cada 5 años. [51]

*Costo de tratamiento de efluente.* Para un cálculo más preciso se calculó el consumo de energía del sistema en kW.h, resultando S/15 por tratar los 10 m<sup>3</sup> diarios; ello permite saber que se incurre en un costo de S/1,5 por cada m<sup>3</sup> tratado. Para facilitar la elaboración del flujo de caja posterior, se optó por considerar los costos en un año, por tanto, resulta un total de S/4 680 anualmente.

*Costo de insumos.* El primer insumo a considerar es el sulfato de aluminio (coagulante): Se requieren 1 560 kg por año, consiguiéndose en presentación de bolsa de 25 kg a S/100 la bolsa y representando un costo anual de S/6 240. Seguido, el hipoclorito de calcio al 70% o cloro granular: Se requieren 31,2 kg por año, consiguiéndose en presentación de balde de 18 kg a S/320 el balde y representando un costo anual de S/554,67. Como insumo final se tiene al antiespumante AQUA 165: Se requieren 46,8 kg por año, consiguiéndose en presentación de envase de 20 kg a S/360 el envase y representando un costo anual de S/824,4. En total, los tres insumos acarrearán un costo anual de S/7 637,07.

*Costo de tratamiento de lodos residuales.* Los lodos generados diariamente en el sistema son un total de 35,71 kg, los cuales, según [10], pueden ser tratados por la empresa operadora de RS Eco vive SAC a S/1 por cada kg. Lo mencionado representa un costo total anual de S/11 141,52.

Culminando con los costos, se encuentran los gastos administrativos, es decir, el pago al factor humano necesario para operar el sistema, siendo requeridos un operario para la planta de tratamiento (PTAR) y un ayudante. El primero recibe un sueldo de S/1 500 al mes, más sus beneficios (Essalud, gratificaciones, bonificación extra, vacaciones y CTS) que ascienden a S/406. Por otro lado, el ayudante percibe un sueldo de S/1 000 al mes, más S/272 en beneficios. Ello representa un gasto anual de S/38 136. (Ver anexo 11)

**Tabla 5. Costos anuales PTAR**

<b>DETALLE ANUAL</b>	<b>Costo (S/.)</b>
<b>COSTOS DE INVERSIÓN (*)</b>	
Equipos y accesorios	S/ 35 200,00
Insumos (5 aplicaciones)	S/ 1 200,00
Instalación y puesta en marcha	S/ 2 700,00
Capacitaciones y asesorías	S/ 400,00
GRAN TOTAL	S/ 39 500,00
DESCUENTO (5%)	S/ 1 975,00
SUBTOTAL	S/ 37 525,00
IGV (18%)	S/ 6 754,50
<b>VALOR TOTAL</b>	<b>S/ 44 279,50</b>
<b>COSTOS OPERATIVOS</b>	
Permisos para funcionamiento (*)	S/ 500,00
Tratamiento de efluente (energía)	S/ 4 680,00
Insumos	S/ 7 637,07
Disposición de lodos (Operadora)	S/ 11 141,52
Imprevistos (10%)	S/ 2 395,86
<b>VALOR TOTAL</b>	<b>S/ 26 354,45</b>
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>	
Personal para PTAR	S/ 38 136,00
<b>VALOR TOTAL</b>	<b>S/ 38 136,00</b>

(\*) Solo en el primer año

**Fuente: Elaboración propia.**

Para compensar los costos, el sistema también trae consigo beneficios de diferentes índoles para la empresa, siendo identificados tres principales: El ahorro en agua, ahorro en multas y un cobro por el lavado (Tabla 6). Los beneficios se detallan a continuación:

*Ahorro – Consumo de agua.* Actualmente la empresa consume 244,9 m<sup>3</sup> al mes de agua potable, el cual se puede ver reducido gracias al sistema de reutilización propuesto. Según la Guía española de buenas prácticas en lavado de vehículos [52], el sistema permitiría una reutilización del 85% de agua, la cual se recomienda utilizar al aplicar detergentes y neumáticos; es por ello, que se utilizará en las etapas de lavado a presión y manual (Figura 1). Al realizar dicha modificación, el consumo de agua potable disminuiría a 86,6 m<sup>3</sup> mensuales, que corresponde a una reducción del 64,6%; así como sus costos mensuales de S/1 416,43 a S/441, representando un ahorro anual de S/11 701,22.

*Ahorro – Multas y/o penalidades.* La penalidad por exceso de los VMA en descargas al alcantarillado es dada por la SUNASS en la Resolución de Consejo Directivo N°011-2020-SUNASS-CD. [53] En ella se plasma la metodología para el cálculo de la sanción en términos monetarios, ascendiendo en este caso a S/5 107,83. Cabe resaltar que se considera una multa solo en el primer año, dado que, de no regular sus parámetros posterior a ello, se procede a una clausura temporal y/o permanente de las instalaciones.

*Porcentaje de ganancia – Concepto de mantenimiento de instalación.* La empresa tiene conocimiento de las tendencias del mercado en orden de salvaguardar el medio ambiente, así como del uso de tecnologías para la reutilización del agua. Por tanto, se está en la capacidad de asignar un porcentaje de la ganancia por los repuestos comunes utilizados en los mantenimientos preventivos, menor al 5%, para cubrir los costos de las instalaciones. Ello le brindará cierto prestigio a la marca y la posibilidad de optar por una certificación ISO ambiental. (Ver anexo 11)

**Tabla 6. Beneficios anuales PTAR**

<b>DETALLE ANUAL</b>	<b>Costo (S/.)</b>	
<b>B1 - AHORRO AGUA</b>		
Ahorro por reutilización	S/	11 701,22
<b>VALOR TOTAL</b>	<b>S/</b>	<b>11 701,22</b>
<b>B2 - AHORRO MULTAS</b>		
Ahorro en penalidad por exceso en VMA (*)	S/	5 107,83
<b>VALOR TOTAL</b>	<b>S/</b>	<b>5 107,83</b>
<b>B3 – GANANCIA REPUESTOS (&lt;5%)</b>		
Porcentaje de ganancia (4%)	S/	86 603,46
<b>VALOR TOTAL</b>	<b>S/</b>	<b>86 603,46</b>

(\*) Solo en el primer año

Fuente: Elaboración propia.

Habiendo determinado los costos a incurrir y los beneficios generados al implementar un sistema de tratamiento para la reutilización, se realiza el flujo de caja. Dicha herramienta permite apreciar de mejor manera los ingresos y egresos anuales, en este caso, para un periodo de 5 años. Además, permite determinar al término del periodo, la relación beneficio costo para evidenciar la viabilidad económica de la propuesta.

**Tabla 7. Flujo de Caja**

<b>PERIODO (2022-2026)</b>						<b>Valor Actual (VAN) (S/.)</b>
<i>Detalle</i>	<i>2022</i>	<i>2023</i>	<i>2024</i>	<i>2025</i>	<i>2026</i>	
<b>Ingresos (Beneficios) (S/.)</b>						
Ahorro por reutilización de agua	11 701,22	11 701,22	11 701,22	11 701,22	11 701,22	
Ahorro en penalidad por exceso en VMA	5 107,83	-	-	-	-	
Porcentaje de ganancia por repuestos (4%)	86 603,46	86 603,46	86 603,46	86 603,46	86 603,46	
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>103 412,51</b>	<b>98 304,68</b>	<b>98 304,68</b>	<b>98 304,68</b>	<b>98 304,68</b>	<b>429 010,09</b>
<b>Egresos (Costos) (S/.)</b>						
Costos de inversión	44 279,5	-	-	-	-	
Costos operativos	26 354,45	25 854,45	25 854,45	25 854,45	25 854,45	
Gastos administrativos	38 136	38 136	38 136	38 136	38 136	
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>108 769,95</b>	<b>63 990,45</b>	<b>63 990,45</b>	<b>63 990,45</b>	<b>63 990,45</b>	<b>320 714,43</b>
<b>FLUJO DE CAJA OPERATIVO</b>	<b>- 5 357,44</b>	<b>28 956,80</b>	<b>34 314,23</b>	<b>34 314,23</b>	<b>34 314,23</b>	

**Fuente: Elaboración propia.**

Se tiene un VAN de costos de S/320 714,43 y de beneficios en S/429 010,09, los cuales son fundamentales para establecer la relación B/C. Aplicado el cálculo, el cociente entre ellos resulta 1,34, lo cual indica que por cada sol invertido se obtienen S/0,34 de ganancia, evidenciando así, la viabilidad económica del proyecto.

Para culminar la investigación, se realizó nuevamente la valoración de impactos ambientales modificando la matriz CONESA inicial. Los cambios principales se dan en el factor intensidad (IN), logrando reducir la importancia de los principales impactos, alteración de la calidad del agua a 36 y los daños al sistema de alcantarillado a 41, representando una reducción de 51,35% y 30,51% respectivamente y mejorando su clasificación de “Severo” a “Moderado”. (Ver anexo 12) Lo mencionado evidencia la disminución de la contaminación del recurso hídrico.

