

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



Propuesta de un sistema de tratamiento para la reutilización de aguas residuales, producto del servicio de lavado de vehículos en la empresa servicentro Martinez S.A.C.

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

AUTOR

Brayan Liroill Martinez Vega

ASESOR

Edith Anabelle Zegarra Gonzalez

<https://orcid.org/0000-0002-6204-7379>

Chiclayo, 2018

**Propuesta de un sistema de tratamiento para la reutilización de
aguas residuales, producto del servicio de lavado de vehículos en la
empresa servicentro Martinez S.A.C.**

PRESENTADA POR

Brayan Liroill Martinez Vega

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

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

María Luisa Espinoza García Urrutia
PRESIDENTE

Joselito Sanchez Pérez
SECRETARIO

Edith Anabelle Zegarra Gonzalez
VOCAL

Dedicatoria

A mi madre Victoria Vega.

Por la ayuda que es incondicional como siempre, las lecciones, los valores, la motivación que hizo posible que yo sea una mejor persona, y, sobre todo, su amor.

A mi hijo Carlos Darío.

Por darle un giro a mi vida con su amor e inocencia, y ser el primordial motivo para terminar con este gran proyecto.

Agradecimientos

A mi padre Segundo Martínez.

Por su característico modelo de perseverancia y tenacidad, y lo que siempre me ha inculcado, el precio que mostró para seguir adelante, y su amor.

INFORME DE ORIGINALIDAD

30% INDICE DE SIMILITUD **29%** FUENTES DE INTERNET **4%** PUBLICACIONES **10%** TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	10%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	docplayer.es Fuente de Internet	1%
4	dspace.espoch.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	idoc.pub Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	documents.mx Fuente de Internet	1%
8	www.cimpar.org.ar Fuente de Internet	1%
9	docslide.us Fuente de Internet	1%
10	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%

Índice

Resumen	12
Abstract.....	13
I. Introducción	14
II. Marco Teórico.....	18
2.1. Antecedentes del problema	18
2.2. Fundamento teórico	21
2.2.1 Lavado de vehículos.....	21
2.2.1.1 Lavado manual	21
2.2.1.2 Lavado automático	21
2.2.2 Descripción del sistema de lavado	21
2.2.3 Agua residual de lavado vehicular	23
2.2.3.1 Aguas residuales	23
2.2.3.2 Aguas residuales del lavado de vehículos	24
2.2.3.3 Parámetros de calidad del agua residual.....	27
2.2.4 Tratamiento de agua residual	32
2.2.4.1 Agua tratada.....	32
2.2.4.2 Procesos físicos, químicos y biológicos	32
2.2.4.3. Etapas del tratamiento de agua residual	32
2.2.5 Reutilización de aguas residuales.....	45
2.2.5.1 Reutilización de agua residual resultante del lavado vehicular.....	46
2.2.5.2 Normativa, calidades y usos del agua en la reutilización en el lavado vehicular.....	47
2.2.6 Muestreo y caracterización del agua residual	48
2.2.6.1 Tipos de muestra.....	49
2.2.6.2 Método de tipo de muestra	49
2.2.6.3 Envases	50
2.2.6.4 Conservación de las muestras.....	50
2.2.6.5 Identificación de las muestras	52
2.2.7. Marco legal para la descarga de efluentes al alcantarillado público:	52
III. Resultados.....	55

