

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



**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE
AGUA RESIDUAL EN LA EMPRESA PEVASTAR S.A.C.
PARA DISMINUIR EL IMPACTO AMBIENTAL**

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

YULISA ELIZABETH ASTONITAS FERNANDEZ

Chiclayo, 12 de Julio de 2018

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE
AGUA RESIDUAL EN LA EMPRESA PEVASTAR S.A.C.
PARA DISMINUIR EL IMPACTO AMBIENTAL**

POR:

YULISA ELIZABETH ASTONITAS FERNANDEZ

**Presentada a la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de
INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR

**Mgtr. Vanessa Lizet Castro Delgado
PRESIDENTE**

**Mgtr. Ysabel Nevado Rojas
SECRETARIO**

**Ing. Diana Peche Cieza
ASESOR**

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y la salud para el desarrollo de este proyecto, a mis padres y familia por el apoyo que me dan día a día para lograr mis metas. Y a mí asesora por el tiempo brindado.

AGRADECIMIENTO

A la empresa Pevastar por brindarme su empresa para desarrollar mi tesis, a mi asesora la Ingeniera Diana Peche Cieza por su asesoramiento y apoyo, a la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo y a los docentes que fueron parte de mi formación académica.

RESUMEN

Las empresas dedicadas al servicio de lavado de vehículos, genera gran cantidad de efluentes y causan impactos negativos. La empresa Pevastar S.A.C es una de ellas, pues no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales y sus efluentes son vertidos al dren 3 700, afectando al medioambiente. El presente proyecto tiene como objetivo principal proponer un sistema de tratamiento de aguas residual en la empresa para disminuir el impacto ambiental. Para ello, primero se realizó un análisis físico – químico del efluente, donde se encontró que la DQO, la DBO y los SST exceden los límites máximos permisibles con 4 300, 4 380, 2 910 mg/l respectivamente; asimismo se identificó y valorizo los impactos durante el proceso de lavado a través de la matriz de Leopold, siendo los impactos relevantes el consumo de agua, la contaminación del suelo y la contaminación del agua superficial. Luego, se identificó el tratamiento adecuado para las aguas residuales, a través del uso de factores ponderados, teniendo en cuenta: la remoción, la viabilidad económica, área requerida, consumo de energía y otros. Determinando así que el tratamiento de coagulación-floculación es el más eficiente de acuerdo a la confrontación y calificación de los factores, donde después de un balance de materia en cada proceso (Desbaste, Sedimentación, Coagulación-floculación y sedimentación secundaria) se obtuvo un resultado final de 52,4 mg/l en DBO, 64,5 mg/l en DQO, 42,05 mg/l en SST y 4,32 mg/l en solidos sedimentables, permitiendo que el agua sea reutilizable en el proceso de lavado. Finalmente, en el análisis costo beneficio se obtuvo una ganancia de \$ 0, 25 por cada dólar invertido en la implementación sistema propuesto.

Palabras claves: Aguas residuales, Tratamientos de aguas residuales, Impacto ambiental.

ABSTRACT

The companies dedicated to the service of wash of vehicles, it generates great quantity of effluent and they cause negative impacts. The company Pevastar S.A.C is one of them, since it does not possess system of treatment of waste water and his effluent ones are spilt to the dren 3 700, concerning the environment The present project has as principal aim propose a system of residual treatment of waters in the company to diminish the environmental impact. For this, first chemist of the effluent one carried out an analysis exchequer-, where one thought that the DQO, the DBO and the SST exceed the maximum permissable limits with 4 300, 4 380, 2 910 mg/l respectively. For what he identified and I value the impacts during the process of wash across Leopold's counterfoil, being the relevant impacts the consumption of water, the pollution of the soil and the pollution of the superficial water. Then, the treatment adapted for the waste water was identified, across the use of weighted factors, bearing in mind: the removal, the economic viability, needed area, energy consumption and others. Determining so the treatment of coagulation - flocculation is the most efficient in agreement to the confrontation and qualification of the factors, where after a balance sheet of matter in every process. (Refine, Sedimentation, Coagulation - flocculation and secondary sedimentation) a final result of 52,4 was obtained mg/l in DBO, 64,5 mg/l in DQO, 42,05 mg/l in SST and 4,32 mg/l in occurred sedimentables, allowing that the water should be reusable in the process of wash.

Keywords: Waste water, Treatments of waste water, environmental Impact.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
I. INTRODUCCIÓN	12
II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA	14
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	14
2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	16
2.2.1. Aguas residuales	16
2.2.2. Clasificación de las aguas residuales.....	17
2.2.3. Características de las aguas residuales	18
2.2.4. Tratamientos de aguas residuales Industriales.....	20
2.2.5. Metodología para la identificación de los factores ponderados.....	27
2.2.6. Metodologías para la Identificación y Valoración de Impactos Ambientales (EIA´S)	29
2.2.7. Normas para el vertimiento de Aguas Residuales en el Perú	31
2.2.8. Límites Máximos Permisibles para efluentes vertidos a cuerpos de aguas	32
2.2.9. Metodología para determinar el pago adicional por exceso de concentración de los parámetros.....	33
III. RESULTADOS	36
3.1. Determinar las características fisicoquímicas de las aguas residuales vertidas por la empresa y su impacto ambiental	36
3.1.1. La empresa.....	36
3.1.2. Descripción del proceso de lavado	40
3.1.3. Caracterización de las aguas residuales procedentes de la empresa.....	43
3.1.4. Determinación del Impacto ambiental generado	44
3.1.5. Determinación de la importancia y magnitud de los Impactos ambientales	46
3.1.6. Propuesta de mitigación de los impactos más relevantes	51
3.2. Evaluación y Selección del tratamiento para los efluentes generados en la empresa Pevastar S.A.C.....	52
3.2.1. Uso de los Factores Ponderados para la Evaluación y Selección del Tratamiento.....	52

3.2.2. Confrontación de los factores	53
3.2.3. Calificación de los factores ponderados para los parámetros excedentes (DBO, DQO, SST).....	54
3.2.4. Determinaciones Físico-Químicas del agua residual.....	56
3.2.5. Diagrama General del proceso.....	57
3.3. Diseño del sistema del tratamiento propuesto	58
3.3.1. Pronostico del efluente	58
3.3.2. Balance de materia del sistema de tratamiento.....	59
3.3.3. Indicadores de rendimiento de la capacidad de planta	66
3.3.4. Diseño del Tratamiento Preliminar.....	67
3.3.5. Diseño del tratamiento Primario.....	69
3.3.6. Diseño del Tratamiento Secundario.....	72
3.4. Análisis costo beneficio para la implementación del sistema propuesto.....	73
3.4.1. Costos de Inversión.....	73
3.4.2. Gastos administrativos para el manejo del sistema	76
3.4.3. Costos de multas por vertimiento y uso de agua subterránea sin autorización.....	76
3.4.4. Costos por consumo de agua subterránea.....	77
3.4.5. Costos del sistema de tratamiento de efluentes	78
3.4.6. Análisis Costo beneficio de la propuesta.....	80
3.5. Sostenibilidad Ambiental.....	82
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
V. BIBLIOGRAFÍA	86
VI. ANEXOS.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Efectos contaminantes de algunos productos contenidos en las aguas residuales industriales.....	17
Tabla 2. Características del Pre tratamiento	22
Tabla 3. Características del Tratamiento primario	24
Tabla 4. Características del tratamiento secundario	25
Tabla 5. Características del tratamiento terciario	28
Tabla 6. Límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua receptor.	33
Tabla 7. Definición de rangos de parámetros.	34
Tabla 8. Definición de límites de parámetros.....	34
Tabla 9. Asignación porcentual por parámetro	34
Tabla 10. Factores para cada rango	35
Tabla 11. Número de vehículos lavados mensualmente en el año 2016	36
Tabla 12. Cantidad de agua que se utiliza durante el lavado de los vehículos.....	37
Tabla 13. Cantidad de agua por mes en el año 2016	38
Tabla 14. Cantidad de agua por mes en el año 2017	38
Tabla 15. Estructura tarifaria del servicio de monitoreo y uso de aguas subterráneas	39
Tabla 16. Uso de detergente durante el año 2016.....	40
Tabla 17. Consumo de energía eléctrica en el año 2016	41
Tabla 18. Composición del agua residual en cada etapa	42
Tabla 19. Resultado de los parámetros analizados en el efluente para ser comparados con los límites máximos permisibles.....	43
Tabla 20. Escala de la magnitud e importancia	46
Tabla 21. Asignación Cuantitativa de los factores afectantes	48
Tabla 22. Valoración de los Impactos ambientales generados.	50
Tabla 23. Confrontación de factores.....	54
Tabla 24. Rango de calificación	54
Tabla 25. Calificación de los factores ponderados para disminuir el DBO	55
Tabla 26. Calificación de los factores ponderados para disminuir el DQO	55
Tabla 27. Calificación de los factores ponderados para los SST.....	56
Tabla 28. Pronóstico del efluente para los años 2018-2022	59
Tabla 29. Velocidad y tiempo de sedimentación de las partículas	61
Tabla 30. Comparación de los parámetros finales con los LMP	66

Tabla 31. Parámetros técnicos para el diseño de las rejjas	68
Tabla 32. Información típica para el diseño de un sedimentador primario	69
Tabla 33. Costos de Inversión tangible para el diseño el proyecto	74
Tabla 34. Costos intangibles para el diseño del proyecto	75
Tabla 35. Inversión total para la planta de tratamiento	75
Tabla 36. Sueldo de los trabajadores en el sistema	76
Tabla 37. Tipos de multas de acuerdo a la infracción	77
Tabla 38. Estructura tarifaria del servicio de agua subterránea.....	77
Tabla 39.Monto a pagar por el uso de agua subterránea según el pronostico	78
Tabla 40. Costo del consumo de energía de las bombas	78
Tabla 41. Costo de energía para el sistema propuesto.....	79
Tabla 42. Costo del coagulante por año	80
Tabla 43. Análisis del flujo de caja del sistema propuesto a la empresa Pevastar S.A.C.....	81
Tabla 44. Matriz e identificación de impactos después del desarrollo del proyecto.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de lavado	42
Figura 2. Diagrama de flujo del sistema propuesto	57
Figura 3. Comportamiento del efluente durante el año 2016-2017	58
Figura 4. Balance de materia en el proceso de desbaste.....	60
Figura 5. Balance de materia en el proceso de sedimentación primaria.....	61
Figura 6. Balance de materia en el proceso de coagulación- floculación	62
Figura 7. Balance de materia en el proceso de sedimentación secundaria	63
Figura 8. Balance general de la remoción de los parámetros en el sistema	65
Figura 9. Bomba Pentax de 2 HP	73

I. INTRODUCCIÓN

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2016), informó que Asia, África y América Latina en los últimos años han generado un gran aumento de contaminación de las aguas residuales causando mayor desigualdad con las personas más vulnerables que no tiene acceso a un agua de calidad. Que las principales causas de contaminación son el crecimiento demográfico, el aumento de la actividad económica, la expansión e intensificación de la agricultura, y la mayor cantidad de aguas residuales no tratadas que se descargan en los ríos y lagos. Por lo que es necesario monitorizar el agua en los países en desarrollo y usar los métodos que puedan ayudar a reducir la contaminación de los ecosistemas.

En la actualidad en el Perú cada día es mayor la necesidad de reutilizar el agua en usos y actividades en las cuales sea posible. En talleres de lavado de vehículos es factible reciclar gran parte del agua que se emplea en el lavado, reduciendo de esta manera su consumo, lo cual genera mayor disponibilidad del agua y un ahorro que en el transcurso del tiempo reducirá los costos de consumo de agua y contribuirá con el cuidado del medio ambiente.

Chiclayo cuenta con una población total de 1 260 650 habitantes, de las cuales 264 224 viven en zonas rurales y 996 426 en zonas urbanas según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2015). Esto ocasionó que en los últimos años el parque de la industria automotriz en Lambayeque siguiera creciendo, tanto así que en el 2015 ocupó el segundo lugar después de Lima con un total de 22 115 vehículos de los cuales 11 565 son camiones, 9 613 camionetas rurales, 1 343 ómnibus y 662 remolques etc. Superintendencia Nacional de Registros Públicos (2015); Este incremento generó mayor demanda de lavaderos, y si no se toma las medidas necesarias los impactos ambientales se incrementarían.

La empresa **Pevastar S.A.C** está ubicada en la Panamericana Norte, se dedica al servicio de lavado de camiones, tráiler y maquinaria pesada, esta empresa no cuenta con un sistema de tratamiento, por lo que utiliza gran cantidad de agua potable la cual después del proceso de lavado, las aguas residuales son transportadas por tubos y vertidas al dren 3 700 que se encuentra a 120 m de la empresa, cuyo efluente descarga en el mar de Santa Rosa, zona litoral del distrito de San José.

En el proceso de lavado las aguas residuales contaminan el medio ambiente afectando la flora y fauna acuática debido a que no cuentan con ningún tipo de tratamiento previo; además que durante dicho proceso estas aguas residuales adquieren ciertas características como: altos niveles de grasa, DQO, DBO, pH, color, turbidez, detergentes, aceite lubricantes y materia sólida que terminan en el suelo y son un peligro para los trabajadores y el ambiente.

Esto genera un gran problema, debido a que las empresas dedicadas a este servicio carecen de un sistema de reutilización y/o tratamiento eficiente que reduzca el consumo del agua subterránea. Por lo que para el desarrollo del proyecto se analizó si la propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales para su reutilización

disminuirá el impacto ambiental generado en el lavadero de vehículos Pevastar S.A.C.?

Frente a este problema, se planteó una solución que tiene como objetivo principal: Proponer un sistema de tratamiento de agua residual para disminuir el impacto ambiental generado en el lavadero de vehículos de la empresa Pevastar S.A.C para dichos objetivos se plantearon objetivos específicos:

Determinar las características fisicoquímicas de las aguas residuales vertidas por la empresa y su impacto ambiental.

Evaluar y seleccionar el tratamiento del agua residual en el lavadero.

Proponer el diseño de un sistema de tratamiento de agua proveniente del lavado de vehículos para su reutilización.

Evaluar el análisis costo beneficio de la propuesta.

Con esta propuesta se reducirá el consumo de agua subterránea, cumpliendo con los límites máximos permisibles del agua residual del proceso de lavado para su reutilización y los costos generados debido a falta de un sistema de reutilización. Además, con la implementación de la propuesta, la empresa tomará conciencia de lo importante que es aprovechar el recurso en todo el proceso y su beneficio intangible como: prestigio y competitividad dentro del mercado local, siendo vista como una empresa socialmente responsable.

II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Asha et al (2016), en su estudio de *Reciclaje de Aguas residuales de Estación de Servicio De automóvil*, tuvo como objetivo comparar la efectividad de los métodos físicos y químicos de tratamientos reduciendo la DQO y los aceites y grasas. Para el método físico se utilizó el aserrín y el bagazo de la caña de azúcar a través de la absorción, para el químico se utilizó el alumbre. Los resultados encontrados en las aguas residuales para el ejemplo A en aceite y grasa fue de 135 mg/l y de 176,23 la DQO; para B en aceites y grasas fue 190 mg/l y 246 mg/l en la DQO. Al obtener estos resultados desarrollaron el tratamiento químico con el alumbre donde: para A empleando 150 mg/l de alumbre como coagulante la DQO se redujo a 99,20 mg/l y los aceites y grasas a 15 mg/l para B con 150 mg/l de alumbre la DQO se redujo a 110,46 y los aceites y grasas a 21 mg/l. Para el tratamiento físico se empleó el bagazo de la caña de azúcar y el aserrín que fueron secados completamente a la luz del sol, para este tratamiento hicieron lechos filtrantes de 50 x 50 mm a una altura de 3, 6 y 9 cm para su mejor remoción donde se obtuvo los siguientes resultados para A a una altura de 6 cm la DQO se redujo a 62,4 mg/l con el bagazo y con el aserrín a 75,20 mg/l; para B a 110,46 mg/l con bagazo y con aserrín a 21 mg/l. La remoción de aceites y grasas para el ejemplo A con bagazo de caña se redujo a 12,5 mg/l y con aserrín a 90,37 mg/l para el ejemplo B con bagazo se redujo a 24mg/l y con aserrín a 16 mg/l. Al obtener estos resultados recomienda utilizar estos absorbentes ya son económicos y se logró la remoción de la DQO y los aceites y grasas, que a más concentración de alumbre mejor es su rendimiento y que a mayor altura el aserrín era más eficaz que el bagazo de caña de azúcar.

Carrasquero et al (2015), *Evaluación de un tratamiento fisicoquímico en efluentes provenientes del lavado de vehículos para su reutilización*, El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la eficiencia, en cuanto a la remoción de materia orgánica, turbidez color y sólidos totales de un tratamiento fisicoquímico de coagulación, floculación, utilizando cloruro férrico (CF), sulfato de aluminio (SA) y cloruro de calcio (CC) en las aguas residuales generadas por el lavado de vehículos. Para el cumplimiento de este objetivo se tomó la muestra del efluente y se analizó mediante la prueba de jarra, midiendo el pH, color, demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO), fósforo total, alcalinidad, turbidez y sólidos totales. Donde al obtener los resultados y comparar con los límites establecidos por la norma de descarga a las redes cloacales de Venezuela, encontraron que el PH y los sólidos suspendidos totales (SST), eran superiores a los límites permisibles. Con este resultado se realizaron los siguientes tratamientos: con sulfato de aluminio con una dosis de 500 a 800 mg/l se obtuvo una remoción de 93,3%, con cloruro férrico utilizando la floculación y coagulación con una dosis de 300 a 500 mg/l se obtuvo una remoción de 98,6% para la turbidez y 97,5% para el color, con cloruro de calcio con una dosis de 350 mg/l obtuvo una remoción de 86,5% de turbidez y 66,7% para la remoción de color. Después de los resultados obtenidos se encontró que el tratamiento que produjo mayor resultado fue el sulfato de aluminio, obteniendo una remoción del color de 97,5%, de turbidez 98,58% y del 97,5% de demanda química de oxígeno, siendo el más adecuado para la reutilización del agua.

Muniar et al (2014), en su *Estudio de Tratamiento de Aguas residuales de un lavadero de carros por Adsorción*, el objetivo de este estudio fue dirigido para elevar la calidad del agua del lavado de carros a un nivel aceptable, permitiendo la reutilización del agua y el desecho de los sólidos en los vertimientos mediante un sistema cerrado. Para esto se realizaron pruebas en un laboratorio donde se determinó las sustancias activas, los sólidos disueltos y residuos de aceites y grasas. Para este tratamiento se trabajó con la bentonita. Los resultados obtenidos en el laboratorio indicaron que el diámetro óptimo de bentonita granular para una adsorción eficaz es de 0,2 mm y en un tiempo de 10 a 30 minutos. Por lo que esta investigación recomienda el uso de bentonita a través de la absorción, como un absorbente en la eliminación de aceites, grasas, y minerales presentes en los efluentes, reduciendo los problemas de alcantarillado y proteger el medio ambiente contra la contaminación causada por los vertimientos de lavado de carros.

Muniar et al (2014), *Study of Car Wash Wastewater Treatment by adsorption*, the objective of this study was aimed to enhance the quality of the water from the washing of cars to an acceptable level, allowing the re-use of water and the disposal of the solids in the dumping through a closed system. For this testing was conducted in a laboratory where it was determined the active substances, the dissolved solids and waste oils and fats. For this treatment is working with the bentonite. The results obtained in the laboratory indicated that the optimal diameter of granular bentonite for effective adsorption is 0.2 mm and in a time of 10 to 30 minutes. By what this research recommends the use of bentonite through absorption, as an absorbent in the elimination of oils, fats and minerals present in the effluent, reducing the problems of sewage and protect the environment against pollution caused by the dumping of car wash.

Kamaltai et al (2014), en su estudio titulado *Uso de membrana para tratar aguas residuales en el lavadero de carros*, tiene como objetivo identificar las membranas que se pueden utilizar en los diferentes procesos para el tratamiento del agua como: la ósmosis inversa, la nano filtración, ultra filtración y micro filtración. Los parámetros que se analizaron son el pH, SST, ST, Turbiedad, DQO y los aceites y grasas. Los procesos considerados para el tratamiento son una sedimentación, flotación por aire inducido, seguido de una ultrafiltración y por último la ósmosis inversa para que permita reutilizar el agua. Donde en su resultado obtuvo que con la ultrafiltración puede reducir un 82,20% de sólidos disueltos, 81,08 % de SST, en 67,5 % en DQO y 74,97 % en aceites y grasas. Y que con la osmosis inversa se obtuvo un 82,21% en Sólidos disueltos, en SST el 91,95 %, la DQO un 81,03% y que en aceites y grasas puede reducir un 90,03% de, donde al tratarse el agua con estos dos tipos de membranas se obtiene una reducción más del 90%, logrando reutilizarla en el propio lavadero o para regar las plantas.

Kamaltai et al (2014), in his qualified study *I Membrane use to treat waste water in the washer of cars*, it has as aim identify the membranes that can be in use in the different processes for the treatment of the water as: the inverse osmosis, the nano filtration, ultra filtration and mike filtration. The parameters that were analyzed are the pH, SST, ST, Turbidity, DQO and the oils and fats. The processes considered for the treatment are a sedimentation, flotation for induced air, followed by an ultrafiltration and finally the inverse osmosis in order that it allows to re-use the wáter. Where in his result it obtained that with the ultrafiltration it can reduce 82,20 % of solid disueltos, 81,08 % of SST, in 67,5 % in DQO and 74,97 % in oils and fats. And that with the inverse osmosis obtained 82,21 % in Solid disueltos, in SST 91,95 %, the DQO 81,03 % and that in oils and fats

can reduce 90,03 % of, where on the water having treated itself with these two types of membranes there is obtained one more reduction 90 %, managing reuse in the own washer or to water the plants.

Lau et al (2013), en el estudio titulado *Industria de lavadero de carros en Malasia: Tratamiento de efluentes de lavado de carros usando membranas de ultrafiltración y nanofiltración*, se propone el uso de 3 tipos de membranas comerciales la UF PVDF100, la UF PES30 y la NF270 que son usadas para tratar los efluentes vertidos por los lavadores de vehículos, los cuales se evaluó que tanto se impregnaba la turbidez, los sólidos disueltos totales y la demanda química de oxígeno (DQO). Los resultados mostraron que la membrana NF270 logro una mayor absorción y fluidez en cuanto a la DQO con 91,5% mientras que la PSE30 83,9% y la PVDF100 82,4%, donde ambas membranas de UF resultaron ineficaces en la reducción de la conductividad y los sólidos suspendidos totales del efluente, mientras que la NF270 muestra un 60% de separación de reducción de conductividad y extracción de sólidos suspendidos totales. Al demostrar que la membrana NF270 es más eficaz que las otras menbranas, y recomienda el uso de este tipo de membrana para ser utilizada en estos efluentes ya que ofrece una opción ambientalmente sostenible para la industria del lavado de autos.

Lau y et al (2013), In the study entitled *Car wash industry in Malaysia: Treatment of car wash effluent using ultrafiltration and nanofiltration menbranes*, proposes the use of 3 types of commercial the UF PVDF membranes, the UF100 PES30 and the NF270 which are used to treat the effluents discharged by the washers for vehicles, which it was assessed that both are permeated the turbidity, total dissolved solids and chemical oxygen demand (COD). The results showed that the membrane NF270 was a greater absorption and fluency in regard to the cod with 91,5% while the PSE30 83,9% and the PVDF100 82,4%, where both UF's membranes turned out to be ineffective in the reduction of the conductivity and the suspended total solid ones of the effluent one, whereas the NF270 proves to be 60 % of separation of reduction of conductivity and extraction of solid suspended total. To demonstrate that the membrane NF270 is more effective than the other is, it is recommended that the use of this type of membrane to be used in this type of effluent as it offer an environmentally sustainable option for the car wash.

2.2.FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1.Aguas residuales

Las aguas residuales es la combinación de los residuos líquidos provenientes de diferentes tipos de uso como el hogar, la industria y el comercio entre otros.

Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales junto con los residuos de las industrias y actividades agrícolas. Así como de las aguas subterráneas, superficiales y de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014).

De acuerdo a su origen las aguas residuales pueden ser clasificadas como: domesticas, industriales, pluviales, infiltración y caudales adicionales.

2.2.2. Clasificación de las aguas residuales

Según la OEFA (2014). Actualmente existen tres tipos de aguas residuales:

- **Aguas residuales domésticas:** Las aguas domésticas son aquellas de origen comercial y residencial que contienen desechos fisiológicos entre otros, y son provenientes de la actividad humana la cual deben ser dispuestas adecuadamente.
- **Aguas residuales industriales:** Son todas aquellas aguas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de las actividades mineras, agrícolas, agroindustrial y energéticas entre otros.
- **Aguas residuales municipales:** Las aguas municipales son todas aquellas aguas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser vertidas en los sistemas de alcantarillado.