## *Discusiones*

Respecto a la generación de aguas residuales, el volumen diario vertido por la estación de lavado del taller Interamericana se calculó en promedio  $10 \text{ m}^3$ , el cual resulta ser superior a los de un servicentro común, tal es el caso del investigado por Fernández [10], el cual genera tan solo  $2,83 \text{ m}^3$ , lavando el mismo tipo de vehículos e inferior al generado por un concesionario similar Nor Autos [9], que resulta ser de  $15,2 \text{ m}^3$ ; no obstante, este último incluye camiones en su lavado. Así mismo, la concentración de contaminantes promedio para esta investigación resulta ser mayor a las de [10], cuyos parámetros críticos fueron SST ( $1\ 265,28 \text{ mg/l}$ ) y DQO ( $1\ 333,28 \text{ mg/l}$ ); ello se debe a que, en este último caso, las muestras fueron recolectadas posterior a las rejillas de desbaste y pozo de pre sedimentación.

El gobierno español en su proyecto MinAqua [52], afirma que este tipo de agua residual tiene en su composición contaminantes específicos como hidrocarburos y detergentes, los cuales pueden tener impactos negativos en aguas receptoras o, si se dirigen estaciones depuradoras de aguas residuales, pueden afectar a los procesos y la calidad de los lodos. En específico, los tensoactivos se consideran agentes nocivos para el ambiente y los humanos debido a su bioacumulación y permanencia [8]; estos son difícilmente removidos en las PTAR. [54]. Por ello la necesidad de eliminar o reducir desde la fuente las cargas contaminantes con el fin de aminorar la contaminación hídrica.

En cuanto a los tratamientos seleccionados, sus eficiencias de remoción pueden ser cotejadas con diferentes investigaciones. Existen estudios que demostraron el potencial de la coagulación floculación para remoción de tensoactivos en 92% [55], turbidez en 96% [56], SST en 98% y materia orgánica DBO y DQO en 94% [39]. En adición, un estudio comparativo de procesos de desinfección, evidencia que el uso de hipoclorito de calcio no solo permite un ahorro económico, sino también una mayor remoción de organismos patógenos. [25]

Los tratamientos propuestos dotan al efluente residual con las características y calidad suficientes para su reutilización. Para evidenciar lo mencionado no existe una normativa específica que indique los parámetros exactos de calidad de agua para reúso en lavado de vehículos, por ello, se tomaron como base los ECA del agua, específicamente para uso recreativo, los cuales se encuentran plasmados en la subcategoría B (B1-B2), contacto primario y secundario. Si bien consideran casi todos los parámetros, el rubro de aceites y grasas “no aplica” para esta categoría, solo considera ausencia de partícula visible. No

obstante, según el valor obtenido se encuentra dentro del rango D1 y D2, agua para riego y bebida de animales. [45]

En lo que concierne a los costos de inversión netos se obtuvo un valor similar al de Ahmad *et. al* [26], el cual ascendió a la suma de S/41 140,41; algo menor al de la presente investigación dado que no se aplicaron los tratamientos de sedimentación y desinfección. Aun así, se obtuvo una relación B/C mayor a la unidad, con un valor muy cercano al calculado por [10] de 1,36, pero menor en relación al 1,46 obtenido por Flores [9], quien aplicó una remoción por electrocoagulación. Finalmente, si bien la importancia de los principales impactos identificados se vio reducida, ello trajo consigo un incremento en la generación de residuos sólidos, en este caso denominados lodos residuales. No obstante, son correctamente dispuestos tal como se indica en la guía de buenas prácticas española [52], siendo recogidos por un gestor autorizado de residuos, el cual, en su caso modelo cobra una tarifa equivalente a S/ 0,5 el kg de lodo.

## **Conclusiones**

Se resuelve entonces que, el sistema de tratamiento de aguas residuales permite aminorar la contaminación hídrica generada en la estación de lavado, gracias a dos principales factores: Una reducción de 64,6% de agua potable utilizada, generando un menor volumen de vertidos y la remoción de carga contaminante, lo que reduce el valor de importancia de los principales impactos ambientales.

Se diagnosticó el manejo actual de las aguas residuales en la estación, determinando que se vierten hasta 10 m<sup>3</sup> diarios de efluente al sistema de alcantarillado, siendo el lavado y enjuague a presión, las dos etapas que mayor volumen de agua consumen. Dichos vertidos poseen altas concentraciones de SST, DBO<sub>5</sub> y DQO, los cuales sobrepasan los VMA normados y afectan principalmente a la calidad del recurso hídrico y al sistema de alcantarillado.

La evaluación para la selección de tratamientos se realizó priorizando los factores de eficiencia de remoción de carga contaminante y área requerida, determinando como secuencia el desbaste y pozo que se tienen implementados actualmente, seguido de una sedimentación primaria, coagulación floculación como tratamiento secundario, una desinfección como pre tratamiento terciario y un filtrado rápido final con sílex, grava y arena. Dichas fases, logran reducir la carga contaminante en un 95,88% de SST, 71,65%

de DBO<sub>5</sub>, 67,60% de DQO y un 46% de A&G, disminuyendo las concentraciones a valores adecuados para reutilizar el efluente.

Se realizó el análisis de costos y beneficios para un periodo de 5 años, calculándose un factor B/C de 1,34, evidenciando la viabilidad económica del proyecto. Finalmente, la nueva evaluación ambiental demuestra que la importancia de las afecciones al recurso hídrico y a la infraestructura pública se ve reducida en 51,35% y 30,51% respectivamente, mejorando sus clasificaciones de “Severas” a “Moderadas” y evidenciando la viabilidad ambiental del mismo.

### **Recomendaciones**

Evaluar la posibilidad de reemplazar los detergentes empleados en el lavado, por otros insumos eco amigables, por ejemplo, shampoo biodegradable, debido que los tensoactivos son uno de los principales causantes de la alteración de la calidad de los efluentes.

Indagar sobre tratamientos biológicos o de ultra y nano filtración, que permitan el tratamiento de los efluentes generados, sin hacer uso de insumos aplicados en los tratamientos físico-químicos.

Explorar alternativas eficientes para la valorización de lodos residuales, dado que son los principales residuos generados en el proceso y actualmente, solo se disponen a un operador de residuos.

## Bibliografía

- [1] Ruta 401, «Manual de gestión de residuos en talleres mecánicos. ¿Qué debes saber?,» Loctite Teroson, [En línea]. Available: <https://blog.reparacion-vehiculos.es/residuos-en-el-taller-sabes-como-gestionarlos>. [Último acceso: 7 Octubre 2020].
- [2] CEGESTI, «Las 3 R's de la Gestión Integral de Residuos,» CEGESTI, San José, 2018.
- [3] C. Brown, «Water Conservation in the Car Wash Industry,» International Carwash Association, Texas, 2002.
- [4] Earth 911, «Earth 911 - How New Car Wash Technology Saves Water,» 2 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://earth911.com/eco-tech/water-conservation-and-car-washing/>. [Último acceso: 8 Octubre 2020].
- [5] Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), «Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales,» MINAM, Lima, 2014.
- [6] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «Decreto Supremo N°010-2019-VIVIENDA,» El Peruano, Lima, 2019.
- [7] Interamericana Norte S.A.C., «Interamericana,» [En línea]. Available: <https://interamericananorte.com/nosotros/>. [Último acceso: 5 Octubre 2020].
- [8] J. Reinoso, C. Serrano y D. Orellana, «Contaminantes emergentes y su impacto en la salud,» *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas*, vol. 35, n° 12, 2017.
- [9] M. Flores, «Propuesta de un sistema de tratamiento para la reutilización de aguas residuales generadas en el servicio de lavado del concesionario Nor Autos Chiclayo S.A.C.,» Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo - USAT, Chiclayo, 2015.
- [10] J. Fenández, «Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales del servicentro San Miguel para minimizar el impacto ambiental sobre las fuentes de agua,» Univeridad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2019.
- [11] F. Astonitas, «Propuesta de un sistema de tratamiento de agua residual en la empresa Pevastar S.A.C. para disminuir el impacto ambiental,» Univeridad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2018.
- [12] A. Brack. y C. Mendiola, *Ecología del Perú*, Lima: Bruño, 2003.
- [13] Lenntech, «Lenntech,» FAQ sobre agua potable, [En línea]. Available: <https://www.lenntech.es/faq-contaminacion-agua.htm>. [Último acceso: 3 Noviembre 2020].
- [14] MINAM, «Ley General del Ambiente - Ley N°28611,» MINAM, Lima, 2005.