3.1 Descripción de la empresa	55
3.1.1 Servicio de mecánica de vehículos.....	55
3.1.2 Servicio de cambio de aceites de vehículos	58
3.1.3 Servicio de engrase de vehículos	60
3.1.4 Servicio de lavado de vehículos	61
3.1.4.1 Servicios húmedos.....	61
3.1.4.2 Servicios secos.....	61
3.2 Descripción del servicio de lavado	64
3.2.1 Cantidad de vehículos en el servicio de lavado.....	67
3.2.2 Materiales y equipos.....	68
3.2.2.1 Agua	68
3.2.2.2 Detergente.....	69
3.2.2.3 Equipos	70
3.2.3 Residuos	70
3.2.4 Sistema actual de tratamiento del efluente	71
3.2.4.1 Desarenador o trampa de sedimentos	72
3.2.4.2 Trampa de grasas	72
3.2.4.3 Caja de aforo.....	73
3.3 Generación de volumen de agua residual	74
3.4 Proyección del volumen de agua residual.....	77
3.5. Situación actual de la calidad del agua residual de la empresa	80
3.5.1 Objetivo del muestreo	80
3.5.2 Selección del sitio de muestreo	80
3.5.3 Registro de datos de campo.....	82
3.5.4 Duración del muestreo	82
3.5.5 Tipo de muestreo.....	82
3.5.6 Volumen de la muestra.....	82
3.5.7 Aislamiento y transporte de envases y preservación.....	82
3.5.8 Caracterización del agua residual.....	83

3.6 Determinación del sistema de tratamiento	85
3.6.1 Tratamiento preliminar o pretratamiento	86
3.6.2 Tratamiento primario.....	88
3.6.3. Tratamiento secundario.....	89
3.6.4. Selección del sistema de tratamiento secundario.....	91
3.7. Diagrama de procesos	97
3.8. Diagrama de flujo de operaciones	98
3.9. Diagrama de flujo en bloques del proceso de tratamiento de aguas residuales ...	99
3.10. Balance de materia en el sistema	100
3.10.1. Balance del cribado	100
3.10.2. Balance en la remoción arenas.....	102
3.10.3. Balance en la remoción de aceite y grasa.....	104
3.10.4. Balance en la sedimentación primaria.....	106
3.10.5. Balance en el tratamiento secundario (Lodos Activados).....	107
3.10.5.1. Balance de materia para la producción de biomasa:.....	108
3.10.5.2. Balance de materia para el sustrato:	112
3.10.5.3. Requerimiento de oxígeno:.....	113
3.10.5.4. Parámetros finales de tratamiento secundario:	113
3.11. Comparación de resultados	114
3.12. Disposición final de residuos obtenidos	115
3.12.1 Residuos sólidos.....	115
3.12.2. Residuos líquidos	116
3.13. Diseño del sistema del tratamiento de agua residual vehicular	117
3.13.1. Diseño del canal de entrada.....	117
3.13.2. Diseño de cámara de rejillas	121
3.13.3. Diseño del desarenador	126
3.13.4. Diseño de la trampa de grasas	129
3.13.5. Diseño del sedimentador	133

3.13.6. Diseño del tratamiento secundario.....	136
3.13.6.1. Diseño del reactor aerobio:.....	136
3.13.6.2. Diseño del sedimentador secundario:.....	137
3.13.6.3. Tanque de almacenamiento de lodos:.....	138
3.13.6.4. Selección del equipo de aireación.	139
3.14. Análisis costo beneficio.....	141
3.14.1. Análisis de mejora de métodos.....	141
3.14.2. Costo de inversión del sistema propuesto.....	141
3.14.2.1 Inversiones tangibles.	141
3.14.2.2. Inversiones intangibles.	144
3.14.2.3. Capital de trabajo.....	144
3.14.3. Gastos administrativos para implantar los cambios.....	145
3.14.4. Costos por multas, sanciones y desatoro de redes de alcantarillado.....	146
3.14.4.1. Multas debido a la contaminación del agua.....	146
3.14.4.2. Costos por multas.....	147
3.14.5. Flujo de caja.....	148
3.14.5.1. Ingresos.....	148
3.14.5.1. Egresos.....	150
3.15. Financiamiento.....	151
IV. Conclusiones.....	152
V. Referencias.....	153
VI. Anexos.....	156
Anexo 6.1: Carta emitidas por EPSEL S.A.	156
Anexo 6.2: Carta emitidas por EPSEL S.A.	157
Anexo 6.3: Resultados de laboratorio EPSEL S.A.	158
Anexo 6.4: Resultados de laboratorio EPSEL S.A.	159
Anexo 6.5: Resultados de laboratorio FIQIA-UNPRG.....	160
Anexo 6.6: Planos del diseño.....	161