Tabla 1. Efectos contaminantes de algunos productos contenidos en las aguas residuales industriales

Tipos de Contaminantes	Efectos
Orgánicos	
Detergentes	Espumas en el agua (impiden la aireación)
Grasas y aceites	Toxicidad para la vida acuática
Hidrocarburos	Toxicidad para la vida acuática
Fenoles	Toxicidad para la vida acuática
Pesticidas	Toxicidad para los seres humanos
Metales Pesados	
Ag, Cr(VI), Cu, B	Toxicidad general
Fe, Mn, Mo, Pb, Ni	Toxicidad general
Sb, Se, Sn, Zn	Toxicidad general
As, Hg, Cd, Ti	Toxicidad muy alta general
Otros	
Nitratos y Fósforos	Producción de eutrofización
Sulfatos	Corrosión del cemento
Sulfuros	Olores desagradables
Cianuros	Toxicidad general

Fuente: (Cabildo et al, 2008).

Contaminación de las Aguas Residuales Industriales

En la industria el agua mayormente se utiliza en la refrigeración, alimentación de calderas o enfriamientos el cual es generado después de uno o varios procesos productivos. El tratamiento posterior a su uso se convierte frecuentemente en un problema aún mayor, debido al aumento de demanda del agua; siendo necesario minimizar el efecto ambiental, para lo cual los vertidos de las aguas industriales una vez recogidos, han de tratarse teniendo como objetivo prioritario el de prevenir y reducir al máximo la contaminación del medio. Por ello que toda industria tiene la

obligación de depurar sus residuos líquidos antes de ser vertidos, donde tras un tratamiento quedarían aptas para ser vertidas a las cuencas hidrográficas o para volver a ser reutilizada (Cabildo et al, 2008, 84) (tabla 1).

2.2.3. Características de las aguas residuales

La composición de las aguas residuales se analiza con diversas mediciones físicas, químicas y biológicas; por lo que su conocimiento es fundamental para el proyecto y explotación de la infraestructura tanto de recogida como del tratamiento y evaluación de las aguas residuales, así como para la gestión de la calidad medioambiental, Metcalf & Eddy (1998).

2.2.3.1. Características Físicas

Las principales características físicas de un agua residual son: el contenido sólido, distribución de las partículas por tamaño, turbiedad, color, transmitancia/absorbancia, olor, temperatura, densidad y conductividad. A través de la medición de estos elementos se obtiene una representación global de la muestra lo cual permite decidir el tratamiento correspondiente a aplicar.

- **Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

Son aquellos que están en suspensión y que son perceptibles a simple vista en el agua. Son todos los componentes con una densidad igual o menor al agua (arena, polvo, arcilla, sólidos, papeles, astillas de madera). Los procesos que se emplean son la sedimentación y filtración (Baca et al, 2014).

Comprenden a los sedimentables flotantes y no sedimentables (coloidales). Pueden contener sustancias orgánicas (sólidos suspendidos volátiles) o inertes (no volátiles o fijos). La turbidez en el agua es causada por una gran variedad de sólidos suspendidos, los cuales, según su tamaño, pueden ser partículas coloidales o dispersiones gruesas, dependiendo de la turbulencia y de las características del material suspendido (Ramos et al, 2003).

- **Color**

El agua residual reciente suele tener un color grisáceo. Sin embargo al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al desarrollarse condiciones más próximas a las anaerobias, el color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir un color negro (Metcalf & Eddy, 1998)

- **Temperatura**

La temperatura es un parámetro importante ya que afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la vida acuática y la adecuación del agua para fines benéficos. Un incremento de temperatura puede causar cambios en las especies de peces que existan en un cuerpo de agua receptor. La temperatura óptima para el desarrollo de las bacterias está en el rango de 7 a 95°F (25 a 35 °C). Los procesos de digestión aeróbica y nitrificación se detienen cuando la temperatura alcanza valores de 122 °F (50°C). Cuando la temperatura se acerca a los 15°C, las bacterias productoras de metano cesan su actividad, y alrededor de los 5°C las bacterias autotróficas nitrificantes dejan de actuar (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- **Conductividad**

Es la medida de capacidad de transmisión de corriente eléctrica de un fluido, suele utilizarse como parámetro auxiliar de medición de la cantidad de sólidos suspendidos en dicho fluido ya que está relacionada de forma directa con la cantidad de sólidos presentes.

2.2.3.2. Características Químicas

Características Químicas Inorgánicas

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

Es la medición de acides de una solución, determinada por la cantidad de iones H^+ en una solución. Este índice divide las soluciones en ácidos y bases, siendo considerada un ácido aquella con un pH menor de 7. El valor del pH adecuado para diferentes procesos de tratamientos y para la existencia de la mayoría de la vida biológica puede ser muy restrictivo y crítico, pero generalmente es de 5 y 9. Para descargas de efluentes de tratamientos secundarios se estipula un pH de 6,0 a 9,0; para procesos biológicos de nitrificación se recomienda de 7,2 a 9,0 y para desnitrificación de 6,5 a 7,5.

Las aguas residuales con valores de pH menores a 5 y superiores a 9 son de difícil tratamiento mediante procesos biológicos. Si el pH del agua residual es tratada no es ajustado antes de ser vertido, el pH de la fuente receptora puede ser alterado; por ello, la mayoría de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas deben ser descargados dentro de los límites específicos del pH (Ramalho, 2013).

- **Alcalinidad**

Se define como la capacidad para neutralizar ácidos. En aguas residuales. La alcalinidad se debe a la presión de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como calcio, magnesio, sodio y potasio. La alcalinidad en las aguas residuales ayuda a regular los cambios del pH causado por la adición de ácidos. La alcalinidad se determina por titulación con un ácido normalizado y el resultado se expresa en carbonato de Calcio ($CaCO_3$).

- **Cloruros**

Es un parámetro importante si se considera para la reutilización, en las aguas residuales los cloruros son añadidos los mismos desperdicios, por ejemplo las heces humanas aportan un aproximado de 6 g de cloruro por persona al día. Debido a que los métodos convencionales de tratamiento no eliminan cloruros en cantidades suficientes, puede tomarse como un indicio de que la fuente de agua está siendo usada para el vertido de aguas residuales (Crites y Tchobanoglous, 2000).

Características Químicas Orgánicas

- **Demanda Química Oxígeno (DQO)**

La demanda química de oxígeno es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o

en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en mg/l.

La relación $k = \frac{DBO}{DQO}$, indican la biodegradabilidad de las aguas residuales

Para muestras de un origen específico, la DQO se puede relacionar empíricamente con la DBO, el carbonato orgánico o la materia orgánica, esta prueba se usa para controlar y monitorear después que se ha establecido la correlación. Este método es aplicable a muestras de aguas residuales domésticas e industriales que tengan una DBO superior a 50 mg O₂/l. Para concentraciones más bajas, como muestras de aguas superficiales, se puede usar el método modificado para bajo nivel en un intervalo entre 5 y 50 mg O₂/l. Cuando la concentración de cloruro en la muestra es mayor de 2 000 mg/l, se requiere el método modificado para las aguas salinas (Ramalho, 2013).

El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO₅, ya que muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente.

- **Demanda Bioquímica Oxígeno (DBO)**

Es una medida de la cantidad de oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica mediante procesos biológicos aeróbicos (bacterias y protozoarios; biodegradación) por lo tanto representa una medida indirecta de la concentración de materia orgánica e inorgánica degradable o que se pueda transformar biológicamente. Cuando los niveles del DBO son altos, los niveles de oxígeno disuelto son bajos, ya que las bacterias consumen oxígeno en gran cantidad.

- **Grasas y aceites**

La grasa engloba las grasas animales, aceites, ceras y otros constituyentes presentes en las aguas residuales. El keroseno, los aceites lubricantes y los procedentes de materiales bituminosos son derivados del petróleo y del alquitrán, en ocasiones puede alcanzar la red de alcantarillado en grandes cantidades procedentes de tiendas, garajes, talleres y calles, de los cuales una parte flotan en el agua residual y otros se incorporan al fango por los sólidos sedimentales. Los aceites interfieren en el normal desarrollo de la actividad biológica y son causa de problemas de mantenimiento Metcalf & Eddy (1998).

2.2.4. Tratamientos de aguas residuales Industriales

Los procesos industriales generan una gran variedad de aguas residuales que pueden tener orígenes muy distintos: agua usada como medio de transporte; del lavado y enjuague, de transformaciones químicas usando el agua como disolvente, como subproducto de proceso físico de filtración o destilación, como medio de transporte de calor, etc. El desarrollo de una política de medio ambiente en los países industrializados, que se asegura el futuro del propio proceso productivo, implica una limitación más estricta sobre los contaminantes (Rigola, 1989).

Las aguas residuales industriales contienen muchos contaminantes que pueden encontrarse en forma disuelta o en suspensión, y por su naturaleza química ser orgánicos e inorgánicos. Nos podemos referir a ellos definiéndolos como amoníaco o cadmio, dentro de las cuales están:

- Materia orgánica soluble, medida como DBO, DQO y COT.
- Aceites y grasas y material flotante.
- Nutrientes.
- Sólidos en suspensión material coloidal.
- Color turbidez y olor.
- Metales pesados.
- Contaminantes orgánicos especiales, etc.

2.2.4.1. Tratamiento Preliminar: Operaciones y Procesos

El tratamiento preliminar se elimina de materias gruesas, cuerpos gruesos y arenosos cuya presencia en el efluente perturba el tratamiento total y el funcionamiento eficiente de las máquinas, equipos e instalaciones de la planta depuradora. En esta etapa se efectúa el desbaste para eliminar las sustancias grandes, el tamizado para las partículas en suspensión, el desarenado para las arenas y el proceso de desaceitado para eliminar el aceite presente en el agua residual (FONAM, 2010).

- **Tamizado:** es la primera operación unitaria encontrada en una planta de tratamiento de aguas residuales. Los tamizados pueden ser gruesos o finos. Sirve para retener los materiales sólidos presentes en el efluente, superiores a 1 mm de diámetro, por lo que se emplean tamices de 1 mm de separación entre las barras. Estos suelen ser barras o varillas paralelas o alambres de tamaño uniforme. Los tamices finos poseen orificios finos que van desde 0,25 a 3,2 mm, mientras que en los tamices muy finos van desde 0,15 a 0,38 mm. Con el desarrollo de mejores materiales y equipos se ha presentado un aumento en tamices finos para remover arenas e incluso algunas unidades pueden reemplazar a los tanques de sedimentación primaria (Cabildo et al, 2008).
- **Desarenado**
Tiene por objetivo eliminar todas las partículas granulométricas que superan las 200 micras, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones, para proteger las bombas y otros aparatos y otros aparatos contra la abrasión y para evitar sobrecargas en las fases de tratamientos. Además el diseño para eliminar partículas de arenas de tamaño superior a 0,200 mm y peso específico medio 2,65 llegando a eliminar hasta el 90% de las partículas y si el peso específico de la arena es menor del 2,65 deben usarse velocidades de sedimentación inferiores a las anteriores (FONAM,2010). Normalmente los desarenadores se ubican después de las unidades que remueven sólidos gruesos (tamizado) y antes de sedimentación primaria, aunque en algunas plantas los desarenadores anteceden las unidades de tamizado (Ramalho, 2013). Los desarenadores suelen colocar después del desbaste y antes de los tanques de sedimentación primaria. Normalmente, la instalación del desbaste antes del desarenador facilita la explotación y el mantenimiento de los elementos de separación de arenas.

Tabla 2. Características del Pre tratamiento

Equipos	Características	Componentes eliminados	Rendimiento
Tamices			
Rejillas gruesas	Limpieza manual, para residuos mayores a 0,2 mm, rendimiento menor que las finas	basura, arenas, material sólido grueso,	Sólidos gruesos: 5 a 20 %
Rejillas finas o mallas	Para materia en suspensión muy pequeña, para aguas residuales pre- tratado, limpieza manual o mecánica, sensible al atascamiento por grasas acumuladas, utilizan energía. Mayor rendimiento que las rejillas gruesas.	materia en suspensión, solidos, arena, tierra	DBO, DQO: 10 % Grasas: 2% -3 SS 5%
Desarenadores			
Horizontal	Pueden ser de flujo variable o constante, se usan para pequeñas instalaciones, su velocidad varía de acuerdo a la velocidad del caudal, poco costoso, fácil de controlar.	Arenas, solidos, tierra, grasas y aceites, materia orgánica	S.suspendidos: 30% BDO: 20 -30 % DQO: 30 -40% grasas 20%
Vertical	Se inyecta aire, su velocidad lineal es constante y se controla con dimensiones del canal ubicando compuertas, costos elevado		Solidos : 50 % BDO: 40 % DQO: 40% grasas 20%
Inducido	Tiene fondo cónico, que permite la sedimentación de las partículas pesadas (arena) que son extraídas por la parte inferior, costoso y mantenimiento constante		Solidos : 70 % BDO: 40 % DQO: 40% grasas 20%
Remoción de grasas y aceites			
	Estos equipos eliminan grasas, aceites, espumas y demás materiales flotantes, se recomienda este pre tratamiento para un correcto funcionamiento de la instalación; es económico y se debe mantenerse siempre limpio	Grasas, aceites, efluentes	Aceites y grasas 85% y espumas. DBO 28% DQO 15%, SST 15%

Fuente: FONAM (2010), Metcalf & Eddy (1998).

- **Desengrasado y desaceitado**

Este proceso se encarga de separar los aceites y grasas; que consiste en la flotación mediante aire disuelto inyectado a presión, formando burbujas que salen a la superficie, fijándose las grasas. En algunos casos las partículas flotan de forma natural y se separan directamente por flotación mediante equipos adecuados (Cabildo et al, 2008).

2.2.4.2. Tratamientos primarios

Es un conjunto de procesos que se encargan de eliminar los sólidos suspendidos en el agua residual industrial, que por ser más finos no han podido ser eliminados durante el pre tratamiento y comprende la decantación o sedimentación, neutralización, coagulación - floculación (Cabildo et al, 2008).

- **Decantación o sedimentación:** es la remoción de las partículas (sólidos) en suspensión presentes en el agua. Estas partículas deberán tener un peso específico mayor que el fluido. Los sedimentadores primarios, diseñados y operados pacientemente pueden remover entre 50% y 70% de sólidos suspendidos y entre 25% y 40% en DQO y DBO.

La remoción de las partículas en suspensión en el agua puede conseguirse por sedimentación o filtración. De allí que ambos procesos se consideran como complementarios. La sedimentación remueve las partículas más densas, mientras que la filtración remueve aquellas partículas que tiene una densidad muy cercana a la del agua o que han sido suspendidas y que no pudieron ser removidas en el proceso anterior. La sedimentación es un proceso netamente físico y es uno de los procesos utilizados en el tratamiento del agua para que pueda ser clarificada (Ramalho, 2013).

- **Coagulación-Floculación**

Este proceso facilita el retiro de los SS y de las partículas coloidales. La coagulación se define como la desestabilización de la suspensión coloidal, y la floculación se limita a los fenómenos de transporte de las partículas coaguladas para provocar colisiones entre ellas promoviendo su aglomeración. Asimismo la coagulación permiten reducir de 50-85 % de la DBO y del 70-90% reduce los sólidos en suspensión seguido de una sedimentación (FONAM, 2010).

La coagulación se logra añadiendo al agua un producto que neutralice la carga eléctrica de las micelas (coagulante). Se trata de electrolitos, dando mejor rendimiento las sales de cationes polivalentes como las sales de sulfato de aluminio, sulfato férrico, cloruro férrico.

La floculación consiste en la formación de agregados mayores que los originados en la coagulación. Como agentes coagulantes se utiliza polielectrolitos orgánicos sintéticos, también existen floculantes naturales como: almidón, colas, taninos, gelatinas, gomas etc. Al añadir estos agentes las micelas se absorben en la superficie y se unen. Permitiendo que estas partículas se unan en agrupaciones superiores a la coagulación. Una vez formado los floculo deben reposar durante cierto tiempo en el depósito (Cabildo et al, 2008).

Tabla 3. Características del Tratamiento primario

Equipos	Características	Componentes eliminados	Remoción (%)
Sedimentadores o Decantadores			
Gravedad	Las partículas cambian de tamaño, aumenta de peso, su remoción es de acuerdo al tiempo a sedimentar, requiere regular área dependiendo del volumen, su costo es económico, mano de obra simple	Arenas, sólidos en suspensión, lodos y efluente	DBO 30-40 % DQO: 50% SSedimentales 50-65 %, Ay G 40%, nitrógeno y fosforo 10-20%
Coagulación - floculación			
	Alta disponibilidad, bajo costo, flexibilidad de uso, generación de lodos, el rendimiento depende de la agitación, requiere energía constante, Costo regular por los químicos, alta velocidad de decoloración, alta eficiencia en eliminación de sólidos, y elevado costo para el tratamiento de lodos.	coloides, sólidos suspendidos, lodos y bacterias del 80 al 90 %	Sólidos: 40% DBO y DQO: 20-40%

Fuente: FONAM (2010), Metcalf & Eddy (1998).

2.2.4.3. Tratamiento secundario: procesos biológicos

El tratamiento secundario más común es un tratamiento biológico aeróbico seguido de una decantación secundaria. En un tratamiento biológico, las bacterias y otros microorganismos destruyen y metabolizan las materias orgánicas solubles y coloidales, reduciendo la DBO y la DQO a valores inferiores a 100 mg/l. La velocidad de degradación depende de que se hallen presentes los microorganismos adecuados (Rigola, 1989).

- **Los lodos Activos:** Es un proceso de tratamiento secundario, donde los microorganismos están suspendidos en el agua residual, formando lo que se llama licor mezclado. Luego de actuar en el tanque de aireación, la biomasa es casi totalmente separada en un sedimentador secundario, para luego ser reciclado al tanque de aireación. Se llaman lodos activados convencionales, cuando el reactor o tanque de aireación este totalmente mezclado y el proceso se ubica en la parte superior de la fase logarítmica, es decir produce un crecimiento neto de la biomasa y por lo tanto debe extraerse periódicamente el exceso (Rigola, 1989).

Este proceso es el más utilizado dentro de los procesos aeróbicos como tratamiento biológico de las aguas residuales industriales. Las lagunas aerobias son depósitos de poca profundidad, de menos de 1 m, donde se dejan las aguas residuales unos días, (no más de 10) y son de bajo costo (Cabildo et al, 2012).

- **Procesos anaeróbicos:** consiste en una serie de procesos microbiológicos que ocurren dentro de un recipiente hermético, que realizan la digestión de la materia orgánica con producción de metano. Su aplicación principal es la estabilización de lodos concentrados producidos en el tratamiento de aguas residuales y en el tratamiento de desechos orgánicos concentrados industriales.

Algunos tratamientos anaeróbicos son los tanques sépticos y los reactores anaerobios que tratan el agua en un sistema sin luz, oxígeno ni movimiento. Su ventaja es que su instalación es menos costosa, no necesita oxígeno, su proceso es barato y el requerimiento de energía es menor (FONAM, 2010).

Tabla 4. Características del tratamiento secundario

Equipos	Características	Rendimiento	Remoción
Lodos activos			
	Aireación prolongada, bastante área, equipo de inyección de oxígeno, genera gran cantidad de lodos debido al crecimiento de bacterias, energía y mano de obra regular.	Eficiente remoción de materia orgánica y separación de sólidos,	SS y DBO: 80-90%
Procesos anaeróbicos			
Reactores	Admiten aguas residuales de mayor carga orgánica, costo de operación bajo, no necesita aporte de oxígeno, inversión alta, mayor tiempo de residencia en el reactor y genera mal olor de lodos	Disminución de materias volátiles, materia orgánica, concentración de lodos. Remueve el DBO, DQO y SST	DBO y DQO: 80-90% SS: 90%

Fuente: FONAM (2010).

2.2.4.4. Tratamiento Terciario (avanzado)

El tratamiento terciario también se conoce como tratamiento avanzado, consiste en una serie de procesos destinados a conseguir una calidad de efluentes superior a la del tratamiento secundario, y los Objetivos de este tratamiento son: eliminación de gérmenes patógenos y de parásitos (desinfección), eliminación de color, eliminación de detergentes, eliminación de fosfatos, para evitar eutrofización de las aguas receptoras, eliminación total o parcial de compuestos nitrogenados (amoníaco, nitratos y nitritos), disminución del contenido en materias disueltas y en suspensión, reducción de la carga orgánica como el DBO y la DQO aún después del tratamiento secundario (Cabildo et al, 2008,96).

- **Eliminación de sólidos en suspensión**

Para eliminar los sólidos en suspensión se utiliza los procesos de microtamizado, filtración y coagulación. Los microtamizados se construyen mediante tambores rotativos. Donde el agua residual se elimina de forma continua en la parte inferior de un tambor, fluyendo hasta una cámara de almacenamiento de agua clara en la parte exterior. Con este proceso se consigue eliminaciones del 70 al 90% de los sólidos en suspensión (SS). La filtración se utiliza para conseguir el rendimiento en la eliminación de sólidos en suspensión de hasta un 99%, y como medios de filtración se utilizan la arena, grava, antracita y otros. Y para la coagulación se utiliza la alúmina, polielectrolitos, cal y otros reactivos químicos (Ramalho, 2013).

- **Adsorción con carbón activo**

Se utiliza para eliminar la materia orgánica residual que ha pasado un tratamiento biológico. El carbón más usado es de forma granular, que puede generarse después de su agotamiento.

Este proceso se lleva a cabo en forma continua y discontinua. En la operación discontinua, el carbón activo en polvo se mezcla con el agua residual y se deja decantar. La continua se lleva a cabo en columnas conteniendo carbón granulado (de 40 a 80 mallas) es más económico que la discontinua y ha encontrado mayores implicaciones.

La eliminación de los contaminantes en las columnas de carbón activo se lleva a cabo mediante tres mecanismos: adsorción, fijación de partículas grandes y la deposición parcial de la materia coloidal. Sus porcentajes de eliminación dependen del tiempo de contacto entre el agua residual y el carbón activo (Ramalho, 2013).

- **Intercambio iónico**

El intercambio iónico se utiliza para eliminar sales disueltas en las aguas residuales. Se hace pasar una resina polimérica, llamada intercambiadora, ya que en ellas tiene lugar un intercambio de los iones contaminantes del agua por otros no contaminantes presentes en la resina. Se utiliza principalmente para efluentes de industrias pequeñas y medianas que contengan metales en formas iónicas solubles como fenoles, nitratos y cianuros. Es importante en industrias de cromado y de galvanotecnia (Cabildo et al, 2008, 99).

- **Osmosis inversa (OI)**

Para este proceso se utiliza una membrana que solo permite el paso del agua pura, quedando retenidas las sales. Las membranas son semipermeables, y están constituidas de acetato o triacetato de celulosa, la capa superficial de la membrana tiene un espesor de unos 0,2 μm y es poco porosa. De esta forma se puede retirar las sales de metales pesados. Este proceso se utiliza principalmente para la desalinización del agua de mar (Cabildo et al, 2008, 98).

- **Ozonización**

Es un oxidante extremadamente reactivo, y está ampliamente aceptado que la destrucción de las bacterias por ozonización se produce directamente debido a la desintegración de la pared celular. También es un virucida muy efectivo, y su efectividad es superior a la del cloro. En el tratamiento de las aguas residuales, también se emplea para la eliminación de materia orgánica soluble refractaria, sustituyendo al proceso de adsorción con carbón activo (Metcalf & Eddy, 1998).

- **Oxidación química**

Una alternativa para eliminar ciertos compuestos orgánicos e inorgánicos, su destrucción se da por oxidación con ozono O₃. En algunos casos la ozonización se puede activar o complementar con luz ultravioleta. Los compuestos alifáticos insaturados pueden generar sustancias fenólicas tóxicas. La combinación ozono/UV es efectiva para tratar pesticidas, se usa especialmente en las industrias agrícolas (Cabildo et al, 2008).

2.2.5. Metodología para la identificación de los factores ponderados

Para una adecuada elección del tratamiento de aguas residuales se utilizará el método de factores ponderados, ya que permite incorporar en el análisis consideraciones de carácter cualitativo y cuantitativo, que consiste en:

- Identificar los factores más relevantes en una decisión.
- Se establece una ponderación entre ellos en función de su importancia relativa.
- Se puntúa cada alternativa para cada uno de estos criterios a partir de una escala previamente determinada.
- Por último, se obtiene una calificación global de cada alternativa (Córdova, 2013).

Asimismo, la identificación de los factores debe establecerse en función de las necesidades legales, económicas, financieras y sociales, relacionando los distintos aspectos que pueden ser evaluados en un proceso de tratamiento de agua (Noyola et al, 2013).

Estos se mencionan a continuación:

- Eficacia de remoción de contaminantes por tecnologías.
- Desechos generados al aplicar la tecnología.
- Área de terreno requerida.
- Disponibilidad de la tecnología.
- Consumo de energía.
- Costos de la tecnología (inversión, operación y mantenimiento).
- Producto apto para su Reutilización.
- Mano de obra.
- El entorno.