- [15] M. Espigares, J. Pérez y R. Gálvez, Aspectos Sanitarios del Estudio de Aguas, Granada: Universidad de Granada, 1985.
- [16] B. Lye, «WET - Washing Equipment of Texas,» 15 Junio 2017. [En línea]. Available: <https://www.wet-inc.com/what-are-the-different-types-of-car-washes/>. [Último acceso: 2 Noviembre 2020].
- [17] MINAM, «Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales,» *El Peruano*, pp. 415675-415676, 17 Marzo 2010.
- [18] ANA, «Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos - Ley N°29338,» MINAGRI, Lima, 2010.
- [19] G. Fair, J. Geyer y D. Okun, Water and wastewater engineering, Nueva York: J. Wiley, 1966.
- [20] A. Fernández, P. Letón, R. Rosal, M. Dorado, S. Villar y J. Sanz, «Informe de Vigilancia Tecnológica - Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales,» Elecé Industria Gráfica, Madrid, 2006.
- [21] Fondo Nacional del Ambiente , «Oportunidades de Mejoras Ambientales por el Tratamiento de Aguas Residuales en el Perú,» FONAM, Lima, 2010.
- [22] B. Dash y J. Nanda, «Car wash treatment using Eichhornia Crassipes,» Siksha O Anusandhan University, Odisha, 2019.
- [23] D. Ucar, «Membrane processes for the reuse of car washing wastewater,» *Water Reuse and Desalination*, vol. 8, n° 2, pp. 169-175, 2018.
- [24] A. Al-Gheeti, R. Mohamed, M. Rahman, M. Johari y A. Kassim, «Treatment of Wastewater From Car Washes Using Natural Coagulation and Filtration System,» *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, n° 136, 2016.
- [25] L. Velandia, J. De Plaza y D. Pulgarín, «Análisis comparativo del componente administrativo y los procesos de desinfección utilizados en dos plantas de tratamiento de agua potable,» *Inventum*, vol. 14, n° 2, pp. 78-88, 2019.
- [26] J. Ahmad., M. Umar, S. Shujat, M. Amaduddin, K. Akhtar, F. Shah y A. Hussain, «Design of a car wash waste water treatment process for local car wash stations,» *Journal of Pakistan Institute of Chemical Engineers*, vol. 45, n° 2, pp. 83-95, 2017.
- [27] J. Keller, «Modern Car Care,» Julio 2007. [En línea]. Available: <http://www.kingcarwash.org/watersavers.pdf>. [Último acceso: 5 Noviembre 2020].
- [28] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia, «Instructivo para la toma de muestras de aguas residuales,» IDEAM, Bogotá, 2007.

- [29] UMB, *Videoclase. Metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental*, Cajicá: Programas Ambientales UMB Virtual, 2019.
- [30] J. Vilar, F. Fermín y M. Tejero, *Las 7 nuevas herramientas para la mejora de la calidad*, Madrid: Fundación Confemetal, 1997.
- [31] C. Gómez, *Manejo de aguas residuales en pequeñas comunidades*, Bogotá: UNAD, 2012.
- [32] J. Meza, *Evaluación financiera de proyectos*, Bogotá: Ecoe Ediciones, 2013.
- [33] Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F., «Contaminación por ruido y vibraciones: Implicaciones en la salud y calidad de vida de la población urbana,» PAOT, CDMX, 2005.
- [34] DIGESA - GESTA Agua, «Parámetros Organolépticos,» MINSA, Lima, 2001.
- [35] California Water Boards, «Waterboards,» [En línea]. Available: [https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf). [Último acceso: 1 Mayo 2021].
- [36] Aguamarket, «Aguamarket,» 31 Marzo 2009. [En línea]. Available: <https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=3757&termino=grasas%2C+problemas+de+operaci%F3n+en+ptar>. [Último acceso: 1 Mayo 2021].
- [37] Metcalf & Eddy, INC., *Ingeniería de Aguas Residuales - Tratamiento, vertido y reutilización*, Madrid: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA S.A., 1996.
- [38] Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico , «Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS - 2000 (Título E Tratamiento de Aguas Residuales),» Ministerio de Desarrollo Económico, Bogotá, 2000.
- [39] S. Carrasquero, K. Terán, M. Mas y Rubi, G. Colina y A. Díaz, «Evaluación de un tratamiento fisicoquímico en efluentes provenientes del lavado de vehículos para su reutilización,» *Impacto Científico*, vol. 10, n° 2, pp. 122-139, 2015.
- [40] Salher Ibérica, «iAgua,» 22 Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://www.iagua.es/noticias/salher-iberica/ultrafiltracion-conoce-tratamiento-aguas-mediante-tecnologia-membranas>. [Último acceso: 29 Junio 2021].
- [41] Filtomat Water Systems ®, «FWS Soluciones y Tecnologías en Aguas,» [En línea]. Available: <https://www.f-w-s.com/filtros-industriales/filtro-multimedia/filtro-arena-agua-solidos.html>. [Último acceso: 7 Setiembre 2021].
- [42] MINAM, «Norma OS.090,» *El Peruano*, pp. 84-104, 23 Mayo 2006.

- [43] Genesis Water Tech, «GÉNESIS WT,» 16 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://es.genesiswatertech.com/blog-post/pros-and-cons-of-wastewater-treatment-methods-coagulation-disinfection/>. [Último acceso: 7 Setiembre 2021].
- [44] CIGEA, «Metodología para la evaluación aproximada de la carga contaminante,» Agencia del Medio Ambiente., La Habana, 1998.
- [45] MINAM, «Aprueban Estándares de Calidad Ambiental,» *El Peruano*, pp. 10-19, 7 Junio 2017.
- [46] Auto Solar, «Auto Solar,» [En línea]. Available: <https://autosolar.pe/bombas-sumergibles-220v-monofasica/bomba-sumergible-pedrollo-4sr25g-1hp-monofasica>. [Último acceso: 15 Setiembre 2021].
- [47] Silicatos y Derivados S.A. de C.V. (SIDESA), «Sulfato de Aluminio,» PQ Corporation, Tlalnepantla de Baz.
- [48] A&D Químicos y Diversos S.A., «Especificación técnica - Hipolorito de calcio granulado 67%,» A&D Químicos y Diversos S.A., Comas, 2014.
- [49] Aqua Benites, «Aqua Benites - Aqua 165,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.aquabenites.com/project/aqua-165/>. [Último acceso: 15 Setiembre 2021].
- [50] Secretaría de Gestión Pública PCM, «Licencias de edificación - Guía para gobiernos locales,» R & C Holding S.R.L, Lima, 2019.
- [51] ANA, «Plataforma Digital Única del Estado,» [En línea]. Available: <https://www.gob.pe/10823-solicitar-autorizacion-de-reuso-de-aguas-residuales-industriales-municipales-y-domesticas-tratadas>. [Último acceso: 5 Octubre 2021].
- [52] MINAQUA, «Guía de buenas prácticas para instalaciones de lavado de vehículos,» Grup Fundació Ramon Noguera, Madrid, 2016.
- [53] SUNASS, «Resolución de Consejo Directivo N°011-2020-SUNASS-CD,» *El Peruano*, pp. 21-32, 27 Mayo 2020.
- [54] B. D., «Efectos de los tensoactivos en el medio ambiente,» Gerencia ambiental y Desarrollo Sostenible Empresarial, 2019.
- [55] I. Monney, R. Buamah, E. Amposah, R. Etuaful, H. Kim y H. Ijzer, «Tratamiento de residuos con residuos: el potencial del alumbre sintetizado a partir de residuos de bauxita para el tratamiento de aguas residuales de lavado de coches para su reutilización,» *Investigación en ciencias ambientales y contaminación*, vol. 26, pp. 12755-12764, 2019.
- [56] M. Meza, K. Riaños, I. Mercado, R. Olivero y M. Jurado, «Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de Moringa oleífera en el proceso

de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo-Atlántico,» *Revista UIS Ingenierías*, vol. 17, n° 2, pp. 95-104, 2018.

- [57] Kärcher Ecuador S. A., «Kaercher.com/ec,» [En línea]. Available: <https://s1.kaercher-media.com/media/file/65776/catalogo-profesional.pdf>. [Último acceso: 12 Octubre 2020].

## Anexos

### Anexo 1. Constancia de ingreso a Interamericana Norte S.A.C. - Chiclayo



VENTAS  
SERVICIO TÉCNICO  
REPUESTOS  
ACCESORIOS

#### CONSTANCIA

El señor **Juan Manuel Camacho Valverde** identificado con DNI 09542615, JEFE DE POST VENTA CHICLAYO DE LA EMPRESA **INTERAMERICANA NORTE SAC**. Que, el señor **César Augusto Romero Pinedo**, identificado con DNI 71250168, estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, obtendrá información de la empresa a la cual represento **Interamericana Norte S.A.C.** para la elaboración de su proyecto de tesis que lleva por nombre: **"PROPUESTA DE UN SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA EMPRESA INTERAMERICANA NORTE S.A.C. PARA DISMINUIR LA CONTAMINACION HÍDRICA"**. Demostrando iniciativa, responsabilidad, honestidad con la información y el trabajo realizado.