Lista de tablas

Tabla 1: Características de las aguas residuales y sus procedencias	23
Tabla 2: Identificación de residuos de lavado de vehículos.....	25
Tabla 3: Residuos en el lavado de vehículos.....	26
Tabla 4: Parámetros ambientales para medir en el recurso agua.....	31
Tabla 5: Operación unitarias en la etapa del pretratamiento.....	35
Tabla 6: Operación unitarias en la etapa del tratamiento primario.....	38
Tabla 7: Operación unitarias en la etapa del tratamiento secundario.....	42
Tabla 8: Operación unitarias en la etapa del tratamiento terciario.....	44
Tabla 9: Niveles de remoción de las aguas residuales.....	45
Tabla 10: Criterios de calidad de aguas depuradas reutilizadas.....	48
Tabla 11: Parámetros para la reutilización en el lavado vehicular	48
Tabla 12: LMP de descarga al sistema de alcantarillado público.....	54
Tabla 13: Cantidad promedio de vehículos en los servicios	55
Tabla 14: Entradas y salidas de materiales contaminantes en el servicio de mecánica	57
Tabla 15: Entradas y salidas del servicio de cambio de aceites.....	59
Tabla 16: Entradas y salidas del servicio de lavado.....	63
Tabla 17: Registro de vehículos en sus respectivas categorías.....	67
Tabla 18: Conteo de vehículos en el servicio de lavado en el periodo 2008-2017.....	67
Tabla 19: Volumen promedio utilizado por tipo de vehículo.....	68
Tabla 20: Registro de consumo de agua en el servicio de lavado 2011-2017.....	69
Tabla 21: Registro de consumo de detergente en el periodo 2009-2017.....	69
Tabla 22: Equipos y accesorios para el lavado de vehículos.....	70
Tabla 23: Volumen de agua residual durante el periodo 2011-2017.....	74
Tabla 24: Volumen de agua residual pronosticado desde el año 2018 hasta el 2021...	77
Tabla 25: Características del agua en canal de lavado.....	83
Tabla 26: Características del agua en la caja de aforo.....	84
Tabla 27: Relación en lagunas de estabilización.....	90
Tabla 28: Lista de factores para la evaluación de tecnología.....	92
Tabla 29: Escala de Calificación.....	93
Tabla 30: Ventajas y desventajas de las alternativas de tratamiento secundario.....	94
Tabla 31: Confrontación de los factores predominantes.....	95
Tabla 32: Calificación de las tecnologías para lavado de vehículos.....	96
Tabla 33: Resumen de actividades del sistema de tratamiento de agua residual.....	98
Tabla 34: Consideraciones del volumen de residuos en el cribado.....	101
Tabla 35: Concentración de arenas.....	103
Tabla 36: Valores referenciales en la norma peruana OS.090.....	109
Tabla 37: Coeficientes cinéticos para procesos de lodos activados.....	109
Tabla 38: Características del agua en canal de lavado.....	115
Tabla 39: Dimensiones del canal de entrada.....	120
Tabla 40: Dimensiones del cribado.....	125

Tabla 41: Dimensiones del desarenador.....	129
Tabla 42: Tiempo de retención en intervalos de caudales.....	129
Tabla 43: Dimensiones de la trampa de grasas.....	132
Tabla 44: Dimensiones del sedimentador primario	135
Tabla 45: Parámetros del reactor aerobio.....	136
Tabla 46: Dimensiones del reactor aerobio.....	136
Tabla 47: Dimensiones del sedimentador secundario.....	138
Tabla 48: Inversión en obras del sistema de tratamiento de agua residual vehicular...	142
Tabla 49: Inversión en equipos y máquinas.....	143
Tabla 50: Inversiones intangibles.....	144
Tabla 51: Capital de trabajo.....	144
Tabla 52: Áreas y puestos.....	145
Tabla 53: Sueldos anuales.....	146
Tabla 54: Inversión diferida.....	146
Tabla 55: Sanciones y multas.....	147
Tabla 56: Montos de pago por multas.....	148
Tabla 57: Comparación de multas e inversiones.....	148
Tabla 58: Precios anuales de vehículos lavados (2018 – 2022)	149
Tabla 59: Flujo de caja (2018 – 2022)	150
Tabla 60: Análisis costo - beneficio (2018 – 2022)	151