Tabla 5. Características del tratamiento terciario

Equipos	Características	Rendimiento	Remoción
Adsorción con carbón activo	Puede ser granular y en polvo se usa para refinamiento de aguas residuales, mano de obra baja, inversión baja y es económica	remueve materia orgánica, aceite, hidrocarburos	DBO,DQO: 40 - 60 % SS:30-40%
Intercambio Iónico	Gasto energético alto, produce agua salina, operatividad simple e inversión baja.	eficiencia alta	DBO y DQO: 60 -94 %
Ósmosis inversa	Se utilizan membranas, agua de alta calidad, manejo sencillo, bajo costo de energía, bajo costo de operación	su rendimiento es bueno y remueve todo tipo de contaminante	DBO y DQO: 50-70 % SS: 30%
Ozonización	No requiere productos químicos, no genera lodos, requiere tiempo de contacto, energía y su costo es relativamente alto	su rendimiento es alto y genera poca carga orgánica	DBO y DQO: 70 -96 %
Oxidación química	Los equipos son simples, económica, no genera lodos, no utiliza energía, mantenimiento poco costoso	Tiene alta eficiencia en remoción	DBO y DQO: 60-80 % SS: 20%

Fuente: Metcalf & Eddy (1998), Proyecto Life MinAqua (2016).

Por lo tanto, la identificación de los factores debe establecerse en función de las necesidades legales, económicas, financieras y sociales, relacionando los distintos aspectos que pueden ser evaluados en un proceso de tratamiento de agua (Noyola et al, 2013) los cuales se mencionan a continuación:

- Eficacia de remoción de contaminantes por tecnologías.
- Desechos generados al aplicar la tecnología.
- Área de terreno requerida.
- Disponibilidad de la tecnología.
- Consumo de energía.
- Costos de la tecnología (inversión, operación y mantenimiento).

- Producto apto para su Reutilización.
- Mano de obra.
- El entorno.

2.2.6. Metodologías para la Identificación y Valoración de Impactos Ambientales (EIA 'S)

Las metodologías de impactos ambientales deben ser integrales, con la finalidad de identificar, predecir, cuantificar y valorar las alteraciones o impactos ambientales de un conjunto de acciones y/o actividades. Lo cual nos permitirá conocer las variables físicas, químicas y biológicas; así como los procesos socioeconómicos, culturales y paisajísticos, que son afectados en el proceso de lavado de los vehículos.

A. Impacto ambiental (IA)

Un impacto ambiental se da cuando una actividad o una acción produce una alteración favorable o desfavorable, en el medio o en algún componente del medio. Estas acciones pueden ser un proyecto, una ley, un plan o una disposición administrativa la cual tienen implicancias ambientales positivas o negativas (Conesa, 2003).

Los impactos ambientales deben tener una serie de características donde destacan las siguientes:

- El carácter del impacto, se refiere si se considera positiva o negativa con respecto al estado previo de la acción (vulnerabilidad), o si es beneficioso o perjudicial.
- La magnitud del impacto; que representa la cantidad e intensidad del impacto.
- El significado del impacto; comprende a su importancia relativa.
- El tipo de impacto; se describe el modo en que se produce ya sea directo, indirecto o sinérgico.
- La duración del impacto; comportamiento del impacto en el tiempo, corto, mediano o largo plazo.
- La reversibilidad del impacto; tiene en cuenta la posibilidad, dificultad o imposibilidad de retomar la situación anterior a la acción (reversible e irreversible).
- El riesgo del impacto, estima su probabilidad de ocurrencia.
- El área de influencia, es el territorio que contiene el impacto ambiental y que no forzosamente coincide con la localización de la acción propuesta (Espinoza, 2007).

B. Método de Leopold

Sirve sólo para identificar impactos y su origen, sin proporcionarles ningún valor. Sin embargo, permite estimar la importancia y magnitud de los impactos con ayuda de un grupo de expertos y de profesionales involucrados en el proyecto. La Matriz de Leopold consiste en una lista de 100 acciones que pueden causar impactos al ambiente representados por columnas y 88 características ambientales representadas en filas. Esta combinación produce una matriz con 8 800 casilleros que en la práctica no se consideran a todos, y donde en cada casillero se distingue la magnitud e importancia del impacto, a una escala que va de 1 a 10 (Espinoza, 2001).

La magnitud del impacto se refiere a su cantidad física; si es grande o pequeño dependerá de la comparación, y puede ser positivo o negativo si el tipo de modificación es deseado o no. La importancia, que solo pueden recibir valores positivos, queda dada por la ponderación que se le asigne y puede ser muy diferente de la magnitud. La forma de utilizar una Matriz de Leopold se resume en los siguientes pasos:

- Delimitar el área de influencia.
- Determinar las acciones que ejerce el proyecto sobre el área.
- Determinar por cada acción que elemento (s) afectan. Que se logra mediante el rayado de la cuadrícula de interacción.
- Determina la importancia de cada elemento en una escala de 1 a 10.
- Determina la magnitud de cada acción sobre cada elemento, en una escala de 1 a 10.
- Determina si la magnitud es positiva o negativa.
- Determina cuantas acciones del proyecto afectan al ambiente (positivas o negativas).
- Determina cuantos elementos del ambiente son afectados por el proyecto.
- Agrega los resultados para los elementos del ambiente.

Los resultados se resumen en promedios aritméticos, que resultan al dividir el numerador con el denominador, y se adiciona a lo largo de la fila o la columna analizada.

C. Valoración de los impactos

Una vez identificados y cuantificados los impactos físicos, biológicos y socioeconómicos, se realizará la valoración en base a los criterios mencionados por Sbarato (2010), que se describen a continuación:

- **Carácter del Impacto;** que hace referencia a su consideración positiva o negativa respecto al estado previo de la acción.
- **La Intensidad;** que indica el grado de destrucción.
- **La Extensión;** informa su extensión del área que se ve afectada.
- **Sinergia;** contempla el reforzamiento de 2 o más efectos simples que generen efectos sucesivos.
- **Persistencia;** refleja el tiempo que permanecería el efecto desde su aparición.
- **Efecto;** se interpreta como la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción.
- **Momento;** es el tiempo que transcurre entre la acción y el comienzo del efecto sobre el factor ambiental.
- **Acumulación;** da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto de forma continua o reiterada la acción que lo genera.
- **Recuperabilidad;** es la posibilidad de reconstrucción total o parcial el factor afectado como consecuencia del proyecto.
- **Reversibilidad;** hace referencia al efecto en el que la alteración puede ser asimilada por el entorno debido al funcionamiento de los procesos naturales.
- **Periodicidad;** es la regularidad de manifestación del efecto.

La importancia es $IM = (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$.

2.2.7. Normas para el vertimiento de Aguas Residuales en el Perú

2.2.7.1. Marco Legal

- **Ley 28611: Ley general del ambiente**

Artículo 121° . - Del vertimiento de aguas residuales.

El Estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo a lo establecido en los ECA correspondientes y las normas legales vigentes (Minam, 2005).

- **Ley ° 29338: Ley de Recursos Hídricos**

Artículo 79° . - Vertimiento de agua residual: La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural, previa opinión técnica de las Autoridades Ambientales, los ECA-Agua y Límites Máximos Permisibles (LMP). Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización.

En caso de que el vertimiento del agua residual tratada pueda afectar la calidad del cuerpo receptor, la vida acuática asociada a este o sus bienes asociados, según los estándares de calidad establecidos o estudios específicos realizados y sustentados científicamente, la Autoridad Nacional debe disponer las medidas adicionales que hagan desaparecer o disminuyan el riesgo de la calidad del agua, que puedan incluir tecnologías superiores, pudiendo inclusive suspender las autorizaciones que se hubieran otorgado al efecto. En caso de que el vertimiento afecte la salud o modo de vida de la población local, la Autoridad Nacional suspende inmediatamente las autorizaciones otorgadas (Minam, 2009).

Artículo 80° . - Autorización de vertimiento: Todo vertimiento de agua residual en una fuente natural de agua requiere de autorización de vertimiento, para cuyo efecto debe presentar el instrumento ambiental pertinente aprobado por la autoridad ambiental respectiva, el cual debe contemplar los siguientes aspectos respecto de las emisiones:

- Someter los residuos a los necesarios tratamientos previos.
- Comprobar que las condiciones del receptor permitan los procesos naturales de purificación.

Artículo 82° . - Reutilización del agua residual: La Autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca, autoriza el rehúso del agua residual tratada, según el fin para el que se destine la misma, en coordinación con la autoridad sectorial competente y, cuando corresponda, con la Autoridad Ambiental Nacional.

Artículo 83°. - **Prohibición de vertimiento de algunas sustancias:** Está prohibido verter sustancias contaminantes y residuos de cualquier tipo en el agua y en los bienes asociados a ésta, que representen riesgos significativos según los criterios de toxicidad, persistencia o bioacumulación.

Artículo 122.3.- Del tratamiento de residuos líquidos: En el anexo 122.3 Las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas, productivas, de comercialización u otras que generen aguas residuales o servidas, son responsables de su tratamiento, a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los LMP, los ECA y otros estándares establecidos en instrumentos de gestión ambiental, de conformidad con lo establecido en las normas legales vigentes.

Artículo 132.-Aguas residuales domésticas y municipales: En el anexo 132.2 Las aguas residuales municipales son aquellas aguas residuales domésticas que puedan incluir la mezcla con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial siempre que éstas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

Artículo 133°.- Condiciones para autorizar el vertimiento de aguas residuales tratadas: El ANA autoriza el vertimiento de las aguas residuales cuando:

- Las aguas residuales sean sometidas a un tratamiento previo, permitiendo el cumplimiento de LMP.
- No se transgredan los ECA - Agua en el cuerpo receptor, según las disposiciones del Ministerio del Ambiente.
- El cuerpo receptor permita los procesos naturales de purificación.
- No se afecte la conservación del ambiente acuático.

2.2.8. Límites Máximos Permisibles para efluentes vertidos a cuerpos de aguas

Los Límites Máximos Permisibles (LMP)

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

Las aguas residuales no domésticas son todas las descargas de líquidos producidos por alguna actividad económica, comercial e industrial, distintos a los generados por los usuarios domésticos, quienes descargan aguas residuales producto de la preparación de alimentos, del aseo personal y de desechos fisiológicos según Miman (2010).

Tabla 6. Límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua receptor.

Parámetros	Unidad	Expresión	Límites Máximos Permisibles
Aceites y grasas	mg/l	A y G	20
Aluminio	mg/l	Al	5,0
Cloruros	mg/l	Cl	1 000
Coliformes Termo Tolerantes	NMP/100 ml		10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	DBO	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	DQO	250
pH	unidad	pH	6,5 – 9
Sólidos Totales en Suspensión	ml/l	S.S.T	100
Sulfatos	mg/l	SO4	1 000
Temperatura	°C	T	< 35

Fuente: Minam (2010).

2.2.9. Metodología para determinar el pago adicional por exceso de concentración de los parámetros

La determinación del pago adicional por exceso de concentración se hace de acuerdo a la resolución de consejo directivo n° 025-2011-SUNASS-CD donde: los usuarios no deben descargar, directa o indirectamente, en el sistema de recolección del servicio de alcantarillado, aguas residuales No domésticas o cualquier otro tipo de residuos sólidos, líquidos o gaseosos que no cumplan con la normativa de descargas de aguas residuales.

Por lo que SEDAPAL, podrá cobrar a los usuarios el costo adicional correspondiente a las descargas en el servicio de alcantarillado que superen los Valores Máximos Admisibles establecidos por la normativa correspondiente, conforme a la metodología aprobada por SUNASS.

- **Establecimiento de rangos**

La presente metodología establece cinco (05) rangos de concentración de los parámetros (DBO,DQO,SST, A y G) en relación a los incrementos de concentraciones establecidas como valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales en el sistema de recolección del servicio de alcantarillado sanitario y la transición de estos valores en relación a la dilución de la ciudad y los efectos generados y proyectados en la operación y mantenimiento de la red colectora y plantas de tratamiento de desagüe, con la finalidad de incentivar en los usuarios no domésticos la adecuación de sus sistemas con un pre tratamiento antes de verter sus desagües a la red colectora:

Tabla 7. Definición de rangos de parámetros.

Rangos	Parámetros			
	DBO5	DQO	SST	A y G
VMA (mg/l)	500	1000	500	100
Rango 1	500,1 – 550	1 000,1 - 1 100	500,1 - 550	100,1- 150
Rango 2	550,1 – 600	1 100,1 - 1 200	550,1 - 600	150,1 – 200
Rango 3	600,1 - 1 000	1 200,1 - 2 500	600,1 - 1 000	200,1 – 450
Rango 4	1 000,1- 10 000	2 500,1 - 10 000	1 000,1- 10 000	450,1 - 10 000
Rango 5	> a 10 000	> a 10 000	> a 10 000	> a 1 000

Fuente: Sedapal.

- **Establecimiento de límites de pago adicional**
Adicionalmente se establece límites de pago adicional por cada rango adicional establecido:

Tabla 8. Definición de límites de parámetros

RANGO	Límite de pago adicional
Rango 1	25% del importe facturado por servicio de alcantarillado
Rango 2	75% del importe facturado por el servicio de alcantarillado
Rango 3	100% del importe facturado por el servicio de alcantarillado
Rango 4	10 veces del importe facturado por el servicio de alcantarillado
Rango 5	20 veces del importe facturado por el servicio de alcantarillado

Fuente: Sedapal.

- **Establecimientos de pesos específicos para cada uno de los parámetros**
La metodología establece pasos específicos para cada uno de los parámetros: DBO5, DQO, A y G y SST.

Tabla 9. Asignación porcentual por parámetro

Parámetro	Asignación Porcentual
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	25%
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	35%
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	20%
Aceites y Grasas	20%

Fuente: Sedapal.

- **Fórmula:** El pago adicional a ser aplicado a los usuarios No domésticos que producen agua residual No doméstica con concentraciones de DBO, DQO, SST y Aceites y Grasas por encima de los Valores Máximos Admisibles del Anexo N° 1 del D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, será aplicado sobre la estructura tarifaria previamente definida entre SEDAPAL y la SUNASS.

PA = Importe a facturar por el servicio de alcantarillado (°F)

Donde:

PA= pago adicional

F = Factor de ajuste para calcular el pago adicional.

Tabla 10. Factores para cada rango

RANGO	FACTORES				TOTAL
	F DBO5	F DQO	F SST	F A y G	
Asignación porcentual	25%	15%	20%	20%	
Rango 1	6%	9%	5%	5%	25%
Rango 2	19%	26%	15%	15%	75%
Rango 3	25%	35%	20%	20%	100%
Rango 4	250%	350%	200%	200%	10 veces mas
Rango 5	500%	700%	400%	400%	20 veces más

Fuente: Sedapal.

III. RESULTADOS

3.1. Determinar las características fisicoquímicas de las aguas residuales vertidas por la empresa y su impacto ambiental

3.1.1. La empresa

La empresa Pevastar S.A.C, es una empresa industrial que se encuentra ubicada en la Panamericana Norte carretera a Lambayeque en el km 775,2 con ruc 20488080858, se dedica al servicio de lavado de vehículos de carga (liviana y pesada) y al mantenimiento como el engrase, cambio de aceite y la alineación y balanceo de llantas.

Inició sus operaciones en Agosto del año 2013, y cuentan con un área de 1 300 m². Para brindar este servicio la empresa cuenta con un pozo tubular para extraer el agua del subsuelo y ser almacenada en 2 tanques de 2 500 litros c/u, esta es expulsada por la presión de bombas a través de 2 mangueras, una para cada bomba y tener mejor presión en la expulsión del agua, permitiendo lavar un aproximado de 13 a 15 unidades diarias de acuerdo al tipo de vehículo.

La tabla 11 nos muestra la cantidad de vehículos que fueron lavados durante el año 2016 haciendo un total de 4 786 unidades que pertenecen a empresas de la región Lambayeque y otras como: Piura, Tumbes, Amazonas, San Martín etc.

Tabla 11. Número de vehículos lavados mensualmente en el año 2016

Mes	Camiones	Tráiler	Camionetas 4x4	Maquinaria pesada	TOTAL
	2 a 3 ejes	4 a 6 ejes			
Enero	150	180	25	45	400
Febrero	160	177	31	32	400
Marzo	156	170	24	36	386
Abril	171	158	30	33	392
Mayo	184	162	21	38	405
Junio	173	160	26	35	394
Julio	181	168	22	28	399
Agosto	181	170	24	37	412
Septiembre	164	170	22	36	392
Octubre	175	167	31	31	404
Noviembre	168	176	20	32	396
Diciembre	172	183	18	33	406
Total de vehículos	2 035	2 041	294	416	
Total año					4 786

Fuente: Pevastar S.A.C

Para obtener la cantidad de agua que utiliza cada vehículo se tomó cuatro muestras en distintas fechas, donde de acuerdo al volumen de agua y la unidad de tiempo se obtuvo un caudal de 33,6 l/m con un promedio de 1 978,2 l/unidad (ver la tabla 12). Asimismo, este resultado permitió saber la cantidad de agua que utilizó la empresa cada mes durante el año 2016, llegando a un total de 9 809,61 m³ tal como se muestra en la tabla 13.

Tabla 12. Cantidad de agua que se utiliza durante el lavado de los vehículos

Vehículos	Tiempo empleado por unidad	Promedio de tiempo empleado (min)	Cantidad de agua utilizada por unidad (l)
Camiones de 2 y 3 ejes	30	35	1 176
	25		
	45		
	40		
Trailers de 4 y 6 ejes	95	86,25	2 898
	83		
	108		
	59		
Camionetas 4x4	26	23,25	781,2
	25		
	20		
	22		
Maquinaria pesada	76	91	3 057,6
	80		
	110		
	98		
Promedio		58,88	1 978,2

Fuente: Pevastar S.A.C

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla decimos que la cantidad de agua que utiliza cada unidad es excesiva, ya que según el Minan (2014) en el país cada persona necesita 50 litros de agua por día para cubrir sus necesidades esenciales, como es su alimentación y el aseo. Además menciona que, para las industrias el agua es indispensable, por lo que los lavaderos de carros con manguera llegan a utilizar hasta 500 litros por 25 minutos.

Por lo tanto al comparar con el promedio de agua que usa una unidad en 58,8 minutos (promedio de tiempo del servicio de lavado la empresa) se observa que es elevado, por esto la disponibilidad del agua dulce para el consumo humano y las industrias es preocupante, obligando a todos a asumir una cultura de ahorro y uso racional de este recurso, para las futuras generaciones.

Tabla 13. Cantidad de agua por mes en el año 2016

Mes	Camiones 2-3 ejes	Trailers 4- 6 ejes	Camionetas 4x4	Maquinaria pesada	TOTAL (l)
Enero	176 400,00	521 640,00	19 530,00	137 592,00	855 162,00
Febrero	188 160,00	512 946,00	24 217,20	97 843,20	823 166,40
Marzo	183 456,00	492 660,00	18 748,80	110 073,60	804 938,40
Abril	201 096,00	457 884,00	23 436,00	100 900,80	783 316,80
Mayo	216 384,00	469 476,00	16 405,20	116 188,80	818 454,00
Junio	203 448,00	463 680,00	20 311,20	107 016,00	794 455,20
Julio	212 856,00	486 864,00	17 186,40	85 612,80	802 519,20
Agosto	212 856,00	492 660,00	18 748,80	113 131,20	837 396,00
Septiembre	192 864,00	492 660,00	17 186,40	110 073,60	812 784,00
Octubre	205 800,00	483 966,00	24 217,20	94 785,60	808 768,80
Noviembre	197 568,00	510 048,00	15 624,00	97 843,20	821 083,20
Diciembre	202 272,00	530 334,00	14 061,60	100 900,80	847 568,40
Total año	2 393 160,00	5 914 818,00	229 672,80	1 271 961,60	9 809 612,40

Fuente: Pevastar S.A.C

Tabla 14. Cantidad de agua por mes en el año 2017

Año 2017	Agua (l)	Agua m ³
Enero	833 003,9	833,00
Febrero	835 278,7	835,28
Marzo	837 553,5	837,55
Abril	839 828,3	839,83
Mayo	842 103,1	842,10
Junio	844 377,9	844,38
Julio	846 652,7	846,65
Agosto	848 927,5	848,93
Septiembre	851 202,3	851,20
Octubre	853 477,1	853,48
Noviembre	855 751,9	855,75
Diciembre	858 026,7	858,03
Total		10 146,18

Fuente: Pevastar S.A.C

Como se puede observar en la tabla 13 y 14 el recurso para el lavado de los vehículos es excesivo, llegando a utilizar 9 809, 6 y 10146,18 m³/año. Por ende frente al desmedido uso de las industrias del agua subterránea en el Perú, según el artículo publicado por Salas Vanini, (2016), la SUNASS en marzo del 2017 se aprobó la

metodología para el cálculo de la tarifa por monitoreo y gestión de uso de este recurso, donde las EPS propondrán la tarifa de acuerdo al D L N°1185; todo esto debido a que los usuarios industriales y comerciales conectados a red pagan S/.5,21 por metro cúbico (m³), mientras que los usuarios que tienen un pozo propio pagan S/.1,41 por m³. También informo que evaluará las propuestas de la EPS sobre nuevas tarifas tomando en cuenta los criterios de costo de inversión, operación y mantenimiento de proyectos que garanticen la sostenibilidad del agua subterránea.

Con respecto al D.L. la Sunass (2017), publico la nota de prensa: “Proyecto de tarifas para uso de aguas subterráneas” n° 211 – 2017 donde los usuarios tienen la obligación de pagar una tarifa que representa solo el 20% de la tarifa de un usuario conectado a la red de SEDAPAL. Con esta propuesta los usuarios industriales de aguas subterráneas (que consumen aproximadamente el 32,9% de las reservas de aguas subterráneas de Lima, Callao y luego la Libertad) que actualmente pagan en promedio S/. 1, 55 por m³, pasarían a pagar S/. 3,208 por m³ si consumen más de 1000 m³ al mes. Los pagos se realizarán de acuerdo a su categoría. Ver tabla 15.

Por lo tanto calculando los metros cúbicos de agua consumida con el monto a pagar, la empresa Pevastar S.A.C. pagaría la cantidad de S/. 31 469,20 durante el año 2016, lo cual si sabemos que el agua es indispensable, y que día a día se va agotando se debe procurar en lo posible cuidarla en los hogares y en la industrias reciclarla.

Tabla 15. Estructura tarifaria del servicio de monitoreo y uso de aguas subterráneas

Clase	Rango	Tarifa (S./m3)
Categoría	(m3/mes)	Año 1
Residencial		
Social	0 a más	0,612
Domestica I	0 a más	0,721
Domestica II	0 a más	1,718
No residencial		
Comercial y Otros	0 a más	2,803
Industrial	0 a 500	2,803
	500 a más	3,208
Estatal	0 a más	1,718

Nota: No incluye IGV.

Fuente: SUNASS

3.1.1.1. Insumos

- **Detergentes:** el detergente que utiliza la empresa en el proceso de lavado es granulado, en bolsas de 14 kg, el cual junto con la grasa y el aceite dificultan el paso del agua en las tuberías. La cantidad de detergente que se usó durante el año 2016 se muestra en la tabla 16. Como se sabe el uso de detergente es toda sustancia

o mezcla que contenga jabón u otros tensioactivos, y que se utiliza en procesos de lavado y limpieza, de los lavaderos. Según el proyecto del Consorcio Life MinAqua (2016) el principio activo de los detergentes son los tensioactivos, sustancias orgánicas o mezclas que presentan ciertas propiedades como: detergentes, espumantes, capacidad soluble, emulsionantes (partículas de grasas que estas pierdan adherencia entre sí y con la superficie metálica, facilitando que la suciedad pueda ser eliminada fácilmente), humectantes y dispersantes.

Por lo tanto es importante tener en cuenta que los insumos que se usan en el proceso de lavado sean productos mínimamente nocivos y, a ser posible, que dispongan de fichas técnicas y de seguridad.

Tabla 16. Uso de detergente durante el año 2016

Tipo de Unidad	N° de unidades anuales	Detergente utilizado por unidad (kg)	Detergente utilizado al año (kg)
Camiones	2 035	0,14	284,90
Trailers	2 041	0,16	326,56
Camionetas	294	0,13	38,22
Maquinaria pesada	416	0,16	66,56
Total			716,24

Fuente: Pevastar S.A.

- **Energía:** El consumo de energía en la empresa se debe al encendido del motor, la compresora las bombas y los focos del alumbrado, los pagos realizados se muestran en la tabla 17.
- **Mano de Obra:** La empresa cuenta con 6 empleados, uno para el engrasado y dirección cuando el cliente solicite este servicio y a la vez para el lavado, 1 para el secado y 4 se dedican al proceso de lavado, cepillado y enjuague; debido a que existen 2 rampas, una para cada unidad.