Se extiende el presente a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente.

Chiclayo, 10 Noviembre 2020.

  
 INTERAMERICANA NORTE SAC  
 JUAN CAMACHO VALVERDE  
 JEFE POST VENTA CHICLAYO

Sucursal: Av. José Leonardo Ortiz N° 450 - Chiclayo - TALLER MULTIMARCAS: ☎ (074) 232052 / ADMINISTRACIÓN: ☎ (074) 274892

Tienda  : Av. José Leonardo Ortiz N° 481 - 491 CHICLAYO  
☎ (074) 503461

Tienda  : Av. José Leonardo Ortiz N° 450 - CHICLAYO  
☎ (074) 237211 / (074) 231291

Tienda  : Av. Sáenz Peña N° 1484 - CHICLAYO  
☎ (074) 513441

Tienda  : Av. Sáenz Peña N° 330 - CHICLAYO  
☎ (074) 618834

Tienda multimarcas Salaverry : Av. Salaverry 250 (Costado Hotel Casa Andina) - Chiclayo  
☎ (074) 218534

Taller P&P y accesorios : Av. Arequipa N° 300 - Chiclayo  
☎ (074) 503502

Tienda Multimarcas / Taller pesados : Av. Panamericana Norte Km. 775 - Lambayeque  
☎ (074) 322007







### Anexo 2. Pre tratamiento actual – Desbaste y pre sedimentación



### Anexo 3. Registro de unidades para mantenimiento técnico

UNIDADES	2020								
	MES								
DÍA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		31			1	7	10	26	22
2	27		17	17	3	9	11		23
3	29	29	25			8	8	24	28
4	28	28	26	2	1	8	9	27	26
5		29	18		2	7		25	24
6	27	31	29	1	3	6	13	24	
7	28	29	27		4		9	23	24
8	29	27		2	3	6	9	22	27
9	29		15			6	8		23
10	28	27	17			10	17	25	31
11	27	32	29		9	9	10	28	28
12		28	26			9		22	32
13	26	31	27			8	8		26
14	24	29	25		2		11	23	25
15	28	29			5	7	10	27	27
16	27		1	6	7	12	11		23
17	29	27		6		8	11	24	26
18	27	30			5	5	12	24	27
19		29			2	8		25	25
20	24	32		6		9	16	26	
21	27	28			15		17	25	32
22	24	29		5	8	9	20	24	28
23	29			1	2	16	9		23
24	27	28		2		13	12	22	27
25	26	29			4	13	8	27	24
26		31			2	8		26	30
27	27	28		5	10	11	14		27
28	29	29			10		12	23	22
29	28	30		10	5	4	16	24	24
30	29			1	7	15	21		29
31		27						25	
SUMA	710	730	282	64	110	231	312	644	680
PROMEDIO	27.3	28.1	10.8	2.46	4.23	8.88	12	24.8	26.2
REDONDEADO	28	29	11	3	5	9	12	25	27
PROMEDIO ATENCIONES DIARIAS POR MES	27.3 (APROXIM.)								28

**JUAN CAMACHO**  
 JEFE POST VENTA CHICLAYO  
 Tel: 074 232052 / Cel: 944232285  
 Av. José Leonardo Ortiz 450 - Chiclayo  
 jcamacho@interamericananorte.com  
 www.interamericananorte.com

Antes de imprimir este correo, por favor tener en cuenta que el medio ambiente es cuestión de todos!

#### Anexo 4. Toma de tiempos de lavado

Tipo de vehículo	Muestra	Lavado a presión (min)	Lavado manual (min)	Enjuagado a presión (min)	Tiempo total (min)
Sedan	1	8,25	4,25	7,25	19,75
	2	11,25	5	6,25	22,5
	3	10,5	4,75	8,5	23,75
	4	10,75	5,25	6,5	22,5
	5	11,5	5	7,5	24
	6	9,75	5,75	7,75	23,25
	7	9,5	4,75	6,25	20,5
	8	10,25	4,5	6,75	21,5
	9	11,5	6,15	6	23,65
SUV	10	12	6,25	6,25	24,5
	11	12,5	5,5	6,75	24,75
	12	11,75	5,25	7,25	24,25
	13	13	6,75	6	25,75
	14	11,5	5,75	6,75	24
	15	11,75	6	7,25	25
	16	12,25	5,75	7	25
	17	12,25	6,25	7,75	26,25
	18	12,75	6	6,75	25,5
Pick up	19	14,5	6,75	8,25	29,5
	20	13,25	6	7,75	27
	21	14,25	6,75	8	29
	22	12,75	7	7,25	27
	23	13	6,5	7,75	27,25
	24	13,25	6,75	8	28
	25	12	5,75	7	24,75
<b>Tiempo promedio</b>		<b>11,84</b>	<b>5,776</b>	<b>7,14</b>	<b>24,76</b>

Tamaño de muestra	$Z_2*(p)*(1-p)/c^2$
Nivel de confianza	95%
Margen de error	5%

Fuente: Elaboración propia.

#### Anexo 5. Especificaciones técnicas hidro lavadora

HIDRO LAVADORA PROFESIONAL	
MARCA	KÄRCHER
ORÍGEN	Alemania
MODELO	HD 10/25-4 S
TIPO DE CORRIENTE (V)	220
POTENCIA CONECTADA (kW)	7,5
CAUDAL (l/h)	500 – 1 000
PRESIÓN MÁXIMA (MPa)	20,9
TEMPERATURA ENTRADA MÁXIMA (°C)	70
DIMENSIONES (la. x an. x al.)	560 x 500 x 1 090

Fuente: Elaboración propia basado en Catálogo de productos Kärcher [57]

### Anexo 6. Matriz CONESA para evaluación de impactos

Modelo de Importancia de Impacto

Signo		Intensidad (i) *	
Beneficioso	+	Baja	1
Perjudicial	-	Total	12
Extensión (EX)		Momento (MO)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Critico	8
Critica	12		
Persistencia (PE)		Reversibilidad (RV)	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4

Sinergia (SI)		Acumulación (AC)	
Sin sinérgico	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
Efecto (EF)		Periodicidad (PR)	
Indirecto	1	Irregular	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
Recuperabilidad (MC)		$I = \pm [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$	
Recup. inmediato	1		
Recuperable	2		
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		

\* Admite valores intermedios.

**Operación** → **Lavado de cortesía**

**Criterios**

Componente	Impacto ambiental	NA	IN	EX	MO	PE	RV	MC	SI	AC	EF	PR	Importancia (I)	Calificación
Aire	Ruido y vibraciones	(-)	2	1	4	1	1	1	1	1	4	2	23	BAJO
	Presencia de gases de invernadero	(-)	1	1	4	1	1	1	2	4	4	2	24	BAJO
Suelo	Acumulación de residuos sólidos	(-)	1	1	2	2	1	2	1	4	4	1	22	BAJO
Hídrico	Alteración de la calidad del agua	(-)	10	8	8	2	2	2	2	4	4	4	74	SEVERO
Biodiversidad	Afección a la biodiversidad acuática	(-)	1	2	2	1	1	1	2	4	1	1	20	BAJO
Socio económico	Actividad comercial	(+)	2	1	4	2	1	1	1	1	1	2	21	POSITIVO
Infraestructura	Daños al sistema de alcantarillado	(-)	8	4	2	4	4	4	1	4	4	4	59	SEVERO

Valor I (13 y 100)	Calificación	Significado
< 25	BAJO	La afectación del mismo es irrelevante en comparación con los fines y objetivos del Proyecto en cuestión
25 >= 50	MODERADO	La afectación del mismo, no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas.

Valor I (13 y 100)	Calificación	Significado
50 >= 75	SEVERO	La afectación de este, exige la recuperación de las condiciones del medio a través de medidas correctoras o protectoras. El tiempo de recuperación necesario es en un periodo prolongado
>= 75	CRITICO	La afectación del mismo, es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales. NO hay posibilidad de recuperación alguna.

### Anexo 7. Selección de tratamientos

Para seleccionar los tratamientos adecuados se tomarán en cuenta los factores ponderados en la matriz de enfrentamiento, puntuando cada uno de acuerdo a los siguientes criterios de calificación.

Criterios de calificación	
Calificación	Criterio
1	Muy malo
2	Malo
3	Regular
4	Bueno
5	Muy bueno

Las matrices con el puntaje final calculado para el mejor tratamiento por tipo aplicable a la empresa se muestran a continuación.