3.1.2. Descripción del proceso de lavado

- **Recepción**
Los vehículos que llegan para ser lavados primero se estacionan en la parte exterior de la empresa si no hay espacio, en general cuando son camiones de 4 a 5 ejes, de lo contrario se estacionan dentro de la empresa por orden de llegada para luego pasar a ser lavados, ocasionando ruido y contaminación del medio ambiente al emitir partículas y gases como el monóxido de carbono (CO), el dióxido de carbono (CO₂) y compuestos orgánicos volátiles.

Tabla 17. Consumo de energía eléctrica en el año 2 016

Meses	Gastos de energía eléctrica
Enero	S/ 728,00
Febrero	S/ 687,00
Marzo	S/ 597,00
Abril	S/ 632,00
Mayo	S/ 768,00
Junio	S/ 631,00
Julio	S/ 701,00
Agosto	S/ 746,00
Septiembre	S/ 549,00
Octubre	S/ 674,00
Noviembre	S/ 752,00
Diciembre	S/ 762,00
Total	S/ 8 227,00

Fuente: Pevastar S.A.C

- **Lavado y Cepillado**

Una vez desocupada las rampas los vehículos pasan a ser lavado y cepillados, esta operación es manual y generalmente lo realizan 2 personas, una se encarga de lavar y otra cepilla para remover la tierra, impurezas y suciedad que estos contienen. Luego de haberse removido las impurezas con la presión del agua y la escobilla, se procede a pasar detergente con escobas y trapos que permita remover toda la impureza, de la parte externa del tracto y la parte interna y externa de los camiones generando residuos sólidos, efluentes contaminados de grasa, aceite y espuma ocasionando obstrucción en la tubería.

- **Enjuague**

Luego de haber pasado el detergente, se procede a eliminar el detergente, las espumas y los restos que se genera en el cepillado, por medio del agua expulsada por la presión de las mangueras. Como consecuencia a la obstrucción generada por el efluente en el proceso de lavado y el enjuague genera gastos para la empresa, por el servicio que brinda Epsel con su hidrojete para desatorar la tubería, que en algunos casos es de 2 a 3 veces por mes.

- **Secado**

Una vez enjuagado el vehículo baja de la rampa para ser secado por una persona manualmente con franelas, hasta dejarlo seco y listo para ser entregado, esta operación se realiza solo al tracto en los camiones grandes, cuando son camionetas a todo el vehículo y cuando es maquinaria pesada se realiza en la cabina del conductor. En este proceso se contamina el suelo debido a que los residuos líquidos son vertidos en el suelo y no cuentan con un almacén y/o un lugar donde se deposite los trapos y franelas que no son útiles.

Como una operación individual está el proceso de mantenimiento de los vehículos que consta en centrar y engrasar a los vehículos que requieran el servicio.

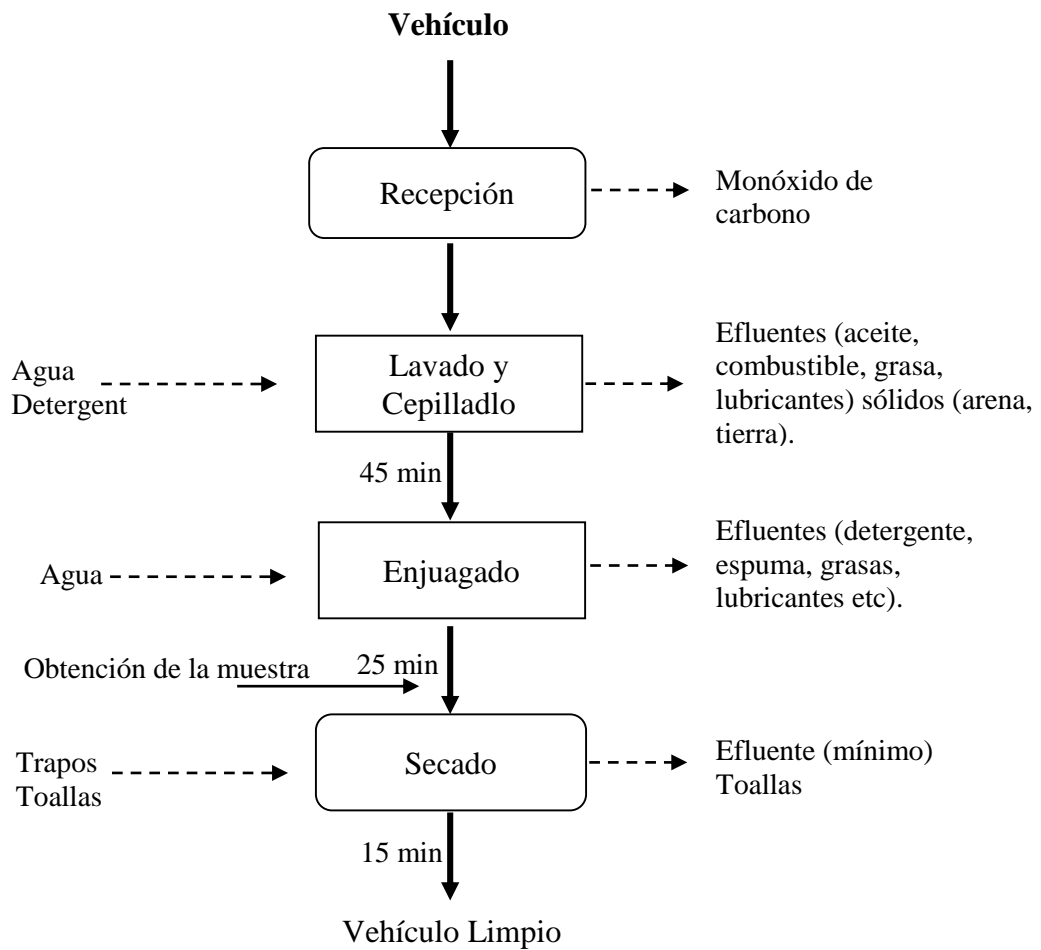


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de lavado

Fuente: Pevastar S.A.C

Tabla 18. Composición del agua residual en cada etapa

Etapa	Composición del agua residual
Recepción	Agua limpia
Lavado y cepillado	Efluentes (aceite, combustible, grasa, lubricantes) sólidos (arena, tierra).
Enjuagado	Efluentes: grasas, aceites, detergente, espumas, carburos sólidos: arena y tierra.
Secado	Efluentes y trapos/toallas

Fuente: Pevastar S.A.C

3.1.3. Caracterización de las aguas residuales procedentes de la empresa

Para determinar la caracterización fisicoquímica de las aguas residuales vertidas por la empresa Pevastar S.A.C, se consideró los límites máximos permisibles para vertidos de agua residual a cuerpos naturales de agua, decretados por el Ministerio del Ambiente; los análisis se realizaron en laboratorio de Epsel S.A y el laboratorio de Química de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, y en la tabla 19 se muestran los resultados.

Tabla 19. Resultado de los parámetros analizados en el efluente para ser comparados con los límites máximos permisibles

Parámetros	unidad	Resultados Obtenidos	Límites Máximos Permisibles
EPSEL S.A			
DBO mg/l	mg/l	2 910	100
DQO mg/l	mg/l	4 300	250
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	4 380	100
Laboratorio de la UNPRG			
pH	unidades	8,2	6 – 9
T °C	unidades	22,1	< 35
Conductividad eléctrica	m.s/cm	1,5	
Alcalinidad	mg/l	500	
Cloruros	mg/l	443,13	
Dureza	mg/l	780	
Sulfatos	mg/l	230	1 000
Aceites y Grasas	mg/l	12	20

Fuente: Laboratorio de la UNPRG, Epsel S.A. y Ministerio del Ambiente (2010).

El tipo de muestro para los análisis fue simple, ya que fue tomado una sola vez y en un lugar determinado, en este caso después del proceso de enjuague, en el poso sedimentador con el que cuenta la empresa, durante la jornada laboral; permitiendo tener un mejor resultado de los parámetros para determinar la calidad del agua residual.

Al comparar los resultados obtenidos se afirma que en las aguas residuales generadas en el servicio de lavado vehicular la DQO, DBO y los SST se encuentran fuera de los límites máximos permisibles para descargas a un cauce de agua, lo que significa que estas aguas no pueden ser arrojadas sin un previo tratamiento, por lo tanto es de mucha importancia tratar eficientemente, mediante un método de depuración que permita disminuir el impacto generado.

Como se observa la DQO, es mayor que la DBO, lo que nos quiere decir que existe gran cantidad de sustancias susceptibles a ser oxidadas por sustancias químicas, y como

el nivel de la DBO también es alto, el nivel de oxígeno disuelto es bajo ya que las bacterias están consumiendo ese oxígeno en gran cantidad. Y según Sánchez (2007) cuando el DBO es mayor de 120 mg/l se dice que el agua es fuertemente contaminada, por lo que son aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.

Las aguas con valores elevados de DQO interfieren en algunos procesos industriales ya que la concentración depende del proceso de fabricación de que se trate la industria. Por lo que según Rigola (1990) la relación entre los valores de la DBO/DQO nos indica la biodegradabilidad de la materia contaminante y que cuando el valor es menor que 0,2 es un vertido de tipo inorgánico y si es mayor que 0,6 como vertido orgánico. Al calcular la biodegradabilidad de los efluentes, se obtuvo un resultado de 0,7 mg/l, por ende, decimos que los residuos se consideran tratables mediante procesos biológicos.

También se encontró que los sólidos suspendidos que exceden los límites máximos permisibles debido a que contiene arena, polvo, arcilla y sólidos según Ramos et al (2003), el cual es propio del servicio que brinda la empresa; además nos dice que si una muestra contiene una cantidad excesiva de sólidos suspendidos, puede ser peligrosa para los peces y para otras formas de vida acuática por obstrucción de respiración y reducción de la luminosidad.

Por otra parte, con respecto al resultado obtenido del aceite y grasa se observa que no excede los límites máximos permisibles, pero según Ramos et al (2003), menciona que en cantidades excesivas, pueden interferir en los procesos biológicos y reduce la eficiencia del tratamiento de aguas residuales. Además es importante conocer la cantidad de aceite y grasa que contiene un efluente para el diseño y funcionamiento adecuado del sistema, y las dificultades que este pueda presentar.

Finalmente se concluyó que los efluentes generados en el lavadero de carros Pevastar S.A.C deben pasar por un tratamiento para reducir su carga, y así cumplir con los límites máximos permisibles, por lo tanto es necesario identificar y diseñar un sistema que pueda reducir la carga.

3.1.4. Determinación del Impacto ambiental generado

Para identificar y valorar los impactos que ocasiona la empresa al medio ambiente, ya sean positivos o negativos, se utilizó el método de la Matriz de Leopold, en base al resultado obtenido de las interacciones producidas entre los factores ambientales (filas) y las acciones que derivan de la actuación de la empresa (columnas).

- **Identificación de los Factores**

Los factores ambientales permitieron detectar aquellos aspectos del medio cuyos cambios motivados por las acciones de la actividad son modificados, ya sea en forma positiva o negativa.

- Aire.
- Agua.
- Suelo.

- Flora.
- Fauna.
- Paisaje.
- Población.
- Economía.

- **Identificación de Acciones que afectan al medio ambiente**

Las acciones que afectan al medio son los procesos que realiza la empresa, los cuales ayudaron a dar una adecuada valoración a los impactos que se describen a continuación:

Durante la etapa de recepción

- Ruido y vibraciones por presencia de vehículos
- Compactación del suelo

Durante la etapa de lavado y cepillado

- Ruido por el sonido de las bombas monofásicas
- Consumo de agua
- Generación de aguas residuales
- Consumo de detergente
- Generación de residuos sólidos (envase del detergente, tierra, aceites y grasas)
- Derrame de grasas y aceite.
- Consumo de energía
- Uso de personal

Durante la etapa de enjuagado

- Consumo de agua
- Generación de espumas
- Generación de aguas residuales
- Ruido por el sonido de las bombas
- Vertimiento de residuos líquidos en el suelo
- Consumo de energía
- Uso de personal

Durante la etapa de secado

- Uso de personal
- Uso de toallas para el secado
- Vertimiento de residuos en el suelo

Entre otros también se ha tomado en cuenta considerar el cambio del paisaje o modificación del hábitat y el desarrollo de la zona.

3.1.5. Determinación de la importancia y magnitud de los Impactos ambientales

Para cada acción se determinará qué factores ambientales afecta, y se calificará en términos de magnitud e importancia. La magnitud de la acción se colocará en el lado izquierdo y la importancia en el lado derecho del casillero que estará separado por una diagonal.

Los valores de magnitud que se medirán tendrán un rango de 1 al 10, donde el 10 corresponde a magnitud de mayor impacto y 1 representa la magnitud de menor impacto. Si la magnitud del impacto es positiva se emplea el signo positivo y si el impacto es negativo se emplea el signo negativo. El valor de importancia también se considera en una escala del 1 al 10, siempre se tomará a la importancia como absoluto o positivo (ver tabla 20). A partir de estos procedimientos se calcularán los promedios positivos y negativos, así como la agregación de los impactos, y se cuantificará la acción más beneficiosa y la más dañina.

Tabla 20. Escala de la magnitud e importancia

Magnitud (Extensión)	Valor	Importancia (intensidad)	Valor
Puntual	1-2	Muy baja	1-2
Parcial	3-4	Baja	3-4
Medio	5-6	Moderada	5-6
Extenso	7-8	Alta	7-8
Total	9-10	Muy alta	9-10

Fuente: (Espinoza, 2001).

3.1.5.1. Matriz de Identificación y Cuantificación de los Impactos

A continuación, se muestran la matriz con los factores ambientales afectados por los procesos que realiza la empresa, tomando en cuenta los pasos descritos por Espinoza en el punto 2.2.5 mediante el método de Leopold. Para esta metodología se considera un número fraccionario de acuerdo a la importancia y magnitud del impacto en cada celda, donde la magnitud es el numerador y la importancia el denominador.

Como resultado se obtuvo un promedio total de 121, con 104 impactos negativos y 17 positivos (ver tabla 21), asimismo se muestran las actividades y el factor con mayor y menor impacto como se describen a continuación:

- Contaminación del aire: es contaminado con un promedio negativo de 21, debido a las impurezas que contiene como es el humo, cenizas, olor y gases que emiten los vehículos causando mayor impacto durante todo el proceso de lavado.

- El consumo del agua: es el que tiene mayor promedio aritmético, siendo el consumo del agua la acción que causa mayor impacto ya que se utiliza sin ningún tipo de control, le sigue la contaminación del agua subterránea y superficial debido a la filtración del efluente que es vertido sin cumplir con los límites máximos permisibles.
- Afectación del Suelo: tiene un promedio de -19 siendo la contaminación del suelo el mayor debido a los residuos sólidos y el efluente generado.
- Afectación de la Flora y Fauna: al evacuar el efluente al dren mata las hierbas, plantas y animales debido a que contiene grasa, aceite y restos del detergente que se utiliza para el lavado.
- Afectación del Paisaje: al momento de ingresar los vehículos cambian la forma del relieve de forma directa, y en el lavado y enjuague de forma indirecta ya que se causa debido al efluente que se genera en el proceso.
- Afectación Poblacional: En este factor se genera dos impactos, uno positivo que es la generación de empleo que brinda la empresa a los empleados, y con respecto a la salud que es negativo, ya que los empleados no cuentan con la indumentaria y accesorios adecuados (mameluco, casco o/y orejeras)
- Incrementación Economía: con respecto al factor económico, las acciones causan impactos positivos ya que genera mayor desarrollo e incrementa la actividad comercial tanto para la empresa que se encuentran al rededor como las que se encuentran en centro de Chiclayo al adquirir los insumos para el lavado para el lavado de los vehículos.

Por lo tanto decimos que en su mayoría los impactos causados por la empresa Pevastar son negativos debido a que los efluentes exceden los límites máximos permisibles y no cumple con la autorización de vertimiento de aguas residuales a un cuerpo de agua receptor que exige la ley 29338.

Tabla 21. Asignación Cuantitativa de los factores afectantes

MÉTODO DE LEOPOLD - MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES										
ACCIONES			PROCESO DEL LAVADERO DE VEHÍCULOS DE LA EMPRESA PEVASTAR S.A.C							
			Recepción	Lavado y Cepillado	Enjuague	Secado	Promedios Aritméticos	Impactos por Subfactores	Impacto por factores	Impacto total
FACTORES AMBIENTALES										
Físicos	Aire	Gases contaminantes	-3				-6	-21	-81	-104
		Ruido	-1	2	-1		-7			
		Presencia de olores	-1	2	-1	1	-8			
	Agua	Contaminación aguas subterráneas		-2	-2	-1	-9	-41		
		Contaminación de aguas superficiales		-3	-3	2	-12			
		Consumo de agua		-2	-2	2	-20			
	Suelo	Contaminación		-2	-2		-16	-19		
		Problemas de drenaje		-1	-1	4	-3			
Biológicos	Flora	Hierbas	-1	-1	-1		-4	-34		
	Fauna	Fauna Acuática		-2	-2		-12			
		Habitad		-1	-1	3	-4			
	Paisaje	Cambios en forma del relieve	-1	-2	-1	-2	-10		-14	
		Cambios en la estructura del paisaje	-2	-1		2	-4			
Socioeconómico		Empleo		+1	+1		4	-2		
		Salud		-1	-1	-1	-6			
	Economía	Desarrollo local		+2	+2		6	13		
		Actividad Comercial		+2	+1	+1	7			
PROMEDIO POSITIVO				10	6	1		Magnitud → ←		
PROMEDIO NEGATIVO			-14	-55	-44	-8				
PROMEDIOS ARITMÉTICOS			-14	-45	-38	-7	-104			

Fuente: (Sbarato, Ortega, & Sbarato, 2010)

3.1.5.2. Valoración de los impactos presentes en la empresa

Una vez identificados y cuantificados los impactos físicos, biológicos y socioeconómicos, se realizará la valoración con su respectiva valoración que se muestra en la tabla 22, dividiéndose en perjudiciales y beneficiosos.

De acuerdo a los resultados se encontró 19 impactos compatibles negativos que están sombreados de color verde, estos impactos causan daño pero su recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, existiendo en mayor cantidad en el proceso de lavado y cepillado como.

También se encontró 15 moderados, que se encuentran dentro de los negativos, con una importancia de 25 a 50 y sombreados de color naranja, mostrándose en mayor cantidad en el proceso de lavado-cepillado y enjuague con 6 acciones en cada uno. Lo cual indica que estos impactos deben tener medidas que ayuden a mitigar los impactos que ocasiona la empresa.

Asimismo dentro de los impactos positivos o beneficiosos se encontraron 3 dentro del proceso del lavado y enjuague, debido a que causan mayor migración tanto en el personal como en los vehículos, generan empleo y ayudan al desarrollo, ya que es el único lavadero que existe en ese tramo (carretera Chiclayo- Lambayeque, km 772,5).

Por otro lado, cabe menciona que no se encontró ningún impacto severo y critico dentro de los impactos negativos. Como tampoco un impacto positivo alto o muy alto, debido a que la magnitud o extensión no son superiores a 50 o 70 y no producen una perdida permanente de la calidad de las condiciones ambientes.

Por lo tanto esta valoración nos permitió tener una mejor visión de la importancia que deben tener las acciones que se realizan dentro de una empresa o industria, ya que pueden ocasionar impactos críticos o severos sin posible recuperación, incluso adoptando medidas protectoras o correctoras. Asimismo dado que la mayoría de ellos son negativos y se encuentran entre moderados y compatibles, para ello se propuso tomar medidas correctoras para los impactos de mayor rango y así reducir la contaminación. Las tablas de valoración para los resultados obtenidos se muestran en el anexo 3.

REFERENCIAS (IMPACTOS)			
NEGATIVOS (perjudicial)			
Compatible: IM<25	Moderado: 25<IM<50	Severo. 50<IM<75	Crítico: IM>75
POSITIVOS (Beneficioso)			
Bajo: IM<25	Medio: 25<IM<50	Alto: 50<IM<75	Muy Alto: IM>75

Fuente: (Sbarato, Ortega, & Sbarato, 2010)

Tabla 22. Valoración de los Impactos ambientales generados.

MÉTODO DE LEOPOLD - MATRIZ DE VALORACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES						
ACCIONES			PROCESO DEL LAVADERO DE VEHÍCULOS DE LA EMPRESA			
			PEVASTAR S.A.C			
FACTORES AMBIENTALES CONSIDERADOS			Recepción	Lavado y Cepillado	Enjuague	Secado
Físicos	Aire	Gases contaminantes	-23			
		Ruido	-28	-30	-29	
		Presencia de olores	-19	-26	-26	-18
	Agua	Contaminación del agua subterráneas		-38	-38	-26
		Contaminación del agua superficiales		-24	-24	
		Consumo de agua		-41	-41	
	Suelo	Contaminación		-28	-28	
		Problemas de drenaje		-25	-25	
Biológicos	Flora	Hierbas	-21	-18	-20	
		Fauna	Fauna Acuática		-25	
	Habitad			-20		
	Migraciones			-17	-17	
	Paisaje	Cambios en forma del relieve	-20	-20	-19	
		Cambios en la estructura del paisaje	-27	-24		
Socioeconómico	Población	Migración		+23	+23	
		Empleo		+27	+27	
		Salud		-26	-26	-23
	Economía	Desarrollo local		+33	+24	
		Actividad Comercial		+34	+26	+30

Fuente: (Sbarato, Ortega, & Sbarato, 2010)

3.1.6. Propuesta de mitigación de los impactos más relevantes

Una vez realizado la valoración de los diferentes impactos que ocasiona la empresa, se propuso mitigar a los impactos más relevantes. Esta propuesta de mitigación se hizo para los impactos con mayor valoración negativa, dentro de los cuales están: el ruido, la contaminación del agua subterránea, el consumo de agua y la contaminación del suelo.

3.1.6.1. El Ruido

Es propio del proceso de lavado, enjuague y el sonido que generan el motor y la compresora de aire. Como sabemos la contaminación acústica, causa sordera, fatiga incluso problemas psicológicos. Por ende, los trabajadores deben usar tapones, que les permita proteger el conducto auditivo, bloqueando la transmisión del sonido por vía aérea.

Por otra parte, con respecto a la maquinaria, se propone que el lugar donde está el motor y la compresora sea cerrado, para lograr reducir el ruido y tener un mejor ambiente laboral.

3.1.6.2. Contaminación del agua subterránea

Es generada por los efluentes que son vertidos al dren sin un previo tratamiento, excediendo los límites máximos permisibles. Para disminuir el impacto que causa este aspecto se propuso tratar el efluente y cumpla con los LMP, donde al ser vertido no ocasione daños al agua subterránea.

Hay que mencionar también que se indicó usar productos biodegradables para el servicio de lavado como: detergentes, champús, ceras y otros. Debido a que en el tratamiento, uno de los contaminantes más difíciles de tratar son los residuos de nitrógeno y fósforo pertenecientes a detergentes de baja calidad, donde al ser descargados a un cuerpo de agua receptor es contaminado.

3.1.6.3. Consumo de agua

El consumo del agua es el factor más afectado debido al uso desmedido que hacen las empresas dedicadas a este servicio, ya sea por usar agua subterránea o potable, la empresa hace uso de este recurso en el proceso de lavado-cepillado y enjuagado. En este caso, para reducir el impacto se propuso la implementación de un sistema que consta de varios procesos que permita tratar el efluente para ser reutilizado, cumpliendo con los límites máximos permisibles. Asimismo ayudará a disminuir el costo que tendrá que pagar la empresa a la Autoridad Nacional del Agua por cada metro cúbico de agua que utilice la empresa en el proceso de lavado.

3.1.6.4. Contaminación del suelo

La contaminación del suelo es ocasionada por el desprendimiento de la tierra, arena, aceites y grasas al momento de lavar los vehículos. Para esto se propuso ampliar el área de pavimento, para que así sean tratados en el sistema propuesto.

3.2. Evaluación y Selección del tratamiento para los efluentes generados en la empresa Pevastar S.A.C

De acuerdo a los resultados de los análisis realizados, demuestran que existe contaminación generada por la presencia elevada de DBO, DQO y SST, los cuales se encuentran fuera de los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos industriales a un cuerpo de agua receptor.

Frente a este problema debido a que la empresa no cuenta con un tratamiento, se propuso un sistema de tratamiento de aguas residuales, por lo que se identificará que tipo de tratamiento es el adecuado de acuerdo a las características físico – químicas. Además a través de los factores ponderados se evaluará y se seleccionará el sistema adecuado, donde nos basaremos en los tratamientos que ayudan a disminuir los parámetros excedentes con la ayuda de fuentes bibliográficas.

3.2.1. Uso de los Factores Ponderados para la Evaluación y Selección del Tratamiento

Para el uso del Método de Factores Ponderados, se tuvo en cuenta las ventajas y desventajas de los sistemas de tratamiento primario y secundario que se muestran en las tablas 2 y 3; las cuales ayudarán a determinar el sistema de tratamiento adecuado, para ello se consideró los siguientes factores:

A. Eficiencia de remoción de contaminantes por tecnologías

Se define en función de la calidad deseada del efluente, en nuestro caso la remoción de la carga contaminante del DBO, DQO y SST que son los parámetros que exceden los límites máximos permisibles, dentro de los cuales se encuentra los lodos activos con mayor remoción, seguido de los procesos anaeróbicos.

B. Generación de residuos al aplicar la tecnología

Conocer la cantidad de desechos o lodos generados al aplicar la tecnología es importante, pues ayuda a evaluar que tratamiento que genera mayor cantidad de lodos el proceso de lodos activos.

C. Área requerida

El área de terreno requerida para la construcción de una planta de tratamiento es un factor importante en la toma de decisiones. Puesto que la empresa cuenta con un área de 1300 m², el tratamiento a elegir será el que requiera menor área.

D. Disponibilidad de la tecnología

Para la disponibilidad de la tecnología se consideró cuán accesible es la tecnología, la facilidad para poder adquirir los equipos necesarios y los costos en que se incurrirán en el transporte. Para este caso la mayoría de los tratamientos se encuentran en un término medio, ya que los equipos se encuentran dentro del ámbito nacional.

E. Consumo de energía

Este factor permitió evaluar los costos de energía de las distintas tecnologías, ya que afectan de manera directa los costos de operación de la planta, consumo y mantenimiento. Por lo tanto entre los tratamientos que beneficia este factor tenemos los primarios y secundarios, dentro de estos la sedimentación por gravedad que no necesita energía.

F. Costos de la tecnología (inversión, mantenimiento, tecnología)

Dentro de estos costos se analizó los costos de inversión, el cual es difícil de ponderar en la toma de decisiones, pues se basa en consideraciones ajenas al proceso del tratamiento, con respecto a la inversión el proyecto tiene una ventaja por lo que es de inversión privada. Sin embargo en este factor el que genera menos costos es el proceso de lodos activos, generando menor consumo de energía eléctrica, mano de obra y equipos que necesitara dicho tratamiento.

G. Producto apto para su Reutilización

Este factor es muy importante para la selección de la tecnología ya que se hará de acuerdo a la remoción de los parámetros que tienen cada uno de los sistemas, en este caso es el proceso de coagulación floculación.

H. Disponibilidad de mano de obra

Para este factor se comparó la cantidad de mano de obra que necesitan los distintos tratamientos, la búsqueda de personal capacitado y el costo que generen. De acuerdo a las investigaciones todos los tratamientos primarios o secundarios no requieren de un personal calificado, a excepción del tratamiento avanzado.

I. El entorno

Se consideró las propiedades ambientales que pueda tener la planta de tratamiento de agua residual en términos de los impactos generados en su entorno como: generación de malos olores, ruido y contaminación visual, estético y la reutilización del agua residual.

3.2.2. Confrontación de los factores

Luego de haber analizado cada factor se procedió a confrontar los factores, donde se asignó una letra para facilitar la ponderación de cada uno y elegir de acuerdo a la mayor puntuación los factores que son más importantes.

A = Eficiencia de remoción.

B = Generación de residuos.

C = Área requerida.

D = Disponibilidad de la tecnología.

E = Consumo de energía.

F = Costos de la tecnología.

G = Producto apto para reutilizar.

H = Mano de obra.

I = Entorno.

Para el análisis y resultado de la tabla 23 se aplicó el criterio de relación, el cual nos permitió determinar qué factores son los más relevantes de acuerdo a la conexión que hay entre ellos, donde el valor 1 es si existe relación y cero si no existe relación.

Por lo tanto, después de haber realizado la ponderación de los factores para la selección de tecnologías que son: eficiencia de remoción, los costos, producto apto para su reutilización y el consumo de energía y por último el entorno y la disponibilidad de la tecnología, se calificó en a una escala de 2 a 8 (ver tabla 24), permitiendo determinar el tratamiento adecuado de acuerdo a las necesidades de la empresa y a los parámetros del efluente para ser reutilizado.

Tabla 23. Confrontación de factores

Factores	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Conteo	Ponderado
A		1	1	1	1	1	1	1	1	8	15,7%
B	0		1	1	1	1	0	1	0	5	9,8%
C	1	1		1	0	1	1	1	1	7	13,7%
D	0	1	1		1	0	0	1	0	4	7,8%
E	1	1	1	1		1	0	1	1	7	13,7%
F	1	1	1	1	1		1	1	1	8	15,7%
G	1	1	1	1	1	1		1	1	8	15,7%
H	0	1	0	1	0	0	0		0	2	3,9%
I	0	1	1	0	0	0	1	0		2	3,9%
Total										51	100%

Fuente: elaboración propia.

Tabla 24. Rango de calificación

Escala	Puntaje
Muy buena	8
Buena	6
Regular	4
Mala	2

Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Calificación de los factores ponderados para los parámetros excedentes (DBO, DQO, SST)

Los factores ponderados se calificaron de acuerdo a la escala y el puntaje dado en la tabla n° 24. Obteniendo como resultado la tabla n° 25, 26 y 27 donde se muestra el resultado de los factores ponderados en base a los tratamientos primarios, secundarios

y los parámetros que exceden los límites máximos permisibles como se muestra a continuación.

Tabla 25. Calificación de los factores ponderados para disminuir el DBO

Tratamientos		Sedimentación por gravedad		Coagulación-floculación		Lodos activos		Procesos anaeróbicos	
Factor	Peso	Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje
A	15,70%	4	0,63	4	0,63	8	1,26	8	1,26
B	9,0%	2	0,20	4	0,39	2	0,20	4	0,39
C	13,70%	4	0,55	6	0,82	2	0,27	2	0,27
D	7,80%	4	0,31	4	0,31	4	0,31	4	0,31
E	13,70%	6	0,82	4	0,55	2	0,27	4	0,55
F	15,70%	6	0,94	6	0,94	4	0,63	6	0,94
G	15,70%	2	0,31	4	0,63	4	0,63	2	0,31
H	3,90%	6	0,23	6	0,23	6	0,23	6	0,23
I	3,90%	4	0,16	4	0,16	4	0,16	4	0,16
Total		4,152		4,662		3,958		4,428	

Tabla 26. Calificación de los factores ponderados para disminuir el DQO

Tratamientos		Sedimentación por gravedad		Coagulación-floculación		Lodos activos		Procesos anaeróbicos	
Factor	Peso	Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje
A	15,70%	4	0,63	4	0,63	8	1,26	8	1,26
B	9,80%	2	0,20	4	0,39	2	0,20	4	0,39
C	13,70%	4	0,55	6	0,82	2	0,27	2	0,27
D	7,80%	4	0,31	4	0,31	4	0,31	4	0,31
E	13,70%	6	0,82	4	0,55	2	0,27	4	0,55
F	15,70%	6	0,94	6	0,94	4	0,63	6	0,94
G	15,70%	2	0,31	4	0,63	4	0,63	2	0,31
H	3,90%	6	0,23	6	0,23	6	0,23	6	0,23
I	3,90%	4	0,16	4	0,16	4	0,16	4	0,16
Total		4,152		4,662		3,958		4,428	

Las tablas 25 y 26 nos muestran los resultados de la calificación de los factores para la DQO y la DBO, donde las dos tablas tienen el mismo resultado en los tratamientos elegidos, siendo el de mayor ponderación el proceso de Coagulación-floculación seguido de los procesos anaeróbicos.

Tabla 27. Calificación de los factores ponderados para los SST

Tratamientos		Sedimentación por gravedad		Coagulación - floculación		lodos activos		Procesos anaeróbicos	
Factor	Peso	Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje
A	15,70%	6	0,94	4	0,63	8	1,26	8	1,26
B	9,80%	2	0,20	4	0,39	2	0,20	4	0,39
C	13,70%	4	0,55	6	0,82	2	0,27	2	0,27
D	7,80%	4	0,31	4	0,31	4	0,31	4	0,31
E	13,70%	6	0,82	4	0,55	2	0,27	4	0,55
F	15,70%	6	0,94	6	0,94	4	0,63	6	0,94
G	15,70%	2	0,31	4	0,63	4	0,63	2	0,31
H	3,90%	6	0,23	6	0,23	6	0,23	6	0,23
I	3,90%	4	0,16	4	0,16	4	0,16	4	0,16
Total		4,466		4,662		3,958		4,428	

Elaboración: propia

Resultado: De acuerdo a la ponderación, que se muestra en la tabla N° 25, 26 y 27 se encontró que el tratamiento adecuado en la empresa Pevastar S.A.C es el proceso de coagulación – floculación, ya que presenta mayor puntaje de calificación frente a los otros tratamientos.

El puntaje final, se obtuvo de la suma de cada factor donde se multiplico la calificación por el puntaje ponderado según las características que se describen en la tabla 2, 3 y 4 de cada uno de los tratamientos como: la remoción, el costo de inversión y mantenimiento, consumo de energía y otros de acuerdo a criterio.

3.2.4. Determinaciones Físico-Químicas del agua residual

Una vez seleccionado el tratamiento a través de los factores ponderados, se realizó un análisis físico-químico en el laboratorio de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo para determinar los sólidos sedimentables y las partículas coloidales.

3.2.4.1. Sólidos Sedimentables (Método del Cono Imhoff)

Para determinar la cantidad de solidos sedimentables que existe en el efluente se utilizó el cono Imhoff y una muestra de 250 ml de agua residual. Obteniendo como resultado en función a su peso (mg/l) 9 mg de lodo.

$$S. \text{ Sedimentables} = 9 \text{ mg} \times 250 \text{ ml de agua residual}$$

De acuerdo a este resultado, decimos que por cada litro de agua residual se sedimenta 36 mg de sólidos sedimentables/l de agua residual, y el tiempo de reposo fue de 45 minutos con un pH de 8.

3.2.4.2. Coagulación- floculación (método de jarras)

Para este proceso, se utilizó 3 probetas con muestras de agua residual de 100 ml cada una, y como reactivo químico el sulfato el aluminio ($Al_2(SO_4)_3$), en concentraciones de 30, 40 y 60 ppm (mg/l) para cada probeta.

Al adicionar el sulfato de aluminio en la probeta y agitar vigorosamente por 3 minutos, luego de manera lenta por 3 minutos y reposando durante 40 minutos se obtuvo como resultado, que la muestra de mayor rendimiento es la de 0,06 g de sulfato de aluminio.

Transformando:

$$\frac{60 \text{ mg}}{l} \times \frac{1 \text{ g}}{10^3 \text{ mg}} \times 0,1 \text{ l} = 0,006 \text{ g}$$

3.2.5. Diagrama General del proceso

Después de haber seleccionado el sistema para el tratamiento propuesto, y los procedimientos realizados en el laboratorio de la universidad, a continuación, en la figura n° 4 se muestra el proceso general del sistema de tratamiento que se propone en la empresa Pevastar.

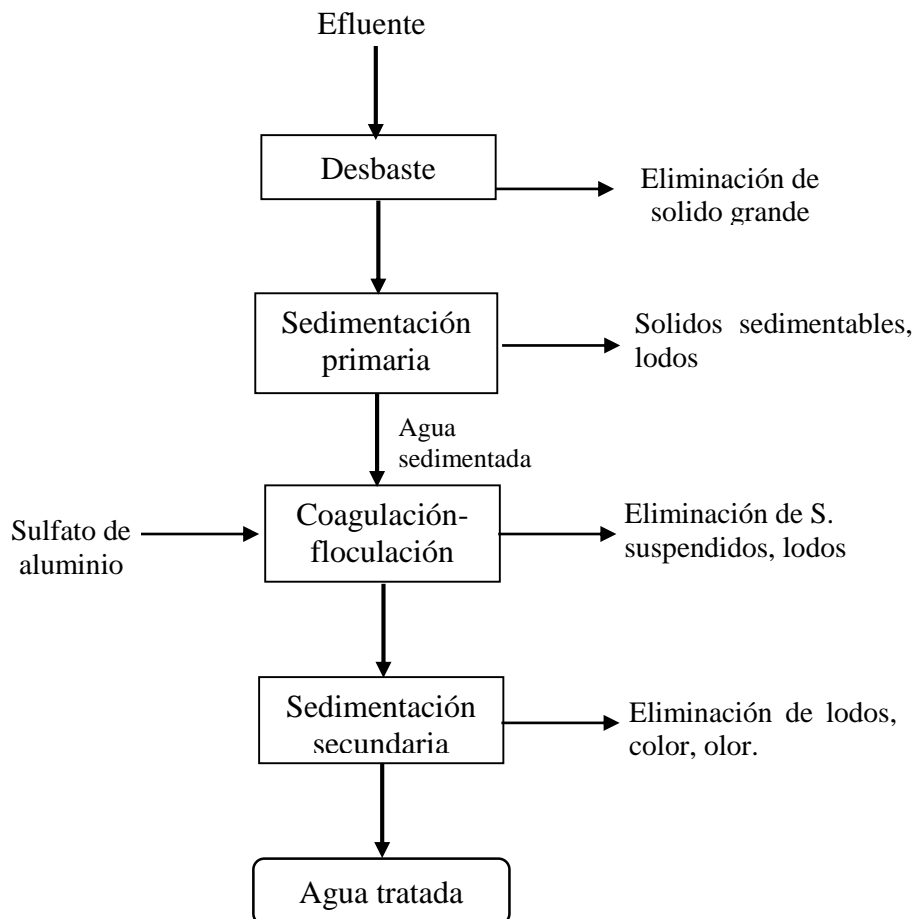


Figura 2. Diagrama de flujo del sistema propuesto

3.3. Diseño del sistema del tratamiento propuesto

3.3.1. Pronostico del efluente

Para el diseño del sistema propuesto, primero se determinó la capacidad de la planta de acuerdo al consumo de agua durante los años 2016 y 2017 (ver tabla 13 y 14) tal como se muestra en la figura n° 5, debido a que la empresa no cuenta con datos disponibles de años anteriores.

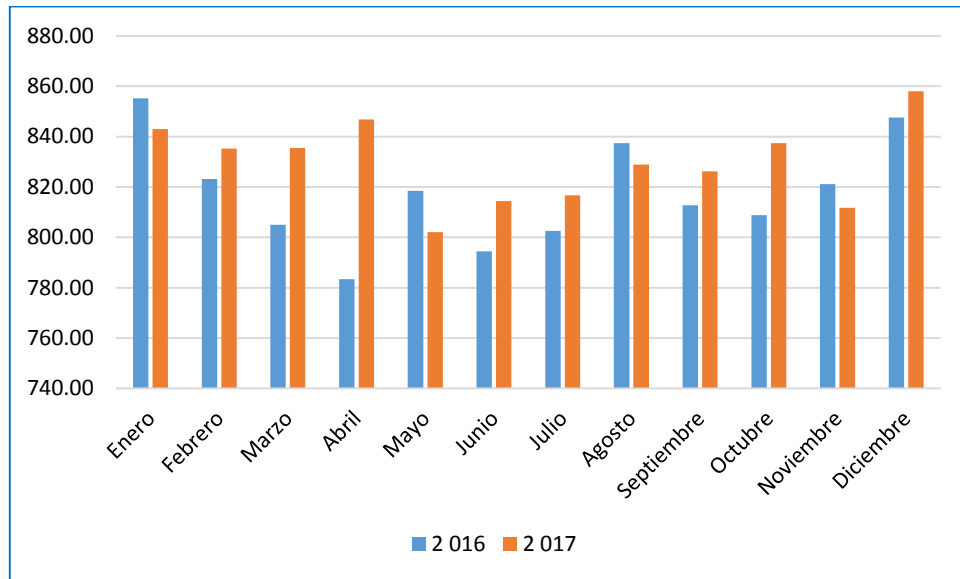


Figura 3. Comportamiento del efluente durante el año 2016-2017

(m³/mes)

Fuente: Pevastar S.A.C

De acuerdo al grafico se obtuvo que la empresa presenta una variabilidad del efluente y tiene una tendencia alcista, en una mínima cantidad. Por lo tanto, como el comportamiento es variable, la tendencia es creciente y la data obtenida es de 2 años, se utilizó el método de suavización exponencial simple (ver anexo 4).

La fórmula de suavización exponencial:

$$X = X_{t-1} + (a. (X_{t-1} - X_{t-1}))$$

Por lo tanto, el pronóstico se realizó en base a la data que se muestra en la figura n° 5, donde se muestra el volumen de agua consumida durante el año 2016 – 2017. Para realizar el pronóstico de la empresa se utilizó la data que se muestra en la tabla n° 27, de acuerdo al volumen del efluente generado cada mes durante los siguientes 5 años (2018 – 2022).

De acuerdo al pronóstico realizado la tabla n° 28 nos muestra que existe un aumento anual del efluente, pues para el primer año el volumen será de 10 472,75 m³ y para el último año pronosticado el volumen será de 11 784,04 m³, llegando a tener un incremento de 2,85% por año del agua residual generada en la empresa Pevastar.

Asimismo, para el diseño del sistema se tomó como dato principal el volumen del efluente del último año pronosticado. Donde multiplicando el volumen del agua por los días que trabaja la empresa al año, se obtuvo el caudal futuro, tal como se muestra en la siguiente formula:

$$Q_f = \frac{11\,784.04\text{m}^3}{\text{año}} * \frac{1\text{ año}}{365\text{ dias}} = 32,28 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \times 1 \frac{\text{dia}}{8\text{ h}} = 4,035 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tabla 28. Pronóstico del efluente para los años 2018-2022

Agua residual generada en metros cúbicos (m ³)					
	2018	2019	2020	2021	2022
Enero	860,30	887,60	914,90	942,19	969,49
Febrero	862,58	889,87	917,17	944,47	971,77
Marzo	864,85	892,15	919,45	946,74	974,04
Abril	867,13	894,42	921,72	949,02	976,32
Mayo	869,40	896,70	924,00	951,29	978,59
Junio	871,68	898,97	926,27	953,57	980,87
Julio	873,95	901,25	928,55	955,84	983,14
Agosto	876,23	903,52	930,82	958,12	985,42
Septiembre	878,50	905,80	933,09	960,39	987,69
Octubre	880,77	908,07	935,37	962,67	989,96
Noviembre	883,05	910,35	937,64	964,94	992,24
Diciembre	885,32	912,62	939,92	967,22	994,51
Total	10 473,75	10 801,32	11 128,90	11 456,47	11 784,04

Fuente: Pevastar S.A.C

3.3.2. Balance de materia del sistema de tratamiento

Una vez calculada la proyección el agua residual para los próximos 5 años se procedió a realizar el balance de la materia en cada etapa (desbaste, sedimentación primaria, coagulación – floculación, sedimentación secundaria), teniendo en cuenta la eficiencia de remoción de los parámetros que exceden los límites máximos permisibles como: la DBO, la DQO los SST y el flujo volumétrico proyectado (ver tabla 28).

3.3.2.1. Balance en el desbaste

Para el balance en el desbaste se tuvo en cuenta la norma peruana OS.090, la cual describe la abertura de las rejillas para pequeñas industrias, llegando a remover $0,053 \text{ l/m}^3$ de agua residual con rejillas de 10 mm de distancia.

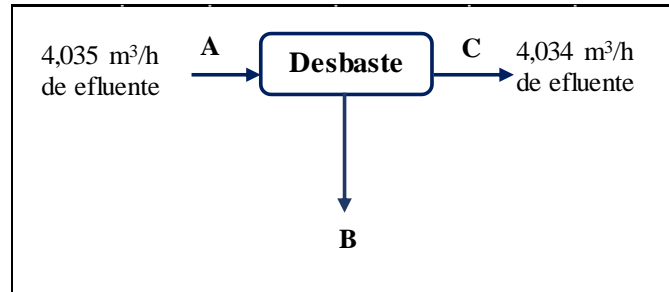


Figura 4. Balance de materia en el proceso de desbaste

Volumen de residuos removidos

$$B_{\text{cribado}} = 0,053 \frac{\text{l}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} \times \frac{4,035 \text{ m}^3}{\text{h}} = 2,138 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Salida de efluentes

$$C = A - B$$

$$C = 4,035 \text{ m}^3/\text{hora} - 2,138 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$C = 4,034 \text{ m}^3/\text{hora}$$

3.3.2.2. Balance de sedimentación primaria

Para el balance se tuvo en cuenta los porcentajes de remoción que se muestran en la tabla n° 3, a través de la sedimentación. En este proceso, se sedimentará las partículas discretas debido a que en el análisis realizado en el laboratorio se encontró que el efluente posee bastante lodo, que es propio del proceso de lavado de los vehículos.

En la tabla 29 se muestra el tiempo necesario para que ciertos materiales y organismos puedan sedimentar. Por lo tanto, de acuerdo a la caracterización del efluente de la empresa y al orden de la magnitud, se encontró que tiene arena fina, arena gruesa y parte de cieno; entonces de acuerdo a estas características el tiempo a sedimentar será de 1 hora, tiempo que no tiene tanta diferencia con los 45 minutos que duró la sedimentación realizada en las pruebas del laboratorio de la universidad.

Los porcentajes de remoción de la sedimentación primaria se encuentran en la tabla n° 2, y la cantidad de sólidos sedimentables se calculó de acuerdo al

resultado encontrado en el laboratorio de la universidad (USAT) que se muestra en el punto 3.2.4.1.

Tabla 29. Velocidad y tiempo de sedimentación de las partículas

Diámetro de partículas (mm)	Orden de magnitud	Velocidad de sedimentación (mm/s)	Tiempo necesario para decantar un metro
10	Gravilla	1000	1 Segundo
1	Arena gruesa	100	10 Segundos
10 ⁻¹	Arena fina	8	2 minutos
10 ⁻²	Cieno	147,10 ⁻³	2 horas
10 ⁻³	Bacterias	154,10 ⁻⁵	7,5 días
10 ⁻⁴	Partículas de arcilla	154,10 ⁻⁷	2 años
10 ⁻⁵	Partículas coloidales	154,10 ⁻⁹	206 años

Fuente: Hernández Muños (1992).

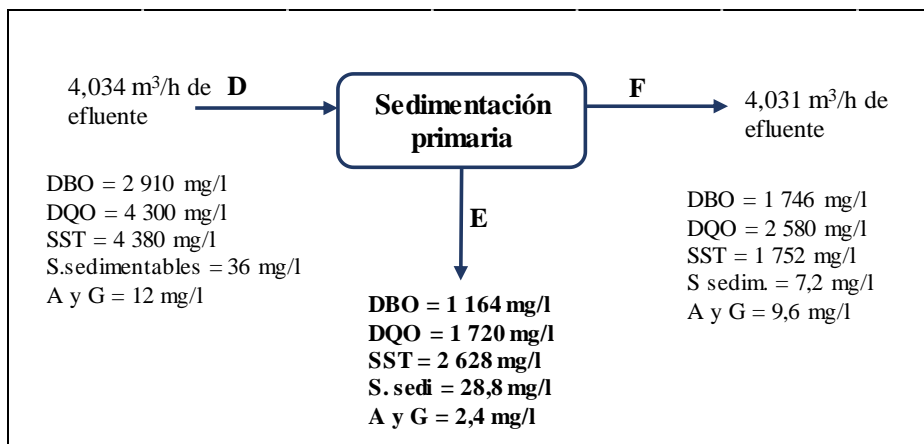


Figura 5. Balance de materia en el proceso de sedimentación primaria

Remoción de masa por día

$$E_{SST} = 2\,628 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times \frac{1\text{ kg}}{10^6\text{ mg}} \times 4034 \frac{\text{l}}{\text{h}} = 10,601 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$E_{S\text{sedimen}} = 28,8 \times \frac{1\text{ kg}}{10^6\text{ mg}} \times 4034 \frac{\text{l}}{\text{dia}} = 0,116 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Salida de efluentes

$$2\,628 + 28,28\text{ mg} = 2656,8\text{ ml}$$

$$F = D - E$$

$$F = 4,034 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} - \left(2656,8 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ ml}}\right) = 4,031 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$E = 4,034 - 4,0313 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 2,7 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 2,7 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

3.3.2.3. Coagulación floculación

Para este proceso es necesario aditivos químicos, que permitan desestabilizar las partículas coloidales que se encontraban en suspensión. Por lo tanto, como coagulante se utilizará el sulfato de aluminio, siendo uno de los más utilizados, de fácil adquisición en el mercado y a un precio de S/.7, 00 soles el kilo en Lambayeque. Además, según Andia Cardenas (2000), menciona que para las sales de aluminio el rango del pH es de 6,5 a 9 y mientras que para el hierro el pH óptimo es de 5,5 a 8,5 unidades; entonces de acuerdo a los dos análisis se determinó que el pH del agua residual (8,2 y 8) se encuentra dentro del primer parámetro.