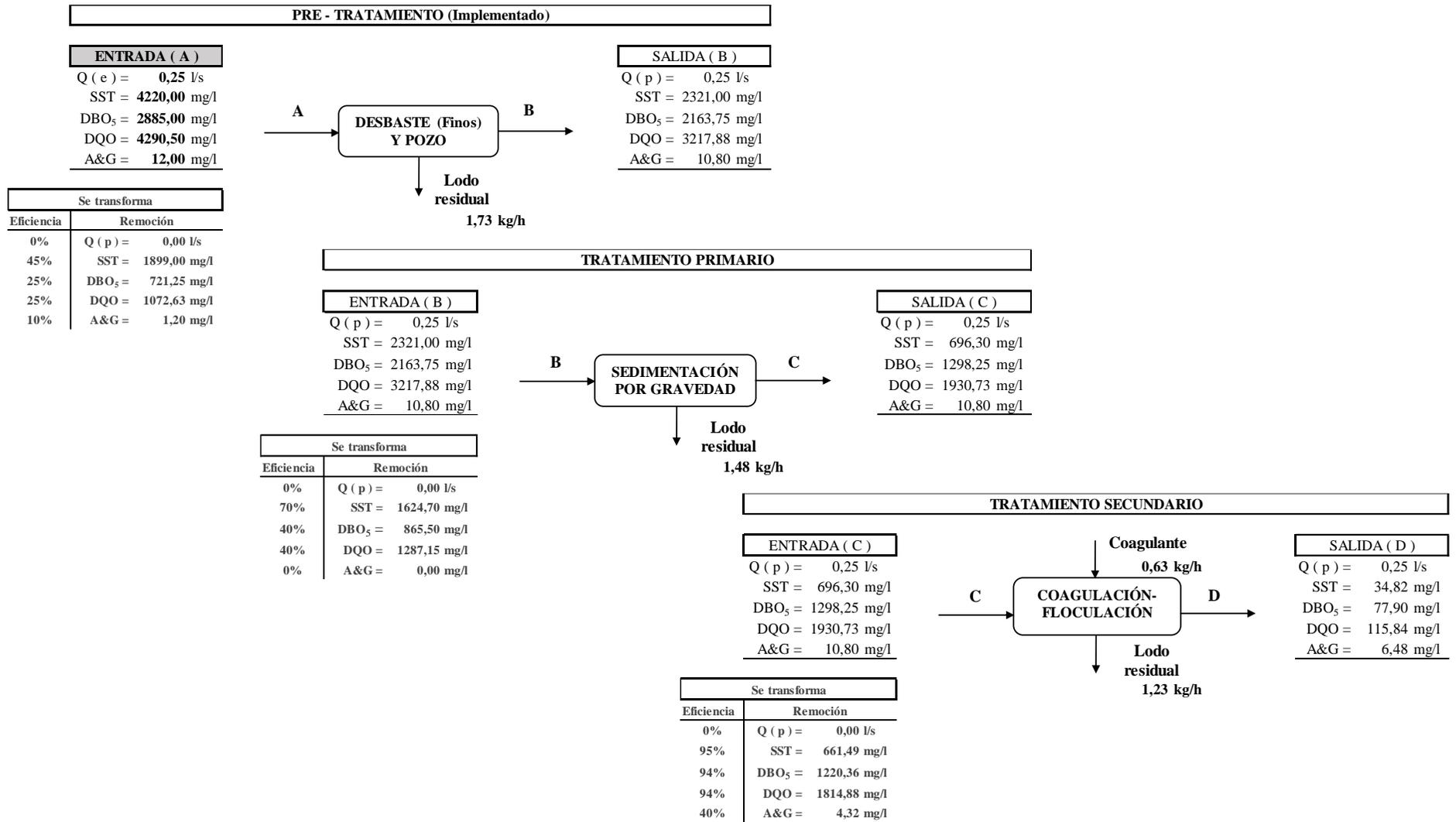
Pre - Tratamientos		Desbaste		Tamizado		Desarenado		Desengrasado	
Factores	Peso	Calificación	Puntos	Calificación	Puntos	Calificación	Puntos	Calificación	Puntos
A	0,33	2	0,67	2	0,67	3	1,00	4	1,33
B	0,13	5	0,67	5	0,67	4	0,53	4	0,53
C	0,13	5	0,67	5	0,67	3	0,40	4	0,53
D	0,13	5	0,67	3	0,40	3	0,40	3	0,40
E	0,07	2	0,13	2	0,13	2	0,13	2	0,13
F	0,20	5	1,00	4	0,80	5	1,00	4	0,80
<b>TOTAL</b>		<b>16,60</b>		<b>12,67</b>		<b>12,80</b>		<b>14,27</b>	

Tratamientos primarios		Sedimentación libre		Sedimentación acelerada		Tanques Imhoff		Digestión por lodos	
Factores	Peso	Calificación	Puntos	Calificación	Puntos	Calificación	Puntos	Calificación	Puntos
A	0,33	3	1,00	4	1,33	5	1,67	5	1,67
B	0,13	5	0,67	5	0,67	3	0,40	3	0,40
C	0,13	5	0,67	3	0,40	3	0,40	2	0,27
D	0,13	5	0,67	4	0,53	3	0,40	3	0,40
E	0,07	2	0,13	2	0,13	2	0,13	2	0,13
F	0,20	5	1,00	5	1,00	3	0,60	2	0,40
<b>TOTAL</b>		<b>18,27</b>		<b>17,27</b>		<b>14,00</b>		<b>12,33</b>	

Tratamientos secundarios		Coagulación-Floculación		Lodos activados		Filtros percoladores		Zanjas de oxidación	
Factores	Peso	Calificación	Puntos	Calificación	Puntos	Calificación	Puntos	Calificación	Puntos
A	0,33	5	1,67	5	1,67	3	1,00	4	1,33
B	0,13	5	0,67	3	0,40	3	0,40	2	0,27
C	0,13	3	0,40	1	0,13	3	0,40	2	0,27
D	0,13	3	0,40	1	0,13	3	0,40	2	0,27
E	0,07	2	0,13	2	0,13	2	0,13	2	0,13
F	0,20	4	0,80	2	0,40	4	0,80	1	0,20
<b>TOTAL</b>		<b>17,53</b>		<b>10,87</b>		<b>10,07</b>		<b>7,40</b>	

Tratamientos terciarios		Filtro carbón activado		Ultra/micro filtración		Desinfección		Filtro de grava y arena	
Factores	Peso	Calificación	Puntos	Calificación	Puntos	Calificación	Puntos	Calificación	Puntos
A	0,33	4	1,33	5	1,67	4	1,33	4	1,33
B	0,13	5	0,67	3	0,40	5	0,67	5	0,67
C	0,13	4	0,53	3	0,40	5	0,67	5	0,67
D	0,13	3	0,40	2	0,27	5	0,67	4	0,53
E	0,07	3	0,20	3	0,20	4	0,27	3	0,20
F	0,20	5	1,00	5	1,00	4	0,80	5	1,00
<b>TOTAL</b>		<b>17,60</b>		<b>16,87</b>		<b>19,60</b>		<b>19,73</b>	

### Anexo 8. Balance de masa detallado



**TRATAMIENTO TERCIARIO (COMPLEMENTARIO)**

**ENTRADA ( D )**

Q ( p ) = 0,25 l/s  
 SST = 34,82 mg/l  
 DBO<sub>5</sub> = 77,90 mg/l  
 DQO = 115,84 mg/l  
 A&G = 6,48 mg/l



**SALIDA ( E )**

Q ( s ) = 0,25 l/s  
 SST = 34,82 mg/l  
 DBO<sub>5</sub> = 27,26 mg/l  
 DQO = 46,34 mg/l  
 A&G = 6,48 mg/l

**Se transforma**

Eficiencia	Remoción
0%	Q ( p ) = 0,00 l/s
0%	SST = 0,00 mg/l
65%	DBO <sub>5</sub> = 50,63 mg/l
60%	DQO = 69,51 mg/l
0%	A&G = 0,00 mg/l

**TRATAMIENTO TERCIARIO**

**ENTRADA ( E )**

Q ( p ) = 0,25 l/s  
 SST = 34,82 mg/l  
 DBO<sub>5</sub> = 27,26 mg/l  
 DQO = 46,34 mg/l  
 A&G = 6,48 mg/l



**SALIDA ( F )**

Q ( s ) = 0,25 l/s  
 SST = 1,74 mg/l  
 DBO<sub>5</sub> = 8,18 mg/l  
 DQO = 13,90 mg/l  
 A&G = 6,48 mg/l

**Se transforma**

Eficiencia	Remoción
0%	Q ( p ) = 0,00 l/s
95%	SST = 33,07 mg/l
70%	DBO <sub>5</sub> = 19,08 mg/l
70%	DQO = 32,44 mg/l
0%	A&G = 0,00 mg/l

## Anexo 9. Cotización de Consultoría CJL Ingenieros SAC



CJL INGENIEROS S.A.C. – RUC N°20604241082 – CEL: 923212849

VENTA, INSTALACIÓN, MANTENIMIENTO Y SERVICIO TÉCNICO DE EQUIPOS,  
SISTEMAS Y PLANTAS INDUSTRIALES DE TRATAMIENTO DE AGUA

Cotización

N°0124

### COTIZACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LAVANDERÍA DE VEHÍCULOS

Cód. Cliente	Cliente	Contacto	Fecha	Ciudad
---	Romero Pinedo Cesar	Carlos Quispe	14/09/2021	Chiclayo
Teléfono	Dirección	Email	Descuento (%)	T. Pago
---	---	---	---	Deposito



CJL INGENIEROS S.A.C.

Desarrollo y Mantenimiento en Osmosis Inversa

COTIZACION

A-00124\_1

Atendiendo su amable solicitud estamos enviando cotización de los productos requeridos, para nosotros es un placer poner nuestra compañía a su servicio.

NIT	CLIENTE	CONTACTO	FECHA	CIUDAD
PLLAVCJL-10000		Romero Pinedo Cesar	14-Set-2021	TRUJILLO
TELEFONO	DIRECCION	E-MAIL	DESCUENTO	T. PAGO
-	-	<a href="mailto:cjlingenieros1@gmail.com">cjlingenieros1@gmail.com</a>	5%	A CONVENIR

ITEM	CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	VR. UNITARIO	VR. TOTAL	
1	23CJL23	TANQUE CISTERNA SUBTERRANEO 10 M3	1	UND	S/. 8,000.00	S/. 8,000.00	
3	23CJL25	BOMBA SUMERGIBLE 0.8 HP 300LPM	2	UND	S/. 1,500.00	S/. 3,000.00	
4	23CJL26	MEZCLADOR (COAG-FLOC.)	1	UND	S/. 8,200.00	S/. 8,200.00	
5	23CJL27	SISTEMA DE PRETRATAMIENTO (INCLUIDO INSUMOS 5 APLICACIONES)	1	UND	S/. 1,200.00	S/. 1,200.00	
6	23CJL28	TANQUE 1100 LITRO PARA DESINFECCION	1	UND	S/. 600.00	S/. 600.00	
7	23CJL29	TANQUE ALMACENAMIENTO RESIDUOS 600 L (LODOS)	1	UND	S/. 500.00	S/. 500.00	
8	23CJL30	EQUIPO PREFILTROS	1	UND	S/. 1,200.00	S/. 1,200.00	
9	23CJL31	TANQUE ARMADO SILEX	1	PIE3	S/. 4,500.00	S/. 4,500.00	
10	23CJL32	TANQUE ALMACENAMIENTO 10M3	1	UND	S/. 5,500.00	S/. 5,500.00	
11	23CJL33	TABLERO ELECTRICO DE CONTROL	1	UND	S/. 1,500.00	S/. 1,500.00	
12	23CJL34	ELECTROBOMBA 2 HP	1	UND	S/. 1,600.00	S/. 1,600.00	
13	23CJL35	KIT DE TUBERIAS Y ACCESORIOS	1	UND	S/. 600.00	S/. 600.00	
14	23CJL36	SERVICIO DE INSTALACION	1	UND	S/. 2,500.00	S/. 2,500.00	
15	23CJL37	TRANSPORTE DE EQUIPOS Y MATERIALES	1	UND	S/. 200.00	S/. 200.00	
16	23CJL38	SERVICIO DE CAPACITACION	4	UND	S/. 100.00	S/. 400.00	
SERVICIO INCLUYE INSTALACION Y TRANSPORTE DE EQUIPOS EN LA PROVINCIA DE CHICLAYO. EL SERVICIO NO INCLUYE LA ADECUACION DEL AREA DE INSTALACION DE LA PLANTA. EL CLIENTE DEBE DISPONER LOS PUNTOS DE INGRESO DE AGUA RESIDUAL Y PUNTO DE SALIDA DE AGUA DE DRENAJE, TAMBIEN EL PUNTO DE ACCESO DE ENERGIA ELECTRICA 220V AC. EL CLIENTE DEBE DAR DISPONIBILIDAD Y LIBERTAD EN EL INGRESO AL AREA DE TRABAJO SOLO A PERSONAL ENCARGADO DEL PROYECTO. EL SERVICIO SE CANCELARÁ 10% DE INICIAL ,50% DE ENTREGA DE EQUIPO, 30% AL FINALIZAR LA INSTALACIÓN Y 10% AL FINALIZAR LA PUESTA EN MARCHA .							
						<b>GRAN TOTAL</b>	S/. 39,500.00
						<b>DTO</b>	S/. 1,975.00
						<b>SUBTOTAL</b>	S/. 37,525.00
						<b>I.G.V. 18%</b>	S/. 6,754.50
						<b>VALOR TOTAL</b>	<b>S/. 44,279.50</b>

ATENTAMENTE

CARLOS QUISPE AVALOS  
TEL: 923212849  
DPT DE VENTAS

CJL INGENIEROS - MZ E LOTE 12 NUEVO FLORENCIA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

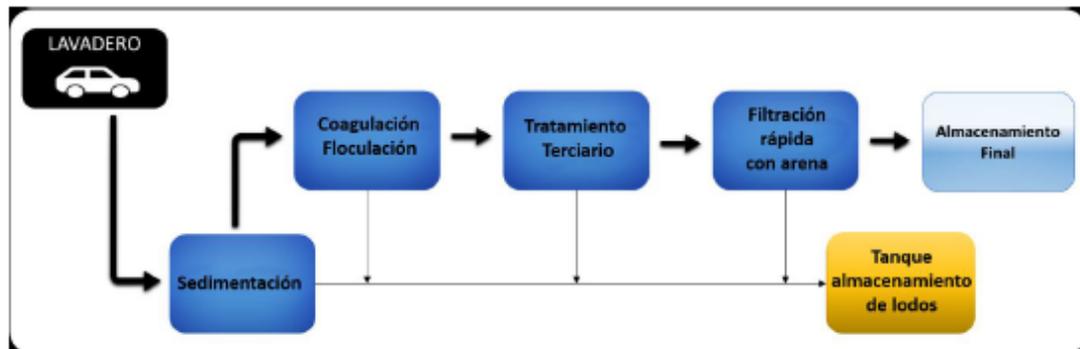


CJL INGENIEROS S.A.C. – RUC N°20604241082 – CEL: 923212849

VENTA, INSTALACIÓN, MANTENIMIENTO Y SERVICIO TÉCNICO DE EQUIPOS,  
SISTEMAS Y PLANTAS INDUSTRIALES DE TRATAMIENTO DE AGUA

## FICHA TECNICA DE COTIZACIÓN N°0124

### PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LAVANDERÍA DE VEHÍCULOS



La instalación del sistema de tratamiento de agua residual cotizado por CJL INGENIEROS S.A.C. comprende 4 subprocesos que disminuirán las impurezas del agua residual hasta alcanzar niveles requeridos por el cliente.

#### Fase 1: SEDIMENTACIÓN LIBRE.

Consta de 2 tanques de precipitación que serán usados inicialmente como tanques de almacenamiento y de manera alternada para ahorrar tiempo de precipitación total, evitar la formación de agentes biológicos contaminantes y aprovechar el tiempo de jornada laboral.

#### Fase 2: COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN.

Etapa donde se descontaminará y clarificará el agua con procesos físico-químico cuyo objetivo es eliminar las partículas que enturbian el agua (sólidos suspendidos), precipitándolos en forma de lodos y separando las fases por medios físicos.

#### Fase 3: PRE TRATAMIENTO Terciario (DESINFECCIÓN):

Etapa donde se añaden insumos químicos para facilitar y no saturar la etapa posterior. Se aplicarán antiespumantes y desinfectantes para mejorar el mantenimiento de sistema de filtrado Sílex y evitar la aparición y proliferación de bacterias, hongos y otros agentes patógenos desfavorables.

#### Fase 4: FILTRACIÓN: Filtro Sílex

El filtro de arena sílex realiza el filtrado mecánico del agua reteniendo las partículas suspendidas en la misma, ello gracias a su porosidad. La instalación y configuración del sistema de filtrado es acorde a las características del efluente, usando varias capas de filtrado ordenadas en función de la granulometría reteniendo las micropartículas. La máxima capacidad de filtrado se calcula en torno a las 30 micras, con una velocidad entre 40 – 60 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> y alcanzando niveles de retención de hasta 98% de impurezas en este tipo de efluentes.