Coagulante: de acuerdo al resultado de la prueba de jarras que se indica en el punto 3.2.4.2, la cantidad de sulfato de aluminio por litro es de 0,06 g/l.

$$\frac{0,006 \text{ g}}{100 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ 000 ml}}{1 \text{ litro}} = 0,06 \frac{\text{g}}{\text{l}} \text{ de sulfato de aluminio agua residual}$$

Cantidad del coagulante por día:

$$\text{Coagulante} = 0,06 \frac{\text{g}}{\text{l}} \times 32 \text{ 280} \frac{\text{l}}{\text{dia}} \times \frac{1 \text{ k}}{1 \text{ 000 g}} = 1,93 \text{ k/dia}$$

Porcentaje de Remoción

DBO = 1 746 mg/l (40%), DQO = 2 580 mg/l (50%), SST = 1 752 mg/l (40 %)

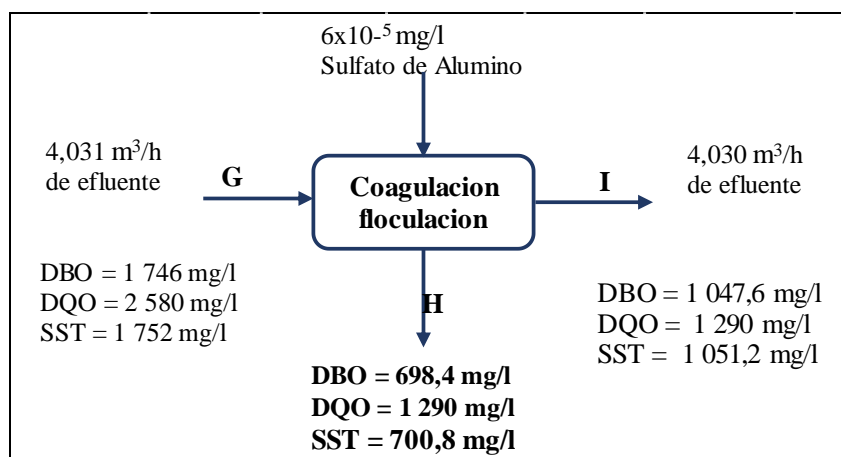


Figura 6. Balance de materia en el proceso de coagulación- floculación

Remoción de masa por día

$$E_{SST} = 700,8 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} \times 4034 \frac{\text{l}}{\text{h}} = 2,83 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Salida de efluentes

$$700,8 \text{ mg} = 700,8 \text{ ml}$$

$$I = G - H$$

$$I = 4,031 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} - (700,8 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ ml}}) = 4,030 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$I = 4,031 - 4,0302 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 8 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,8 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

3.3.2.4. Sedimentación secundaria

El proceso de sedimentación secundaria es necesario después del proceso de coagulación. Por ende, para el balance de la materia nos basaremos en el porcentaje de remoción de Carrasquero et al (2015), donde menciona que una sedimentación después de una coagulación con sulfato de aluminio alcanza una remoción de 97,5% en DBO y DQO, un 98% en SST y un 80% en bacterias. Asimismo el FONAM (2010), que reduce los sólidos sedimentables y los aceites y grasas.

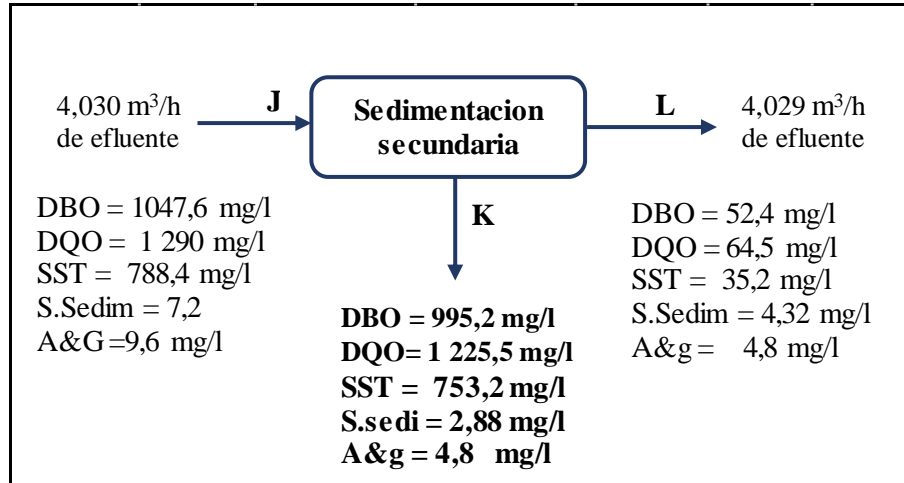


Figura 7. Balance de materia en el proceso de sedimentación secundaria

Remoción de masa por día

$$E_{SST} = 753,2 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} \times 4034 \frac{\text{l}}{\text{h}} = 3,03 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$E_{SS} = 2,88 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} \times 4034 \frac{\text{l}}{\text{h}} = 0,01 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Salida de efluentes (K)

Pérdida de SST y sólidos sedimentables: $K = 3,03 + 0,01 \text{ mg} = 3,04 \text{ ml}$

$$L = J - K$$

$$L = 4,030 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} - \left(3,04 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ ml}} \right) = 4,029 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$K = 4,030 - 4,029 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 1 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 1 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

El resultado del balance general de todo el proceso se muestra en la figura 8. Donde se muestra la cantidad de parámetros removidos en cada proceso, la cantidad de sólidos eliminados y la disminución del efluente.

Donde como efluente final en el proceso se obtuvo $4,029 \text{ m}^3/\text{h}$, perdiendo en todo el proceso $7 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{h}$ ($4,035 \text{ m}^3/\text{h} - 4,029 \text{ m}^3/\text{h}$), y en total de 56 litros de efluente cada día ($0,056 \text{ m}^3/\text{d} * 1000 \text{ l/día}$) (por las 8 horas).

Cantidad de Lodos generados

En este balance también se tomó en cuenta la cantidad de lodos generados donde para calcular se sumó los sólidos suspendidos totales, los sólidos sedimentables que se elimina en cada proceso, y los 2 kg de sulfato que es adicionado cada día. Esto se multiplico por las 8 horas laborales, para saber la cantidad de lodos generados en un día, obteniendo un total de $17,54 \text{ kg/día}$.

$$\text{SST} = 10,601 \frac{\text{kg}}{\text{h}} + 2,83 \frac{\text{kg}}{\text{h}} + 3,03 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * \left(\frac{8\text{h}}{\text{día}} \right) = 16,46 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$\text{S. Sedimentables} = 0,116 \frac{\text{kg}}{\text{h}} + 0,01 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * \left(\frac{8\text{h}}{\text{día}} \right) = 1,08 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$\text{Lodos} = 16,46 + 1,08 + 2 = \mathbf{19,54 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}$$

Los lodos generados durante los procesos del tratamiento, se almacenar en un tanque, para que luego sean llevados por una empresa para disponer de ellos.

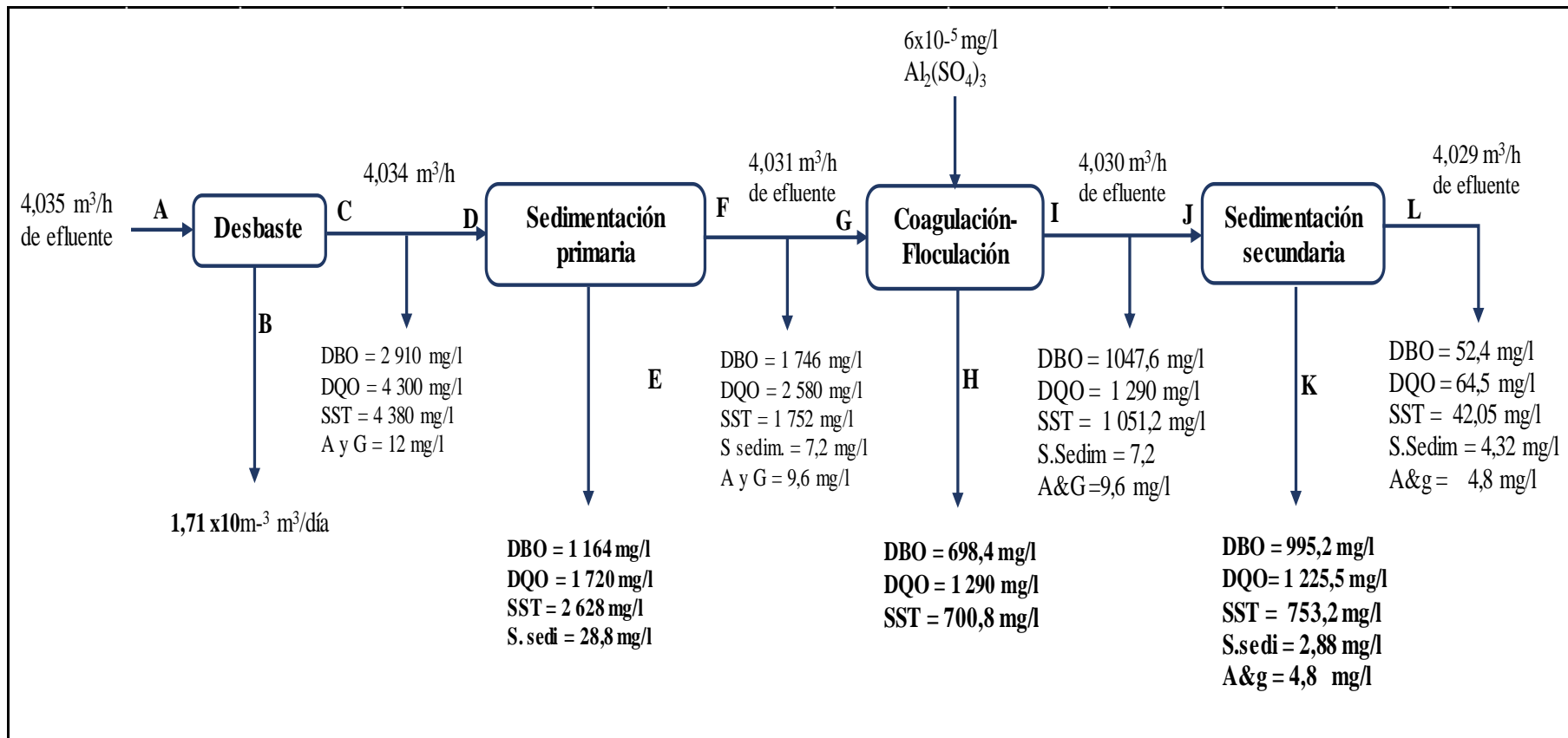


Figura 8. Balance general de la remoción de los parámetros en el sistema

Esta figura muestra la pérdida de parámetros de DBO, DQO, SST Sólidos sedimentables y grasas en cada proceso del sistema.

3.3.2.5. Comparación de los parámetros finales en el balance de

La tabla n° 30 muestra el resultado de los parámetros finales obtenidos después de la remoción de los procesos en el sistema de tratamiento propuesto para la empresa, y la comparación con los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes a un cuerpo de agua receptor.

Tabla 30. Comparación de los parámetros finales con los LMP

Parámetros	Unidad	Resultados de los laboratorios	Resultados del efluente tratado	LMP
DBO	mg/l	2 910	52,4	100
DQO	mg/l	4 300	64,5	250
Sólidos Suspendedos Totales	mg/l	4 380	42,05	100
Solidos sedimentables	mg/l	36	4,32	----
pH	Unidades	8,2	8	6 – 9
T °C	Unidades	22,1	20	< 35
Aceites y Grasas	mg/l	12	4,8	20

Fuente: MINAM (2010), elaboración propia.

Esta comparación nos muestra que los parámetros que exceden los límites máximos permisibles al pasar por este tratamiento disminuyen, logrando así que el efluente sea apto para su reutilización o para ser vertido a un cuerpo de agua receptor, en nuestro caso al mar. Además, estaría cumpliendo con la ley e recursos hídricos, ley 29783.

3.3.3. Indicadores de rendimiento de la capacidad de planta

3.3.3.1. Utilización

La que se relaciona con la máxima producción teórica del efluente tratado, y se calcula de la siguiente manera.

$$\text{Utilizacion} = \frac{\text{produccion real}}{\text{Capacidad proyectada}} * 100$$

- **Producción real:** esta producción se representa por la producción del último año (ver figura n° 2), en base a las 8 horas diarias que labora la empresa.

$$P_{\text{real}} = \frac{11\,146,18 \text{ m}^3}{\text{año}} * \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} * 1 \frac{\text{día}}{8 \text{ h}} = 3,87 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **Capacidad proyectada:** se representa por la producción del último año proyecto, que en nuestro caso es el año 2022 (ver tabla n° 26).

$$C_{\text{proy}} = \frac{11\,784.04\text{m}^3}{\text{año}} * \frac{1\text{ año}}{12\text{ mese}} * \frac{1\text{mes}}{30\text{ dias}} * 1 \frac{\text{dia}}{8\text{ h}} = 4,091\text{m}^3/\text{h}$$

Por lo tanto, al dividir estos resultados obtendremos la utilización, el cual es la producción teórica del sistema de tratamiento de efluentes propuestos.

$$\text{Utilización} = \frac{3,87\text{ m}^3/\text{h}}{4,09\text{ m}^3/\text{h}} * 100 = \mathbf{94,62\%}$$

3.3.3.2. Eficiencia

Como se sabe la eficiencia es la relación entre los resultados obtenidos y los resultados deseados; por lo tanto, en nuestro caso será la relación del volumen de efluentes tratados después del balance entre el volumen de los efluentes sin tratar, que se muestran en el balance general (ver figura 8).

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{efluentes tratados}}{\text{efluentes sin tratar}} * 100$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{4,029\text{ m}^3/\text{h}}{4,035\text{ m}^3/\text{h}} * 100 = \mathbf{99,3\%}$$

Con este resultado nos indica que la eficiencia del sistema es de 99,3% por cada hora de trabajo.

3.3.4. Diseño del Tratamiento Preliminar

Todo sistema de tratamiento debe tener un pre tratamiento, el cual permite separar los sólidos más gruesos como arena, plástico, basura, aceites e hidrocarburos; con el fin de facilitar el tratamiento posterior, ya que pueden causar complicaciones posteriores al sistema.

Para el diseño del tratamiento preliminar es necesario la instalación de un canal de entrada hacia el tratamiento, compuesto de rejillas o desbaste. En este caso la empresa Pevastar cuenta con un canal, por lo que utilizaremos las rejillas de desbaste.

3.3.4.1. Rejas de Desbaste

De acuerdo con el caudal, y las evidencias recogidas en la empresa se determinó que se realizará un cribado fino. Para el diseño se tomó en cuenta las especificaciones técnicas de la norma peruana OS. 090 que se muestra en la siguiente tabla, y de acuerdo al caudal máximo proyectado para el año 2022 que fue de 11 784,04 m³/año (0,011 m³/segundo).

Tabla 31. Parámetros técnicos para el diseño de las rejjas

PARAMETROS DE DISEÑO	Unidad	Rango	Gruesos	Finos
Espacio entre barras	mm	10 - 100	50- 100	10-25
Espesor de barras	mm	6 - 25	12 - 25	6 -12
Velocidad de aproximación	m/s	0,3 - 0,6	0,45	0,5
Angulo de inclinación	grados	45 -60	45	45

Fuente: Norma técnica OS.090, Tema 28: Pretratamientos (2007).

Las siguientes ecuaciones que se desarrollan en este proceso servirán para calcular las dimensiones de las rejjas de desbaste fino, si se sabe que el ancho de entrada es de 30 cm, además la velocidad de una rejilla limpia oscila entre 0,30 y 0,60 m/s, siendo el comúnmente utilizado 0,45 m/s.

- **Caculo del área entre barras (A_L)**

$$A_L(m^2) = \frac{Q_{max}}{V_{R.L}}$$

$$A_L = \frac{0,01 \text{ m}^3/s}{0,45 \text{ m/s}}$$

$$A_L = 0,02 \text{ m}^2$$

Donde:

Q_{max} = Caudal a maximo horario (m^3/s)

$V_{R.L}$ = velocidad de rejillas limpias (m/s)

- **Tirante del flujo en el canal (h)**

$$h \text{ (m)} = A = \frac{A_L}{b}$$

$$h = \frac{0,02\text{m}^2}{0,30 \text{ m}}$$

$$h = 0,08 \text{ m}$$

Donde:

A_L = Area libre entre barras (m^2)

b = Ancho del canal de entrada (m)

- **Altura de las rejjas (H)**

$$H \text{ (m)} = h \times \sin(\alpha)$$

$$H = 0,08\text{m} \times \sin(45^\circ)$$

$$H = 0,05 \text{ m}$$

Donde:

h = Tirante del flujo en el canal (m)

α = Angulo de inclinación de las rejas

- **Numero de barras para las rejas**

$$N^{\circ} = \frac{b - s}{s + a}$$

$$N^{\circ} = \frac{0,3 \text{ m} - 0,010 \text{ m}}{0,010 \text{ m} + 0,012 \text{ m}}$$

$$N^{\circ} = 13 \text{ barras}$$

Donde:

b = Ancho del canal de entrada (m)

s = Espaciamiento entre barras (m)

a = Diametro de barras (m)

Por lo tanto, de acuerdo a los resultados encontrados, el desbaste necesitara 13 barras espaciadoras con 2,18 cm de separación (2,30- 0,12 mm de diámetro), lo cual permite reducir en mayor cantidad los sólidos sedimentables.

3.3.5. Diseño del tratamiento Primario

3.3.5.1. Diseño del Sedimentador primario

Para el diseño del sedimentador primario se tendrá en cuenta el caudal del efluente ($Q = 32,28 \text{ m}^3/\text{día}$), el tiempo de retención será de 1 hora, recomendado por la norma OS.090 para sedimentadores en pequeños proyectos, además tiene relación con el tiempo que se utilizó en el laboratorio (45 minutos); y a un caudal medio que se muestran en la tabla 32.

Tabla 32. Información típica para el diseño de un sedimentador primario

Parámetros	Intervalo	Típico
Sedimentación primaria- seguido de tratamiento secundario		
Tiempo de retención en horas	1 - 2,5	2
carga superficial en $\text{m}^3/\text{m}^2 * \text{día}$		
Caudal mínimo	5 - 10	7
Caudal medio	30 - 50	40
Caudal punta	80 - 120	100
Carga sobre vertedero $\text{m}^3/\text{m} * \text{día}$	125 -500	250

Fuente: Metcalf & Eddy (1998).

a. Volumen del tanque (V)

$V = \text{caudal diario (h)} \times \text{tiempo de retención (h)}$

$$V = 32,28 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \left(1 \text{ h} \times \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} \right)$$
$$V = 4,035 \text{ m}^3$$

b. Área superficial (A)

$$A = \frac{\text{caudal diario}}{\text{carga superficial}}$$

$$A = \frac{32,28 \text{ m}^3/\text{día}}{30 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{día}}}$$
$$A = 1,08 \text{ m}^2$$

c. Altura de sedimentador (H)

$$V = \pi r^2 * H$$
$$4,035 = \pi(0,78)^2 * H$$
$$H = \frac{4,035 \text{ m}^3}{\pi(0,78)^2}$$
$$H = 2,11 \text{ m}$$

Por lo tanto, con estos resultados el tanque del sedimentador primario tendrá una altura de 2,11 metros, con un diámetro de 1,56 metros, teniendo un excedente de 325 litros, el tanque y sus dimensiones se observa en el anexo n° 5.

3.3.5.2. Diseño de tanque de Coagulación – Flocculación

El agua residual procedente del proceso de sedimentación, con una concentración de 1 052 mg/l de sólidos suspendidos, pasan al tanque de coagulación, donde la adición del sulfato de aluminio y el hidróxido de sodio se realizará por la parte superior del tanque.

Para el diseño del tanque se tomó en cuenta el tiempo de residencia necesario para la coagulación, a partir de los ensayos del laboratorio (ver punto 3.2.4.2), el cual fue de 5 minutos.

El tanque agitador para este proceso tendrá las siguientes dimensiones si se sabe que el volumen es de 4 040 litros/hora, y se determinara de la siguiente forma:

$$V = 4,04 \text{ m}^3$$

Tomando diámetro = Altura ($D = h$)

$$V = \pi * \frac{D^2}{4} * h = \pi * \frac{D^3}{4}$$

Despejando D

$$V = \sqrt[3]{\frac{v * 4}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4,04m^3 * 4}{\pi}} = 1,726 = 1,73$$

Entonces: $h = 1,73 m * 1,30 = 2,249 m$

Diseño del tanque

Para este tanque se utilizara una turbina de 6 palas, que es lo recomendable para agitar el líquido. En base al diámetro calculado, el agitador tendrá las siguientes dimensiones, en base a los siguientes datos:

$$D_a/D_t = 0,3 \text{ } 0,5$$

$$H/D_t = 1$$

$$C/D_t = 1/3$$

$$W/D_a = 1/5$$

$$D_d/D_a = 2/3$$

$$L/D_a = 1/4$$

$$J/D_t = 1/12$$

Estos datos nos permiten tener las dimensiones del tanque para la coagulación junto con la polea (ver anexo n° 5).

$$C = \frac{1}{3} * D_t = \frac{1}{3} * 1,73 = 0,57 m$$

$$D_a = 0,5 * D_t = 0,5 * 1,73 = 0,86 m$$

$$W = \frac{1}{5} * D_a = \frac{1}{5} * 0,86 = 0,172 m$$

$$D_d = \frac{2}{3} * D_a = \frac{2}{3} * 0,86 = 0,57 m$$

$$L = \frac{1}{4} * D_t = \frac{1}{4} * 0,86 = 0,215 m$$

$$J = \frac{1}{12} * D_t = \frac{1}{12} * 1,73 = 0,144m$$

Calculo de la potencia del mezclador

Para calcular la potencia del mezclador se recomendó, una potencia de 20 w/m³, por el volumen del tanque mezclador.

$$P = \frac{20 \text{ w}}{m^3} * 4,04 \text{ m}^3/h$$

$$P = 80,8 \text{ w/h}$$

Para el diseño del mezclador se tomará en cuenta la medida comercial de potencia, que es de 0,8 kW/hora y a un valor de 2 Hp

3.3.6. Diseño del Tratamiento Secundario

3.3.6.1. Diseño del Sedimentador Secundario

Para diseñar el tanque de sedimentador secundario se considerará un tiempo de residencia de 1 hora como en el sedimentador primario, y su forma será circular (ver anexo n° 5).

Volumen del tanque (V)

$V = \text{caudal diario (h)} \times \text{tiempo de retención (h)}$

$$V = 4,04 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 1 \text{ h}$$

$$V = 4,04 \text{ m}^3$$

Por lo tanto de acuerdo al volumen encontrado el tanque tendrá las siguientes dimensiones:

- Diámetro: 1,50 m
- Altura: 2,3 m

$$V = \pi(0,75 \text{ m}^2) * 2.3 \text{ m}$$

$$V = 4,06$$

3.3.6.2. Tanque de almacenamiento de lodos

Debido a que el sistema genera lodos, requiere un tanque para almacenar los lodos del sedimentador primario y secundario. Si se sabe que el sistema genera un total de 19,54 kg/día de lodos y que serán almacenados durante los 7 días dispuestos por la empresa encargada de su disposición final.

Las dimensiones del tanque serán en base a la masa por semana que es de 136,78 kilogramos, considerando un margen del 20 % del volumen (anexo n° 5).

$$\text{Volumen del tanque de lodos} = 136,78 \text{ kg} * 1,2$$

$$\text{Volumen del tanque de lodos} = 164,14 \text{ kg}$$

Por lo tanto, el tanque de lodos tendrá las siguientes dimensiones:

$$\text{Largo} = 0,60$$

$$\text{Ancho} = 0,50$$

$$\text{Alto} = 0,6 \text{ m}$$

3.3.6.3. Maquinaria y Equipos

Para el diseño del sistema propuesto se necesitarán los siguientes equipos.

- **Bomba**

Para este sistema será necesario 4 bombas centrífuga de 2 HP, una para extraer el lodo del sedimentador primario y secundario, 1 para el transporte del agua del tanque de inspección al tanque de almacenamiento, y la última para el agua tratada (se eligió estas, debido a su capacidad que es de 20 metros de distancia).



Figura 9. Bomba Pentax de 2 HP

- **Tanque de almacenamiento**

El tanque de almacenamiento para el agua tratada, este será un de 5 000 que permita almacenar el agua para abastecer a la empresa en el proceso de lavado.

3.4. Análisis costo beneficio para la implementación del sistema propuesto

La evaluación de la viabilidad económica del proyecto es importante, porque permite determinar si los beneficios esperados constituyen un retorno aceptable sobre la inversión y los costos estimados. Para ello se tomó como criterio la comparación de los costos de operatividad y multas sin la implementación del proyecto y el beneficio con la implementación del proyecto.