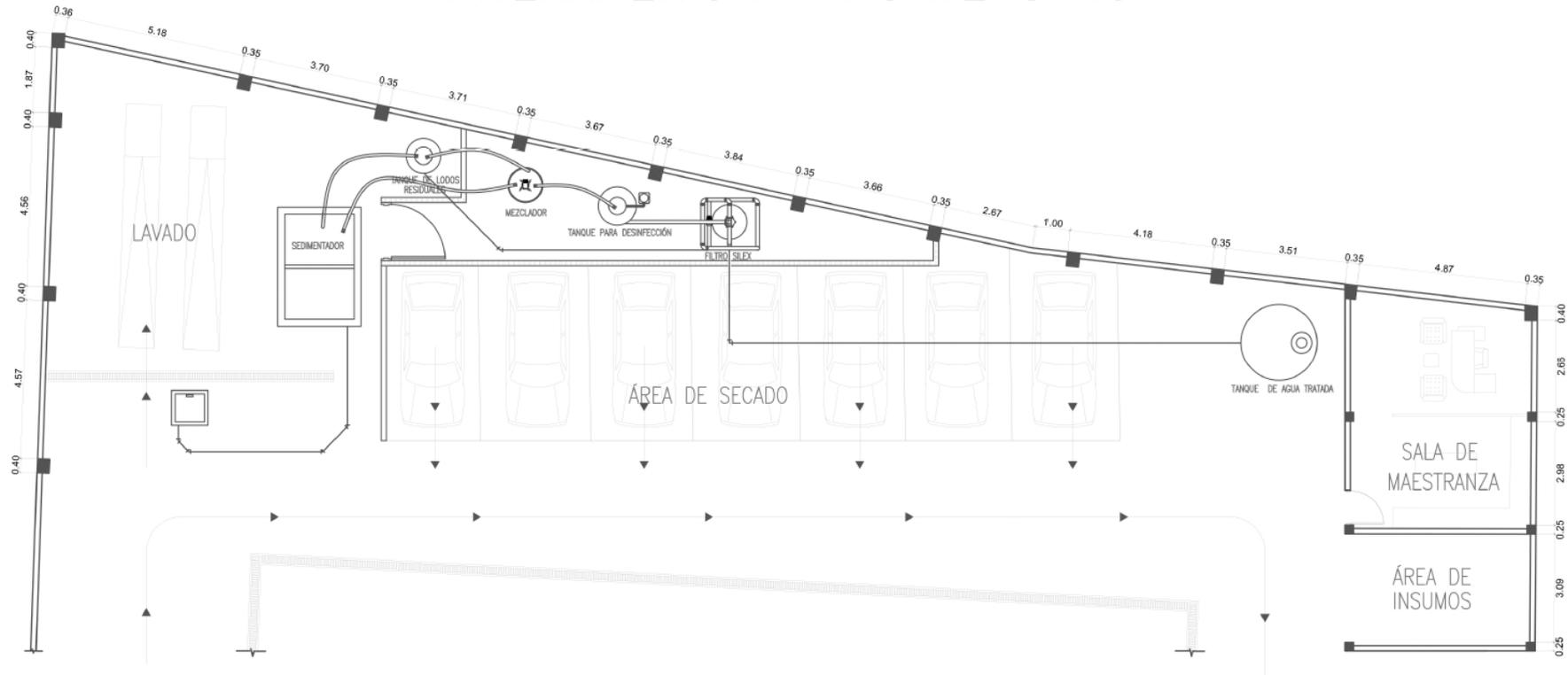
## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. TANQUE DE SEDIMENTACIÓN	
	
Capacidad: 2 Tanques de 5 m <sup>3</sup> cada uno.	
Dimensiones (l x a x h): 3m x 2m x 1.8m	
Fabricación: Tanque subterráneo de concreto armado.	
Salida: Bomba sumergible 0.8 HP	
Tiempo Op.: 4 – 5 horas	
2. MEZCLADOR (Coagulación-Floculación)	
	
Capacidad: 1000 L.	
Dimensiones (h x ø): 1.5 m + 0.5 m(base) (h) y 0.97 m (ø)	
Fabricación: Latón, recubierto con pintura epoxi	
Agitador: Motorreductor de 2 HP (Giro: 70-350 RPM)	
Insumos: Sulfato de aluminio.	
Salida: Bomba sumergible 0.8 HP	
Tiempo Op.: Determinado experimentalmente (in situ) – Varía (5 – 45 minutos)	
3. TANQUE PARA DESINFECCIÓN	
	
Capacidad: Tanque de 1100 L	
Dimensiones (h x ø): 1.4 m (h) y 1.1 m (ø)	
Fabricación: Tanque de polietileno	
Insumo 1: Silicona Antiespumante de grado industrial (AQUA 165 – Fabricante: AQUA BENITES)	
Insumo 2: Desinfectante - Cloro granulado (Hipoclorito de calcio al 65/70%)	
Tiempo Op.: 30 – 45 minutos	

4. FILTRO SÍLEX DE ARENA Y GRAVA		
		
Capacidad: Caudal máximo de 1.5 m <sup>3</sup> /h (Flujo continuo)		
Dimensiones (h x ø): 1.5 m (h) y 0.9 m (ø)		
Fabricación: Cuerpo construido en poliéster reforzado con fibra de vidrio		
Presión máxima de trabajo 150 psi.		
Temperatura de trabajo 0°C a 35°C.		
Bomba de acero Inoxidable – 2HP		
Controlador Digital programado para ciclos de lavado.		
Lecho filtrante multicapa sílex, arena, grava		
Boca de descarga 4 pulgadas		
5. TANQUE DE ALMACENAMIENTO (10 M <sup>3</sup> )		
		
Capacidad: 10 m <sup>3</sup>		
Dimensiones (h x ø): 3.10 m (h) y 2.20 m (ø)		
Fabricación: Polietileno de alta densidad.		
6. TANQUE DE LODOS RESIDUALES		
		
Capacidad: 600 litros.		
Dimensiones (h x ø): 1.05 m (h) y 0.93 m (ø)		
Fabricación: Polietileno de alta densidad		

**Anexo 10. Distribución propuesta - Estación de lavado Interamericana**

INTERAMERICANA NORTE S.A.C.



		UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO <small>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</small>	
PROYECTO	SISTEMA PROPUESTO – ESTACIÓN DE LAVADO INTERAMERICANA		PLANO
DISEÑADO POR	CESAR AUGUSTO ROMERO PINEDO	FECHA	17-08-2021
		ESCALA	1/125
		UNIDADES	METROS
			A-01

## Anexo 11. Detalle de Costos y Beneficios

### Costos de energía

Equipos	Cantidad	Potencia (HP)	Potencia (kW)	Tiempo de op. (h)	Consumo diario (kW.h)	Tarifa (S./kW.h)	Consumo diario (S/)
Bomba sumergible	2	0,8	1,18	8	9,41	0.5	4,71
Motorreductor	1	2	1,47	8	11,76	0.5	5,88
Bomba acero inox.	1	2	1,47	6	8,82	0.5	4,41
<b>Total</b>					<b>30,00</b>		<b>15,00</b>

#### Costo de tratamiento del efluente

Consumo energía diario (S/.)	15,00
Volumen de efluente día (m <sup>3</sup> )	10
<b>Costo por tratar 1 m<sup>3</sup> (S./m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,5</b>

#### Costos de energía anual

Consumo diario (m <sup>3</sup> )	10
Consumo mensual (m <sup>3</sup> )	260
Consumo anual (m <sup>3</sup> )	3 120
Costo por tratar 1 m <sup>3</sup> (S./m <sup>3</sup> )	1,5
<b>COSTO TOTAL ANUAL (S/.)</b>	<b>4 680</b>

### Costos de insumos

#### COAGULANTE ( Sulfato de aluminio)

Según Carrasquero:

Dosis óptima para este tipo de efluentes =	500	mg/l
Equivalente =	0,5	kg/m <sup>3</sup>
Consumo anual =	1560	kg/año
Presentación (Venta) =	100	S/. x bolsa de 25 kg
Precio (S./kg) =	4	S./kg

**COSTO TOTAL ANUAL (S/.) 6240**

#### DESINFECTANTE (Cloro granular - Hipoclorito de calcio al 70%)

Según norma RAS 2 000, para efluente previamente tratado:

Dosis óptima =	10	mg/l
Equivalente =	0,01	kg/m <sup>3</sup>
Consumo anual =	31,2	kg/año
Presentación (Venta) =	320	S/. x balde de 18 kg
Precio (S./kg) =	17,78	S./kg

**COSTO TOTAL ANUAL (S/.) 554,67**

#### ANTIESPUMANTE (Aqua 165)

Según Ghita et. al, la dosis utilizada fue = 20 mg/l

Según ficha técnica (anti Versinqui-50), se dosifica de 1 a 10 ppm

Dosis promedio =	15	mg/l
Equivalente =	0,015	kg/m <sup>3</sup>
Consumo anual =	46,8	kg/año
Presentación (Venta) =	Envase de 5 gal (20 kg. aprox)	
Precio (S./kg) =	18	S./kg

**COSTO TOTAL ANUAL (S/.) 842,40**

*Costos de tratamiento de lodos*

<b>Generación de lodos</b>					
<b>Fuente</b>	<b>mg/l</b>	<b>kg/mg</b>	<b>l/h</b>	<b>kg/h</b>	<b>kg/día</b>
<b>Pre - tratamiento</b>					
SST =	1 899	0,000001	909,1	1,7	13,81
A&G =	1,2	0,000001	909,1	0,0	0,01
<b>Sedimentación</b>					
SST =	1 624	0,000001	909,1	1,5	11,81
<b>Coagulación-Floculación</b>					
SST =	661,49	0,000001	909,1	0,6	4,81
A&G =	4,32	0,000001	909,1	0,0	0,03
Coagulante =					5
<b>Filtración Sílex</b>					
SST =	33,07	0,000001	909,1	0,0	0,24
<b>GENERACIÓN DE LODOS TOTAL =</b>					<b>35,71</b>

Costos de disposición de lodos	
Generación diario (kg)	35,71
Generación mensual (kg)	928,46
Generación anual (kg)	11 141,52
Costo por tratar 1 kg (S./kg)	1
<b>COSTO TOTAL ANUAL (S.)</b>	<b>11 141,52</b>

*Gastos administrativos*

Personal	Cantidad	Salario (S./mes)	Beneficios (S./mes)	Salario (S./año)
Operario de PTAR	1	1 500	406	22 872
Ayudante de operario	1	1 000	272	15 264
<b>COSTO TOTAL ANUAL (S.)</b>				<b>38 136</b>

*Beneficio – Ahorro de agua***ACTUAL**

Lavado	Tiempo (min.)	Caudal (l/min.)	Consumo agua (l)
Presión	11,84	16,67	197,37
Manual	5,77		20
Enjuague	7,14	16,67	119,02
<b>TOTAL</b>	<b>24,7</b>		<b>336,39</b>

Consumo actual agua virgen por unid. =	<b>336,39</b>	litros
Consumo actual agua virgen por día =	<b>9418,92</b>	litros
Consumo actual agua virgen por mes =	<b>244,9</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

**PROPUESTO**

Lavado	Tiempo (min.)	Caudal (l/min.)	Consumo agua (l)
Presión	11,84	16,67	0
Manual	5,77		0
Enjuague	7,14	16,67	119,02
<b>TOTAL</b>	<b>24,7</b>		<b>119,02</b>

Consumo actual agua virgen por unid. =	<b>119,02</b>	litros
Consumo actual agua virgen por día =	<b>3332,56</b>	litros
Consumo actual agua virgen por mes =	<b>86,6</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

**ACTUAL****AGUA COMERCIAL**

Razón	Cargo Fijo (modificado en 2018)	Servicio de Agua (≤ 35 m <sub>3</sub> )	Servicio de Agua (> 35 m <sub>3</sub> )	Servicio de Desagüe (≤ 35 m <sub>3</sub> )	Servicio de Desagüe (< 35 m <sub>3</sub> )
Tarifa (x m <sub>3</sub> )	2,32	2,02	3,62	0,89	1,60
Consumo (m <sub>3</sub> )	-	35	209,89	35	209,89
Subtotal (S/)	2,32	70,77	759,81	31,22	336,25
Total (S/)			1200,37		
IGV (18%)			216,07		
Monto facturado (S/)			1416,43		

**PROPUESTO****AGUA COMERCIAL**

Razón	Cargo Fijo (modificado en 2018)	Servicio de Agua (≤ 35 m <sub>3</sub> )	Servicio de Agua (> 35 m <sub>3</sub> )	Servicio de Desagüe (≤ 35 m <sub>3</sub> )	Servicio de Desagüe (< 35 m <sub>3</sub> )
Tarifa (x m <sub>3</sub> )	2,32	2,02	3,62	0,89	1,60
Consumo (m <sub>3</sub> )	-	35	51,65	35	51,65
Subtotal (S/)	2,32	70,77	186,96	31,22	82,74
Total (S/)			374,01		
IGV (18%)			67,32		
Monto facturado (S/)			441,33		

*Beneficio – Ahorro en multas*

Según metodología de SUNASS, se identifica el rango:

PARÁMETRO / CONCENTRACIÓN	Concentración media	VMA	Exceso (Rango)
PH	8,49	6 - 9	No aplica
Temperatura (°C)	23,75	<35	No aplica
SST (mg/l/h)	4 220,00	500	Rango 4
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	2 885,00	500	Rango 4
DQO (mg/l)	4 290,50	1 000	Rango 3
Aceites y Grasas (mg/l)	12	100	Cumple

Posteriormente, se pondera cada parámetro:

PARÁMETRO / CONCENTRACIÓN	Concentración media	VMA	Exceso (Rango)	Factor
pH	8,49	6 - 9	No aplica	No aplica
Temperatura (°C)	23,75	<35	No aplica	No aplica
SST (mg/l/h)	4220,00	500	Rango 4	400
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	2885,00	500	Rango 4	500
DQO (mg/l)	4290,50	1 000	Rango 3	490
Aceites y Grasas (mg/l)	12	100	Cumple	Cumple

Seguido, se calcula el factor de ajuste (F) de acuerdo a fórmula:

$$F = FDBO_5 + FDQO + FS.S.T. + FAyG$$

$$F = 500\% + 490\% + 400\%$$

$$F = 1\ 390\%$$

Finalmente, se calcula el pago adicional (PA) resultante del producto del importe básico de facturación y el factor de ajuste

$$PA = \text{Importe básico de facturación} \times F$$

$$\text{Pago adicional} = \mathbf{5\ 107,83}$$

Cuadros base:

RANGO	DBO <sub>5</sub>	DQO	S.S.T	AyG
VMA (mgL)	500	1000	500	100
Rango 1	500,1 – 600	1000,1 - 1200	500,1 - 600	100,1 – 200
Rango 2	600,1 – 1000	1200,1 - 2500	600,1 - 1000	200,1 – 350
Rango 3	1000,1 – 2500	2500,1 - 4500	1000,1 - 3500	350,1 – 600
Rango 4	Mayor a 2500	Mayor a 4500	Mayor a 3500	Mayor a 600

RANGOS DE CONCENTRACIÓN	FACTORES INDIVIDUALES			
	FDBO <sub>5</sub>	FDQO	FS.S.T	FAyG
Rango 1	60%	84%	48%	48%
Rango 2	155%	217%	124%	124%
Rango 3	350%	490%	280%	280%
Rango 4	500%	700%	400%	400%

*Beneficio – Porcentaje de ganancia por repuestos (<5%)*

Mantenimiento preventivo - Respuestos

(Mano de obra se cobra por separado)

Cambio = 3.5

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>V. Unitario</b>	<b>V. Venta</b>	<b>C. Unitario</b>	<b>C. Manten.</b>
SKB740633	Helix HX5 SAE 20W50 ©	4	L	45	180	12.57	50.26
MITMD360935	Filtro de aceite	1	UND	37	37	13.44	13.44
WUR108901087	Limpiador de frenos 500 ml	1	UND	26.5	26.5	10.17	10.17
MIT1500A617	Filtro de aire	1	UND	115	115	82.57	82.57
ARMK2032	Kit sistema de inyección gasol	1	JGO	120	120	75.89	75.89
VARARANDELA01	Arandela de aluminio - M14	1	UND	2	2	0.34	0.34
<b>Importe Total</b>					<b>480.5</b>	<b>Costo Total</b>	<b>232.67</b>

**Ganancia por unidad = 247.84**

**Designación para Sist. Trat. (<5%) = 9.91**

### Anexo 12. Matriz CONESA para evaluación de impactos final

Operación  Lavado de cortesía		Criterios											Importancia (I)	Calificación
Componente	Impacto ambiental	NA	IN	EX	MO	PE	RV	MC	SI	AC	EF	PR		
Aire	Ruido y vibraciones	(-)	2	1	4	1	1	1	1	1	4	2	23	BAJO
	Presencia de gases de invernadero	(-)	1	1	4	1	1	1	2	4	4	2	24	BAJO
Suelo	Acumulación de residuos sólidos	(-)	1	1	2	2	1	2	1	4	4	1	22	BAJO
Hídrico	Alteración de la calidad del agua	(-)	2	4	2	2	2	2	2	4	4	4	36	MODERADO
Biodiversidad	Afección a la biodiversidad acuática	(-)	1	2	2	1	1	1	2	4	1	1	20	BAJO
Socio económico	Actividad comercial	(+)	5	1	4	2	1	1	1	1	1	2	30	POSITIVO
Infraestructura	Daños al sistema de alcantarillado	(-)	2	4	2	4	4	4	1	4	4	4	41	MODERADO