3.4.1. Costos de Inversión

Los costos de inversión se determinaron en base a los costos tangibles e intangibles en que incurre la implementación del sistema propuesto

3.4.1.1. Costos Tangibles

Los costos tangibles son todos aquellos que se pueden medir fácilmente de manera monetaria, dentro de estos tenemos:

- Mano de obra: dentro de esto está el costo de la excavación por metro cuadrado, la construcción, diseño y tarrajeo de los procesos del tratamiento. Todo esto se determinó en base a las dimensiones que tiene cada proceso donde se obtuvo un promedio de 16 m³.

- Insumos: dentro de los insumos se consideró el cemento, fierro, arena, ladrillos y otros que se necesitara para la construcción, a excepción de clavos y maderas que es propios del maestro de obra.
- Maquinaria y equipos: en esto se encuentra los costos de los accesorios que se utilizaran para la implementación de la planta de tratamiento como: tuberías, tees, codos y bombas.

Tabla 33. Costos de Inversión tangible para el diseño el proyecto

COSTOS TANGIBLES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costos Total(\$)
Exacavion y tarrajeo				
Exacavion de tierra	m ³	16,5	12,3	202,950
Tarrajeo con impermeabilizante con espesor de 0,015	m ²	20	13,24	264,800
Concreto F'C= 80 kg/cm2 con cemento antisalitroso	m ²	20	157,42	3 148,400
Encofrado y desencofrado	m ²	20	5,35	107,000
Mano de obra civil	m ²	20	13,38	267,600
Maquinaria y equipos				
Bomba centrifuga 2HP	4		498,46	1 993,84
Tanque Rotoplas de 5 000 litros	1		1 000,00	1 000,00
Motor para turbina 1 HP	1		650,00	650,00
Eje de la turbina	1		180,00	180,00
Válvula check	3		80,00	240,00
Válvula esférica	1		50,00	50,00
Tanque de lodos (de lata)	1		350,00	350,00
Accesorios				
Tubos PVC de 3 metros 3"	12		19,00	228,00
Tee's	8		5,20	41,60
Codos	12		4,46	53,52
Otros				1 500,00
Total				10 277,71

Elaboración: propia

La tabla 33 muestra los costos de mano de obra, accesorios y equipo. Para la implementación, los codos, tubos y tees son de PVC, ya que la norma OS.090

recomienda utilizar por que los lodos fluyen fácilmente, debido a que tiene una superficie lisa, lo cual impide que se generen obstrucciones o atascamiento.

Por lo tanto se obtuvo un total de \$ 10 277, 71 dólares del costo de inversión para sistema propuesto (tipo de cambio 3,25).

3.4.1.2. Costos Intangibles

Dentro de los costos intangibles se consideró el costo de los análisis físicos químicos, siendo uno de los más importantes para determinar si el efluente excede o no los límites máximos permisibles y costos para que asesoren al personal del manejo del sistema, en especial para adicionar el coagulante; para estos costos se obtuvo un total de 1 963,07 dólares que se muestra en la tabla 34.

Tabla 34. Costos intangibles para el diseño del proyecto

Descripción	Costos (\$)
Análisis físico-químico	163,07
Capacitación del personal	800,00
Pago por asesoría técnica de manipulación de maquina	600,00
Operario	400,00
Total	1 963,07

Elaboración: propia

Por lo tanto con la suma de los costos tangibles como intangibles se determinó la inversión que requiere la implementación del sistema propuesto (ver tabla 35), con un total de \$ 13 154,48 que comprende la suma de los costos tangibles e intangibles.

Tabla 35. Inversión total para la planta de tratamiento

Costos de Inversión Total	
Descripción	Costos \$.
Tangibles	10 277,71
Intangibles	1 963,07
Imprevistos (7%)	913,70
Total	13 154,48

Elaboración: propia

3.4.2. Gastos administrativos para el manejo del sistema

Para el manejo del sistema, se necesitara de personal con conocimientos, en dichos procesos, para que el tratamiento pueda rendir de forma eficiente. Para ello es necesario que la empresa Pevastar cuente con un personal de mantenimiento para dirigir y controlar los equipos y solicitar al administrador los insumos que se requiere dicho tratamiento. Y un operario que se encargara de encender y apagar los equipos controlando el buen funcionamiento y rendimiento del sistema.

La tabla 36. Muestra el sueldo que tendrá cada persona durante un año, considerando su gratificación de julio y diciembre. El sueldo del jefe y del técnico será de s/. 1 500, mientras que el operario obtendrá el sueldo mínimo.

Tabla 36. Sueldo de los trabajadores en el sistema

Personal	cantidad	Sueldo \$/mes	Liquidación	Total \$/año
Técnico de Mantenimiento	1	461,54	923,06	6 461,54
Operario	1	286,15	572,3	4 006,1
Total				10 467,64

Elaboración: propia

3.4.3. Costos de multas por vertimiento y uso de agua subterránea sin autorización

La entidad encargada de vigilar, fiscalizar la calidad del agua y controlar los vertimientos de aguas residuales tratadas a las empresas, sin un previo tratamiento a un cuerpo receptor y cumpliendo con los límites máximos permisibles, es la Autoridad Nacional del Agua (ANA) que se basa en la Ley N° 29338 ley de Recursos Hídricos que se describe en el marco de referencia, en el punto 2.2.7.

En la tabla 37 se muestran las sanciones y multas por incumplimiento de la ley, donde la empresa Pevastar tendría una denuncia leve y una sanción de 2 UITs. Pero en el artículo 278.3 de dicha ley, menciona que no podrán ser calificadas como infracciones leves las empresas que efectúen vertimientos de aguas residuales en los cuerpos de agua o reúso de aguas provenientes de fuentes terrestres, sin autorización, por lo que la sanción es grave con una multa de 2 a 5 UIT.

En definitiva, si el tipo de infracción es grave, la empresa tendría que pagar un monto de s/ 20 250 soles (en dólares es un monto de \$ 6 230,77 con el tipo de cambio 3,25) ya que cada UIT cuesta s/. 4 050, además si no paga la multa en el tiempo debido el ANA puede cerrar la empresa por un periodo de 2 meses causando pérdidas, y por último si no cumple con lo anterior será sancionada con el cierre definitivo hasta que cumpla con la ley 29 338.

Tabla 37. Tipos de multas de acuerdo a la infracción

Tipo de Infracciones			Multas
Denuncias	Leve	Contaminar las fuentes naturales de agua, superficiales o subterráneas.	0,5 - 2 UIT
	Grave	El vertimiento de aguas residuales en los cuerpos de agua o efectuar reúso de aguas sin autorización de la Autoridad Nacional del Agua	2 - 5 UIT
	Muy grave	Arrojar residuos sólidos a cuerpos de agua natural o artificial	5 - 10 000 UIT

Fuente: ley 29338

También cabe mencionar los costos del servicio que brinda Epsel por desatoro de las tuberías, en un periodo de 2 a 3 veces por mes con un costo de s/. 300; generando pérdidas de s/.10 800 por año y un promedio de \$.3 323,08.

3.4.4. Costos por consumo de agua subterránea

De acuerdo al Proyecto de Estudio Tarifario del Servicio de Monitoreo y Gestión de uso de Agua Residuales dado por la Sunass (2017), que también se menciona en el punto 3.1.1. donde la finalidad es contribuir a poner fin a la sobreexplotación y uso indiscriminado de las aguas subterráneas; propuso una tarifa para todos los usuarios de éstas, donde tiene la obligación a pagar de acuerdo a la categoría en que se encuentren, según la tabla 38.

Tabla 38. Estructura tarifaria del servicio de agua subterránea

Clase	Rango	Tarifas (s/.m ³)
Categoría	(m ³ /mes)	Año1
Residencial		
Social	0 a más	0,612
Doméstico I	0 a más	0,721
Doméstico II	0 a más	1,718
NO RESIDENCIAL		
Comercial y otros	0 a más	2,803
Industrial	0 a 1 000	2,803
	1 000 a más	3,208
Estatal	0 a más	1,718

Fuente: (Sunass, 2017)

Nota: las tarifas no incluyen IGV

Por lo tanto, de acuerdo a esta tarifa, los litros de agua para los años pronosticados se convirtieron a metros cúbicos para saber en qué categoría y rango se encontraba; es así que se determinó que la empresa Pevastar S.A.C se encuentra en la categoría no residencial-industrial, en un rango de 0 a 1 000 y con una tarifa de s/. 3,208 soles por metro cúbico y donde pagaría un total de \$. 54 925,38 durante los próximos 5 años (tipo de cambio 3,25) si sigue utilizando el agua subterránea, como muestra la tabla 39.

Tabla 39. Monto a pagar por el uso de agua subterránea según el pronóstico

Año	Metros cúbicos	Tarifa en s/.	Tarifa en \$.
2018	10 473,75	33 599,79	10 338,40
2019	10 801,32	34 650,63	10 661,73
2020	11 128,90	35 701,51	10 985,08
2021	11 456,47	36 752,36	11 308,42
2022	11 784,04	37 803,20	11 631,75
Total			54 925,38

Fuente: Pevastar S.A.C

3.4.5. Costos del sistema de tratamiento de efluentes

3.4.4.1. Costos de energía

El cálculo de la energía que consumirán los equipos en el tratamiento de los efluentes, se basó en el uso diario y en su potencia de cada uno. Para esto se tomó en cuenta el costo de energía en el sector industrial es de \$ 0,074 dólares por kilovoltio/hora (kw/h), ver tabla 40.

Tabla 40. Costo del consumo de energía de las bombas

Equipos	Consumo (KW)	Tiempo (h/día)	Energía diaria (kw/h)	Costo de energía (\$) por kw/h	Costo Total (\$)
Bomba centrífuga del efluente de 2HP (2 uni)	2,98	8	23,84	0,074	1,76
Bomba centrífuga de lodos 2HP (1 uni)	1,5	8	12	0,074	0,89
Bomba centrífuga del afluente 2HP (1 uni)	1,5	8	12	0,074	0,89
Motor para turbina 2 HP	1,5	8	12	0,074	0,89
Total					4,43

Elaboración: Propia

Para calcular el consumo de energía, primero la potencia de las bombas que están en HP se convirtió a kilowatts y se multiplico por el tiempo que estarán encendidas durante un día para saber cuánto de energía consumen las máquinas, y por último se multiplico por el monto que cobra Electronorte a las empresas industriales, obteniendo un total de \$. 4,43 por día, que en soles serán s/. 14,39 diarios.

3.4.4.2. Costo por tratamiento del efluente

Para el cálculo del costo del tratamiento del efluente se tomó en cuenta el costo de energía de las bombas por el tiempo, y se dividió entre la cantidad del efluente en m³/día, obteniendo un costo de \$. 0,08 por metro cúbico.

$$\text{Ct. Efluente} = \frac{4,43 \frac{\$}{\text{día}}}{32,28 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 0,14 \text{ \$/ m}^3$$

Por lo tanto calculando el costo de energía por día, se calculó el costo de energía que consumirá el sistema propuesto por cada m³, durante los años pronosticados, ver tabla 41.

Tabla 41. Costo de energía para el sistema propuesto

Año	Metros cúbicos (m ³)	Costo energía en \$
2018	10 473,75	1 466,33
2019	10 801,32	1 512,18
2020	11 128,90	1 558,05
2021	11 456,47	1 603,91
2022	11 784,04	1 649,77

Elaboración: propia

Cálculo del coagulante

Para calcular la cantidad de coagulante que necesitará el efluente, los 0,06 g/l que requiere el efluente se multiplicó por la cantidad de agua generada en todo el año (l/año), para luego multiplicarlo por el costo del sulfato de aluminio que es de S/.9/kg que equivale a \$ 2,76 el kilogramo (tipo de cambio 3,25) (ver tabla 42).

Tabla 42. Costo del coagulante por año

Año	Metros cúbicos	Cantidad de $AL_2(SO_4)_3$	Costo del $AL_2(SO_4)_3$ en \$/año
2018	10 473 750,00	0,06	1 734,45
2019	10 801 320,00	0,06	1 788,70
2020	11 128 900,00	0,06	1 842,95
2021	11 456470,00	0,06	1 897,19
2022	11 784 040,00	0,06	1 951,44

Elaboración: propia

$$\frac{0,06 \text{ g } AL_2(SO_4)_3}{l} * \frac{10\,473\,750 \text{ l}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{2,76 \$}{\text{kg}} = 1\,734,45 \frac{\$}{\text{año}}$$

Como se puede observar en los resultados, el sulfato de aluminio tiene mayor costo que el consumo de energía.

3.4.6. Análisis Costo beneficio de la propuesta

Este análisis nos permite medir la relación entre el costo y el beneficio, asociado al presente proyecto con el fin de evaluar su rentabilidad.

En la tabla N° 43 se muestra el flujo de caja para el cálculo de la relación costos beneficio, donde se dividió el valor actual de los ingresos totales (VAI) entre el valor actual de los costos de inversión (VAC) del proyecto.

Los beneficios para la empresa son los costos que incurren en: las multas por el vertimiento del efluente sin previo tratamiento que se obtuvo de la cantidad de UIT, el pago por hacer uso de las aguas subterránea durante los años pronosticados (2018-2022), el costo por el servicio de desatoro de las tuberías que es brindado por Epsel y el costo por consumir el agua subterránea.

Además, el costo para el desarrollo del proyecto será subvencionado por el dueño de la empresa Pevastar S.A.C.

De acuerdo a los resultados obtenidos se observa que el beneficio económico empieza a generarse a partir del segundo año con \$ 6 447, 06 el cual genera un incremento del 2% por año, donde la empresa estaría recuperando lo invertido en el tratamiento.

Tabla 43. Análisis del flujo de caja del sistema propuesto a la empresa Pevastar S.A.C

BENEFICIOS \$						
Descripción	2018	2019	2020	2021	2022	Total
Ahorro de costos por agua subterránea	10 338,40	10 661,73	10 985,05	11 308,42	11 631,75	
Ahorro de costo por desatoro	3 323,80	3 323,08	3323,08	3 323,08	3 323,08	
Ahorro de pago por multas por infracción	6230,77	6 230,77	6230,77	6 230,77	6 230,77	
Total beneficio	19 892,97	20 215,58	20538,90	20862,27	21 185,60	102 695,32
COSTOS \$						
Costo de energía de las PTAR	1 466,33	1 512,18	1 558,05	1 603,91	1 649,77	
Costo de inversión	13 154,48					
Costo de aditivo químico (Al ₂ (SO ₄) ₃)	1 734,45	1788,70	1 842,95	1 897,19	1 951,44	
Costo de mano de obra	10 467,64	10467,64	10 467,64	10 467,64	10 467,64	
Total costo	26 822,90	13768,52	13 868,63	13 968,74	14 068,84	82 497,63
Flujo	- 6 929,93	6 447,06	6 670,27	6 893,53	7 116,76	

B/C = \$. 102 695,32 / \$. 82 497,63

B/C = \$. 1,24

Según el análisis realizado en la empresa Pevastar, la propuesta resulta rentable, ya que la relación beneficio costo es mayor que la unidad, por lo que diremos que por cada dólar invertido en la empresa se obtendrá \$. 0,24 dólares de beneficio durante los próximos años.

3.5. Sostenibilidad Ambiental

Luego de haber identificado y cuantificado los impactos tanto positivos como negativos antes del desarrollo del proyecto, se diseñó otra matriz para evaluar los impactos generados después del desarrollo del proyecto. Lo cual permitió saber que impactos se han reducido, eliminado o incrementado.

La tabla 44 nos muestra como los impactos han disminuido como:

- El consumo del agua, se ha logrado disminuir de 20 a 0, debido a la implementación del sistema que permite reutilizar el efluente y no se seguirá haciendo uso de este recurso y se reutilizará a través del sistema propuesto, además es importante para la humanidad, la agricultura en la actualidad y para las futuras generaciones.
- La contaminación del agua subterránea se redujo de 9 a 0 porque el sistema propuesto permitirá reutilizar el agua, protegiendo a la flora y fauna acuática que se encuentra en el dren y sus alrededores. Y los lodos serán almacenados en un tanque para luego ser tratados por otra empresa.
- La contaminación del suelo es otro factor que disminuyó de 16 a 1, debido a que el sistema propuesto está diseñado para reutilizar el efluente, es por ello que el efluente que se genera en el proceso de lavado, cepillado y enjuague no se cuantifico, a excepción del secado que se consideró, debido a que en el momento de secar e líquido es vertido al piso. Asimismo los problemas de drenaje también quedaron en cero, porque el efluente no se verterá.
- Otro factor que se redujo con el sistema propuesto es la flora de 4 a 1, debido a que solo se consideró en el proceso de recepción, porque es ahí donde causan daño a las plantas con la llegada de los vehículos (con el dióxido de carbono que emiten, gases y atropello de las plantas), más no en los siguientes procesos al no verter el efluente.
- Otro impacto es la generación de empleo y la salud del personal de trabajo, donde se convirtió en positivo, ya que no estarán expuestos al olor y la generación de gases que era propio del efluente debido a la propuesta de mitigación que se menciona en el punto 3.1.6. Demostrando así que la implementación de un debido tratamiento ayuda a disminuir la contaminación ambiental.

Además, del total de los 104 impactos negativos generados sin un sistema, con la implementación del sistema se logró reducir a 6 (4,8 %), obteniendo un porcentaje de reducción del 95,1%, el indica que con el sistema propuesto ayudara a reducir los impactos y contaminación del medio ambiente generada por la empresa Pevastar S.A.C.

Tabla 44. Matriz e identificación de impactos después del desarrollo del proyecto

MATRIS DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS DESPUES DEL DESARROLLO DEL PROYECTO										
ACCIONES FACTORES AMBIENTALES CONSIDERADOS			PROCESO DEL LAVADERO DE VEHÍCULOS DE LA EMPRESA PEVASTAR S.A.C						Impacto por factores	Impacto total
			Recepción	Lavado y Cepillado	Enjuague	Secado	Promedios Aritméticos	Impactos por Subfactores		
Físicos	Aire	Gases contaminantes	-3 2				-6	-18	-19	
		Ruido	-1 1	-2 2	-1 1		-6			
		Presencia de olores	-1 2	-1 1	-1 2	-1 1	-6			
	Agua	Contaminación de aguas subterráneas		0	0	0	0	0		
		Consumo de agua subterránea		0	0		0			
	Suelo	Contaminación		0	0	-1 1	-1	-1		
Problemas de drenaje			0	0		0				
Biológicos	Flora	Hierbas	-1 1	0	0		-1	-1	-6	
		Fauna	Fauna Acuática		0	0		0		-2
	Habitad			-1 1	-1 1		-2			
	Paisaje	Cambios en forma del relieve	-1 1	0	0		-1	-3		
Cambios en la estructura del paisaje		-2 1	0			-2				
Socioeconómico	Personal	Empleo		+1 2	+1 2		4	8	19	
		Salud		+1 2	+1 2		4			
	Economía	Desarrollo local		+2 2	+2 1		6	11		
		Actividad Comercial		+2 2	0 1	+1 1	5			
PROMEDIO POSITIVO				12	6	1		Magnitud → ← Importancia		
PROMEDIO NEGATIVO			-13	-6	-4	-2				
PROMEDIOS ARITMÉTICOS			-13	6	2	-1	-6			

Fuente: Sbarato, Ortega, & Sbarato (2010).

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Los análisis físicos químicos realizados a la empresa, nos indicaron que los efluentes, excedían los límites máximos permisibles para vertimientos a un cuerpo receptor donde el DBO tenía 2910 mg/l, los SST 4380 mg/l y la DQO 4300 mg/l, y los otros parámetros si se encontraron del límite permitido. Asimismo, se identificó y calificó los impactos que genera la empresa al medio ambiente a través de la matriz de Leopold, por lo que los factores de mayor impacto fueron el agua por el consumo desmedido y la filtración del efluente al ser vertido; donde para disminuir la contaminación se propuso un plan de mitigación.
- En la evaluación y selección del tratamiento, se realizó en base a las características ventajas, desventajas y remoción de los parámetros que exceden los LMP, para que luego, a través del método de factores ponderados se obtenga el tratamiento que permita disminuir en mayor cantidad, donde se encontró que es el proceso de coagulación floculación, con mayor ponderación. Asimismo, cabe mencionar que debido a que el agua no es para consumo humano no requiere de un tratamiento terciario o avanzado,
- El diseño del tratamiento del sistema se basó en 4 proceso: primero la sedimentación por gravedad que se encarga de reducir los sólidos con 2 628mg/l, los sólidos sedimentables es 28,8 mg/l; seguido de la coagulación floculación con una remoción 700,8 mg/l, luego un proceso de sedimentación secundaria con 752,2 mg/l en sólidos suspendidos totales. Además, el resultado después del balance se comparó con los límites máximos permisibles y se encontró que estaban dentro de los parámetros que regula la ley 29338.
- Para el análisis costo beneficio se calculó los gastos generados para la implementación del proyecto, los multas por verter efluentes sin un previo tratamiento, el costo del agua subterránea; donde el costo total para los años proyectados es de \$. 82 497,63 y el beneficio de \$ 102 695,32. La relación de B/C fue de \$ 1,24 lo cual indica que el proyecto es rentable para la empresa Pevastar por que reducirá las multas, el pago por usar el agua subterránea sin permiso, además el tiempo de recuperación de la inversión empezará en el segundo año (2019), y lo más importante que ayudara a reducir el impacto ambiental y cuidar los recurso hídrico al reutilizar los efluentes.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda nuevas investigaciones acerca de los tratamientos de los efluentes en las industrias del departamento de Lambayeque, e identificar los daños, y proponer alternativas de solución con proyecciones futuras para disminuir la contaminación del medio ambiente.
- Realizar investigaciones con insumos naturales propios de nuestra región, para los efluentes de las empresas dedicadas a este rubro. E implementar sistemas de tratamiento que permitan ser amigables con el medio ambiente

V. BIBLIOGRAFÍA

- Asha, Al-Gheeti; Mohamed, R., Rahman, M., Johari, M., & A H M, K. (2016). Treatment of Wastewater From Car Washes Using Natural Coagulation and Filtration System. IOPScience, 136(1), 1-7
- Baca Urbina, G., Romero Vallejo, S., & Cruz Valderrama, M. (2014). Proyectos Ambientales en la Industria (primera ed.). Mexico: Ebook.
- Cabildo Miranda, P., Claramunt Vallestipí, R., Cornago Ramirez, P., Escolástico León, C., Esteban Santos, S., Farrán Morales, A, Sanz del Castillo, D. (2008). Reciclado y Tratamiento de residuos (primera ed.). España: Grafo S.A.
- Carrasquero, Sedolfo; Karen Terán; Marielba R. Más; Gilberto Colina y Altamira Diaz. 2015. Evaluación de un tratamiento fisicoquímico en efluentes provenientes del lavado de vehículos para su reutilización. Arbitraria Venezolana del Núcleo Luz-Costa Oriental del Lago. Vol. 10. N°2. pp 122-139
- Conesa, Vicente. 2003. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Madrid, España: Mundi – Prensa, Libros S.A.
- Consorcio Life MinAqua. (2016). Guía de Buenas Prácticas para Instalaciones de Lavado de Vehículos (Primera ed.). Barcelona: Grup Fundació Ramon Noguera. Obtenido de <http://www.minaqua.org/wp14/wp-content/uploads/2016/12/Guia-de-buenas-practicas-para-instalaciones-de-lavado-de-vehiculos-CAST-bxa.pdf>
- Cordova Padilla, Marcial. 2013. Formulación y evaluación de proyectos. Segunda Edición. Ecoe- Ediciones, Bogotá.
- Crites, Ron y George Tchobanoglous. 2000. Tratamiento de aguas residuales en Pequeñas Poblaciones. McGraw – Hill Interamericana, Colombia.
- Espinoza, Guillermo. 2001. Fundamentos de evaluación de Impacto Ambiental. Santiago - Chile. Banco Internacional de desarrollo – BID y centro de Estudios para el Desarrollo – CED.
- Espinoza, Guillermo. 2007. Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Santiago - Chile. Banco Internacional de desarrollo – BID y centro de Estudios para el Desarrollo – CED.
- FONAM. (2010). Fondo Nacional del Ambiente. Obtenido de: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/0605A78F2E41896205257DC800592EF0/\\$FILE/Oportunidades_Mejoras_Ambientales.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/0605A78F2E41896205257DC800592EF0/$FILE/Oportunidades_Mejoras_Ambientales.pdf)
- I. Tejero, j. Suarez, A. Jacome, & J. Temprano, “Tema 28: Pretratamientos”. 2008 Ingeniería Sanitaria Ambiental. Obtenido de

ftp://ceres.udc.es/ITS_Caminos/2_Ciclo/Ingenieria_Sanitaria_Ambiental/TEM A28-rev070509-ajb.pdf. (Consultado: 03 – Abril -2018).

- Kamaltai, Sau; Shinkar N. P; 2014. Use of membrane to treat car wash wastewater. International Journal for Research in Science & Advanced Technologies. Vol.1. N° 3. pp 13-19.
- Lau, W.J; Ismail A.F y Firdaus S. 2013. Car wash industry in Malaysia: Treatment of car wash effluent using ultrafiltration and nanofiltration membranes. Revista: Separation and Purification Technology. Vol 104 (enero 2017): 26 – 31.
- Metcalf & Eddy . (1998). Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización (Tercera ed., Vol. 1). (A. G. Brage, Ed.) España: MCGRAW-HILL/ Interamerica de España S.A.U.
- Ministerio del ambiente, “Ley N° 28611 Ley General del Ambiente”, publicacion Minam, 2005. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>. (Accedido: 13-Oct-2016).
- Ministerio del Ambiente (2014). Obtenido de [www.minam.gob.pe:http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/conoce-cuanto-gastas-en-agua-y-cuanto-puedes-ahorrar-en-tu-vida-cotidiana-con-la-revista-minam/](http://www.minam.gob.pe/http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/conoce-cuanto-gastas-en-agua-y-cuanto-puedes-ahorrar-en-tu-vida-cotidiana-con-la-revista-minam/). (Accedido: 18 – Noviembre – 2016).
- Ministerio del Ambiente, “Decreto Supremo N° 003-2010”, 2010. Obtenido de http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2010-minam.pdf . (Accedido: 11-Dic -2016).
- Muniar Baddor Ilhiam; Nahed Farhoud; Isam Mohammed Abdel-Magid; Shibli Alshami; Fleih Hassan Ahmad y Assad Olabi. 2014: Study of Car Wash Wastewater Treatment by Adsorption. International Conference of Engineering, Information Technology, and Science. Vol N°6, 1- 14.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2015. Norma OS.090: Plantas de tratamiento de aguas residuales: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/AA381897B934542205257DC7005EC0C3/\\$FILE/OS.090.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/AA381897B934542205257DC7005EC0C3/$FILE/OS.090.pdf). (Accedido: 02- Sep- 2017).
- Noyola, A., Morgan S., J., & Guereca, L. (2013). Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. México: Universidad Autónoma de México.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. 2014. Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales.

- Proyecto Life MinAqua. (septiembre de 2016). Google. (G. F. Noguera, Ed.) Obtenido de <http://minacqua.org/wp8c/wp-content/uploads/2016/12/Guía-de-buenas-practicas-para-instalaciones-de-lavado-de-vehiculos-CAST-bxa.pdf>
- Ramos Olmos, R., Sepúlveda Marqués, R., & Villalobos Moreto, F. (2003). El agua en el Medio Ambiente; muestreo y análisis (Primera ed.). Mexico: Plaza y Valdez S.A.C.
- Ramalho Rubens Sette. 2013. Tratamiento de aguas residuales. Editorial Reverté S. A, Barcelona- España.
- Rigola Lapeña, M. (1990). Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales. España: MARCOMBO S.A.
- Salas Vanini, B. (2016). semanaeconomica.com. Obtenido de <http://semanaeconomica.com/article/sectores-y-empresas/industria/184184-empresas-industriales-pagaran-nuevas-tarifas-por-usar-aguas-subterraneeas-en-seis-meses/#>. (Accedido: 15 –May- 2017)
- Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Márquez, E., & Zambrano, L. (2007). Perspectivas sobre Conservación de Ecosistemas Acuáticos en México (primera ed.). México: S y G Editores, S.A. de C.V.
- Sbarato, D., Ortega, J., & Sbarato, V. (2010). Planificación y Gestión de los estudios de impacto ambiental. Argentina: Encuentro.
- Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima – Sedapal. Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales No domésticas. <http://www.sedapal.com.pe/documents/10154/fedf8405-1bc2-428e-9d8d-a1c2ad009f53> (28 de Mayo de 2017).
- Sunass. (25 de Agosto de 2017). www.sunass.gob.pe. Obtenido de http://www.sunass.gob.pe/doc/NotasPrensa/2017/Agosto/np227_2017.pdf

VI. ANEXOS

Anexo N° 1. Resultado de análisis físico químico de aguas residuales en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
UNIDAD DE SERVICIOS TÉCNICOS



REPORTE DE ANALISIS N° 008-2017-UST-FIQIA

09 de Enero 2017

SOLICITANTE : ASTONITAS FERNANDEZ YULISA
DIRECCION : PANAMERICANA NORTE KM 77.2
ASUNTO : ANALISIS FÍSICO QUÍMICO
MUESTRA 01 : AGUA RESIDUA DE LAVADO DE CARROS (CARGA PESADA)
TIPO DE USO : LAVADO DE CARROS
FECHA DE RECEPCION : 04/01/2017
FECHA DE REPORTE : 06/01/2017

RESULTADO DEL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

DETERMINACION	MEDIDA	RESULTADOS
PH T°22.1°C	UNIDADES	8.2
COND. ELECTRICA T°23,7°C	m.s/cm	1.50
ALCALINIDAD (HCO ₃)	mg/l	500.00
CLORUROS	mg/l	443.13
DUREZA	mg/l	780.00
SULFATOS	mg/l	230.00
ACEITES Y GRASAS	mg/l	12.00

CONCLUSIONES:

Esta agua residual puede ser descargada al sistema de alcantarillado, pues los valores hallados no superan lo establecido en el D.S-021-2009-vivienda y D.S.001-2015-vivienda.

Recomendando si es posible separar la dureza para evitar problemas en las cañerías.

Dra. BLANCA ROMERO GUZMAN
Analista



Anexo N° 2. Resultado de análisis físico químico de aguas residuales en Epsel

EPSEL S.A
GERENCIA OPERACIONAL
OFICINA CONTROL DE CALIDAD

RESULTADO DE ANALISIS FISICOS – QUIMICOS AGUA RESIDUAL – PEVASTAR S.A.C

PARAMETROS	AGUA RESIDUAL
Código de la muestra	LCC - 2537 - 16
Fecha de Análisis:	27/12/2016
DBO5, mg/l	2910
DQO, mg/l	4300
Sól. Suspendidos Totales ml/l/h	4380

OBSERVACIONES

Las muestras fueron recolectadas y alcanzadas al Laboratorio Central por personal interesado.



OFICINAS : Av. Sken Peña N° 1860 (Planta de Agua Potable) Chiclayo - Telef: 253479 - 252291 - Telefax 253520
Gerencia Operacional Telf. 254132 - Av. Miguel Grau N° 451 Gerencia Comercial Telf. 273609 - 235757
Emergencias Telf. 238363 - 208877 - Pág. Web: www.epsel.com.pe



**ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS
DE SANEAMIENTO DE LAMBAYEQUE S.A.**
"TRABAJAMOS PERMANENTEMENTE PARA LLEVARLE AGUA DE
LA MEJOR CALIDAD, CUIDELA NO LA DESPERDICIE"

Anexo N° 3. Valoración de los Impactos

1) Valoración del aire

VALORACIÓN DE IMPACTOS EN EL PROCESO DE LAVADO DE LA EMPRESA PEVASTAR S.A.C					
FACTORES AMBIENTALES CONSIDERADOS		ACCIONES			
		Recepción	Lavado y Cepillado	Enjuague	Secado
Aire	Gases contaminantes	CI: (-) I: 1 EX: 1 SI: 1 PE: 1 EF: 1 MO: 4 AC: 1 MC: 4 RV: 4 PR: 2 IM: -23 Compatible			
	Ruido	CI: (-) I: 2 EX: 2 SI: 2 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 1 MC: 1 RV: 2 PR: 2 IM: -28 Moderado	CI: (-) I: 2 EX: 1 SI: 2 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 1 MC: 2 RV: 2 PR: 4 IM: -30 Moderado	CI: (-) I: 2 EX: 1 SI: 2 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 1 MC: 2 RV: 2 PR: 4 IM: -29 Moderado	
	Presencia de olores	CI: (-) I: 1 EX: 1 SI: 2 PE: 1 EF: 1 MO: 2 AC: 1 MC: 4 RV: 1 PR: 2 IM: -19 Compatible	CI: (-) I: 1 EX: 1 SI: 2 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 1 MC: 4 RV: 2 PR: 2 IM: -26 Moderado	CI: (-) I: 1 EX: 1 SI: 2 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 1 MC: 4 RV: 2 PR: 2 IM: -26 Moderado	CI: (-) I: 1 EX: 1 SI: 1 PE: 2 EF: 1 MO: 4 AC: 1 MC: 1 RV: 1 PR: 2 IM: -18 Compatible

2) Valoración agua

VALORACIÓN DE IMPACTOS EN EL PROCESO DE LAVADO DE LA EMPRESA PEVASTAR S.A.C					
FACTORES AMBIENTALES CONSIDERADOS		ACCIONES			
		Recepción	Lavado y Cepillado	Enjuague	Secado
Agua	Contaminación del agua subterránea		CI: (-) I: 1 EX: 2 SI: 1 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 4 MC: 4 RV: 4 PR 8 IM: -38	CI: (-) I: 1 EX: 2 SI: 1 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 4 MC: 4 RV: 4 PR 8 IM: -38	CI: (-) I: 1 EX: 1 SI: 1 PE: 1 EF: 4 MO: 4 AC: 1 MC: 2 RV: 4 PR 4 IM: -26
	Contaminación del agua superficial		CI: (-) I: 1 EX: 2 SI: 1 PE: 2 EF: 1 MO: 2 AC: 1 MC: 4 RV: 4 PR 2 IM: -24	CI: (-) I: 1 EX: 2 SI: 1 PE: 2 EF: 1 MO: 2 AC: 1 MC: 4 RV: 4 PR 2 IM: -24	
	Consumo de agua		CI: (-) I: 3 EX: 2 SI: 1 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 1 MC: 4 RV: 8 PR 4 IM: -41	CI: (-) I: 3 EX: 2 SI: 1 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 1 MC: 4 RV: 8 PR 4 IM: -41	
			Moderado	Moderado	Moderado
			Compatible	Compatible	
			Moderado	Moderado	

3) Valoración del suelo

VALORACIÓN DE IMPACTOS EN EL PROCESO DE LAVADO DE LA EMPRESA PEVASTAR S.A.C					
FACTORES AMBIENTALES CONSIDERADOS		ACCIONES			
		Recepción	Lavado y Cepillado	Enjuague	Secado
Suelo	Compactación		CI: (-) I: 1 EX: 1 SI: 1 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 1 MC: 1 RV: 2 PR: 4 IM: -24	CI: (-) I: 1 EX: 1 SI: 1 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 1 MC: 1 RV: 2 PR: 4 IM: -24	
			Compatible	Compatible	
	Contaminación		CI: (-) I: 1 EX: 1 SI: 2 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 1 MC: 2 RV: 4 PR: 4 IM: -28	CI: (-) I: 1 EX: 1 SI: 2 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 1 MC: 2 RV: 4 PR: 4 IM: -28	
			Moderado	Moderado	
	Problemas de drenaje		CI: (-) I: 1 EX: 2 SI: 1 PE: 2 EF: 1 MO: 2 AC: 4 MC: 2 RV: 2 PR: 4 IM: -25	CI: (-) I: 1 EX: 2 SI: 1 PE: 2 EF: 1 MO: 2 AC: 4 MC: 2 RV: 2 PR: 4 IM: -25	
			Compatible	Compatible	

4) Valoración de la flora y fauna

VALORACIÓN DE IMPACTOS EN EL PROCESO DE LAVADO DE LA EMPRESA PEVASTAR S.A.C					
FACTORES AMBIENTALES CONSIDERADOS		ACCIONES			
		Recepción	Lavado y Cepillado	Enjuague	Secado
Flora	Hierbas	CI: (-)	CI: (-)	CI: (-)	
		I: 1	I: 1	I: 1	
		EX: 1	EX: 1	EX: 1	
		SI: 1	SI: 1	SI: 1	
		PE: 1	PE: 1	PE: 1	
		EF: 4	EF: 1	EF: 1	
		MO: 4	MO: 4	MO: 4	
		AC: 1	AC: 1	AC: 1	
		MC: 2	MC: 2	MC: 4	
		RV: 2	RV: 2	RV: 2	
		PR: 1	PR: 1	PR: 1	
		IM: -21	IM: -18	IM: -20	
			Compatible	Compatible	Compatible
Fauna	Fauna acuática		CI: (-)		
			I: 1		
			EX: 1		
			SI: 1		
			PE: 2		
			EF: 1		
			MO: 2		
			AC: 2		
			MC: 4		
			RV: 4		
			PR: 4		
			IM: -25		
			Compatible		
Fauna	Habitad		CI: (-)		
			I: 1		
			EX: 1		
			SI: 1		
			PE: 2		
			EF: 1		
			MO: 2		
			AC: 1		
			MC: 2		
			RV: 4		
			PR: 2		
			IM: -20		
			Compatible		

5) Valoración del paisaje

VALORACIÓN DE IMPACTOS EN EL PROCESO DE LAVADO DE LA EMPRESA PEVASTAR S.A.C					
FACTORES AMBIENTALES CONSIDERADOS		ACCIONES			
		Recepción	Lavado y Cepillado	Enjuague	Secado
Fauna	Migraciones		CI: (-) I: 1 EX: 1 SI: 1 PE: 1 EF: 1 MO: 4 AC: 1 MC: 2 RV: 1 PR: 1 IM: -17	CI: (-) I: 1 EX: 1 SI: 1 PE: 1 EF: 1 MO: 4 AC: 1 MC: 2 RV: 1 PR: 1 IM: -17	
			Compatible	Compatible	
Paisaje	Cambios en la forma del relieve	CI: (-) I: 1 EX: 1 SI: 1 PE: 2 EF: 1 MO: 4 AC: 1 MC: 2 RV: 2 PR 2 IM: -20	CI: (-) I: 1 EX: 1 SI: 1 PE: 2 EF: 1 MO: 4 AC: 1 MC: 2 RV: 2 PR 2 IM: -20	CI: (-) I: 1 EX: 1 SI: 1 PE: 1 EF: 1 MO: 4 AC: 1 MC: 2 RV: 2 PR 2 IM: -19	
		Compatible	Compatible	Compatible	
	Cambios en la estructura del paisaje	CI: (-) I: 1 EX: 1 SI: 1 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 1 MC: 4 RV: 4 PR 2 IM: -27	CI: (-) I: 1 EX: 1 SI: 1 PE: 2 EF: 1 MO: 4 AC: 1 MC: 4 RV: 4 PR 2 IM: -24		
Moderado		Compatible			

6) Valoración de la población

VALORACIÓN DE IMPACTOS EN EL PROCESO DE LAVADO DE LA EMPRESA PEVASTAR S.A.C					
FACTORES AMBIENTALES CONSIDERADOS		ACCIONES			
		Recepción	Lavado y Cepillado	Enjuague	Secado
Población	Migraciones		CI: (+) I: 1 EX: 1 SI: 1 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 1 MC: 2 RV: 2 PR: 2 IM: 23 Bajo	CI: (+) I: 1 EX: 1 SI: 1 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 1 MC: 2 RV: 2 PR: 2 IM: 23 Bajo	
	Empleo		CI: (+) I: 1 EX: 2 SI: 1 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 4 MC: 2 RV: 1 PR: 2 IM: 27 Medio	CI: (+) I: 1 EX: 2 SI: 1 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 4 MC: 2 RV: 1 PR: 2 IM: 27 Medio	
	Salud		CI: (-) I: 1 EX: 1 SI: 2 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 1 MC: 2 RV: 4 PR: 2 IM: -26 Moderado	CI: (-) I: 1 EX: 1 SI: 2 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 1 MC: 2 RV: 4 PR: 2 IM: -26 Moderado	CI: (-) I: 1 EX: 1 SI: 2 PE: 2 EF: 1 MO: 4 AC: 1 MC: 2 RV: 4 PR: 2 IM: 23 compatible

7) Valoración Económica

VALORACIÓN DE IMPACTOS EN EL PROCESO DE LAVADO DE LA EMPRESA PEVASTAR S.A.C					
FACTORES AMBIENTALES CONSIDERADOS		ACCIONES			
		Recepción	Lavado y Cepillado	Enjuague	Secado
Económico	Desarrollo local		CI: (+) I: 1 EX: 2 SI: 2 PE: 2 EF: 4 MO: 2 AC: 4 MC: 4 RV: 4 PR: 4 IM: 33 Medio	CI: (+) I: 1 EX: 1 SI: 1 PE: 2 EF: 1 MO: 2 AC: 1 MC: 4 RV: 4 PR: 4 IM: 24 Bajo	
	Insidencia sobre la actividad Comercial		CI: (+) I: 1 EX: 2 SI: 2 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 4 MC: 4 RV: 1 PR: 4 IM: 34 Medio	CI: (+) I: 1 EX: 1 SI: 1 PE: 2 EF: 1 MO: 4 AC: 4 MC: 4 RV: 1 PR: 4 IM: 26 Medio	CI: (+) I: 1 EX: 2 SI: 2 PE: 2 EF: 4 MO: 4 AC: 4 MC: 4 RV: 1 PR: 4 IM: 30 Medio

Anexo N°4. Pronostico de Suavización exponencial simple para los años 2018-2022

Litros de agua usada								
	Meses	Yt	At	At'	at	bt	yt'	
2016	enero	855162.00	855162.00	855162.00	855162.0	0		
	febrero	823166.40	845912.3	852488.0	839336.7	-2674.0	855162,0	
	marzo	804938.40	834067.1	847162.7	820971.6	-5325.3	836662,7	
	abril	783316.80	819395.6	839135.5	799655.8	-8027.2	815646,2	
	mayo	818454.00	819123.4	833350.1	804896.7	-5785.3	791628,6	
	junio	794455.20	811992.0	827175.7	796808.4	-6174.4	799111,4	
	julio	802519.20	809253.5	821994.5	796512.5	-5181.1	790633,9	
	agosto	837396.00	817389.3	820663.2	814115.3	-1331.3	791331,3	
	septiembre	812784.00	816057.9	819331.9	812784.0	-1331.3	812784,0	
	octubre	808768.80	813950.7	817776.2	810125.2	-1555.6	811452,7	
	noviembre	821083.20	816012.6	817266.4	814758.9	-509.8	808569,5	
	diciembre	847568.40	825135.1	819541.2	830729.1	2274.8	814249,1	
2017	Enero	Pronostico 1						833003,9
	Febrero	Pronostico 2						835278,7
	Marzo	Pronostico 3						837553,5
	Abril	Pronostico 4						839828,3
	Mayo	Pronostico 5						842103,1
	Junio	Pronostico 6						844377,9
	Julio	Pronostico 7						846652,7
	Agosto	Pronostico 8						848927,5
	Septiembre	Pronostico 9						851202,3
	Octubre	Pronostico 10						853477,1
	Noviembre	Pronostico 11						855751,9
	Diciembre	Pronostico 12						858026,7
2018	enero	Pronostico 13						860301,5
	febrero	Pronostico 14						862576,3
	marzo	Pronostico 15						864851,1
	abril	Pronostico 16						867125,8
	mayo	Pronostico 17						869400,6
	junio	Pronostico 18						871675,4
	julio	Pronostico 19						873950,2
	agosto	Pronostico 20						876225,0
	septiembre	Pronostico 21						878499,8
	octubre	Pronostico 22						880774,6
	noviembre	Pronostico 23						883049,4
	diciembre	Pronostico 24						885324,2

2019	enero	887599,0
	febrero	889873,8
	marzo	892148,6
	abril	894423,4
	mayo	896698,2
	junio	898973,0
	julio	901247,8
	agosto	903522,6
	septiembre	905797,4
	octubre	908072,2
	noviembre	910347,0
	diciembre	912621,8
2020	enero	914896,5
	febrero	917171,3
	marzo	919446,1
	abril	921720,9
	mayo	923995,7
	junio	926270,5
	julio	928545,3
	agosto	930820,1
	septiembre	933094,9
	octubre	935369,7
	noviembre	937644,5
	diciembre	939919,3
2021	enero	942194,1
	febrero	944468,9
	marzo	946743,7
	abril	949018,5
	mayo	951293,3
	junio	953568,1
	julio	955842,9
	agosto	958117,7
	septiembre	960392,5
	octubre	962667,2
	noviembre	964942,0
	diciembre	967216,8

2022	enero	969491,6
	febrero	971766,4
	marzo	974041,2
	abril	976316,0
	mayo	978590,8
	junio	980865,6
	julio	983140,4
	agosto	985415,2
	septiembre	987690,0
	octubre	989964,8
	noviembre	992239,6
	diciembre	994514,4

Elaboración: propia

Fórmulas para pronosticar

p	α	$0 < \alpha < 1$
1	0.289	

También se le conoce como Modelo de Brown.
Se utiliza para pronosticar series de tiempo que tienen una tendencia lineal.

→ $A_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)A_{t-1}$
 $A_t' = \alpha A_t + (1 - \alpha)A_{t-1}'$
 $a_t = 2A_t - A_t'$
 $b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (A_t - A_t')$
 $Y_{t+p}' = a_t + b_t p$

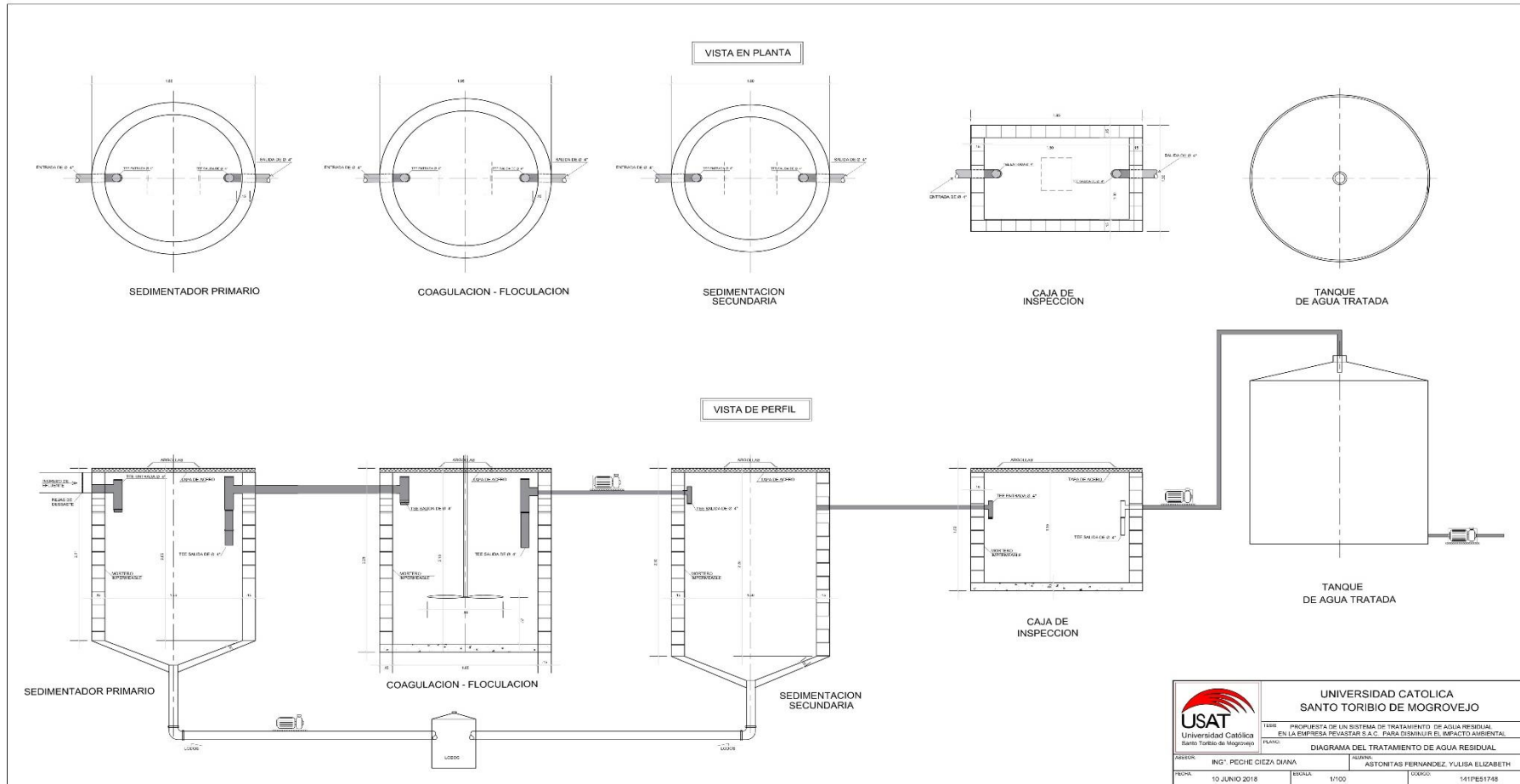


Con un alfa de 0.2

p	α
1	0.289
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	

Anexo N° 5. Imagen del Diseño del sistema

a. Vista de perfil y planta del diseño del sistema propuesto en vista en planta y de perfil



b. Vista de planta de la empresa Pevastar S.A.C y ubicación del sistema propuesto