Lista de figuras

Figura 1: Esquema de proceso de lodos activados.....	40
Figura 2: Secuencia completa de tratamientos de aguas residuales.....	43
Figura 3: Operaciones del Cambio de Aceite en Vehículos.....	58
Figura 4: Operaciones del engrase de vehículos.....	60
Figura 5: Operaciones del lavado de vehículos.....	66
Figura 6: Sistema actual del tratamiento de las aguas residuales.....	71
Figura 7: Desarenador o trampa de sedimentos.....	72
Figura 8: Trampa de grasas.....	73
Figura 9: Caja de aforo.....	73
Figura 10: Volumen de agua residual por trimestre.....	75
Figura 11: Volumen de agua residual por año.....	76
Figura 12: Proyección del volumen de agua residual desde el 2018 hasta el 2022...	78
Figura 13: Proyección del volumen de agua residual en el periodo 2018-2022.....	79
Figura 14: Representación gráfica del primer punto de muestreo.....	81
Figura 15: Representación gráfica del segundo punto de muestreo.....	81
Figura 16: Representación gráfica de un sistema de filtros biológicos.....	90
Figura 17: Representación gráfica de un sistema de lodos activados.....	91
Figura 18: Diagrama de flujo del tratamiento de agua residual vehicular.....	97
Figura 19: Diagrama de flujo de operaciones	98
Figura 20: Diagrama de bloque de operaciones.....	99
Figura 21: Área destinada para el secado de lodos	115

Resumen

La presente investigación se ejecutó en la empresa Servicentro Martínez SAC, tiene dentro de sus servicios el lavado de todo tipo de vehículos, impactando al medio ambiente respecto a la generación de agua residual. Es por lo que el presente trabajo pretende demostrar la propuesta de un sistema de tratamiento de agua residual proveniente del lavado vehicular para la reutilización en la primera etapa del lavado de vehículos que es el prelavado.

La empresa actualmente tiene un pretratamiento de aguas residuales : desarenador, trampas de grasas y una caja de aforo, pero aun así no se cumple con los LMP establecidos por la normativa vigente para ello se procedió a la caracterización del agua residual vehicular antes y después de haber recibido el pretratamiento dando como resultado: DBO₅ 1654,7 mg/L, DQO 2144,3 mg/L, SST 600 mg/L y aceites y grasas 149,7 mg/L (antes del pre-tratamiento); DBO₅ 1178 mg/L, DQO 1940 mg/L, SST 300 mg/L y aceites y grasas 125,3 mg/L (después del pre-tratamiento) los superan los límites máximo permisibles establecidos por la normativa vigente.

La propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales vehiculares está conformado por tres etapas, un pre tratamiento (cribado, desarenado, desengrasado), un tratamiento primario (sedimentación) y un tratamiento secundario por lodos activados (compuesto por un reactor biológico y un sedimentador secundario) el cual contribuye a reducir los valores de DBO₅ a 29,78 mg/L, de DQO a 75, 26 mg/L, de SST a 18 mg/L, de aceites y grasas a 3,37 mg/L y cumplen así con los límites máximos permisibles, los cuales permitirán reutilizar el agua para la primera operación que es el prelavado.

El costo para la propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales vehiculares asciende a US \$ 46 966.50, valor relativamente bajo respecto a las multas a pagar por las infracciones respecto al valor máximo de US \$78 926.38, valor medio de US \$65 241.56 y valor mínimo de US \$ 51 556.75 y en el transcurso amortizará el costo de la inversión del sistema y reducirá el costo de utilización del agua. El análisis que se hizo al costo beneficio resulto 1,70 indicando que el proyecto es recomendable.

PALABRAS CLAVE: Lavado vehicular, Aguas residuales, Sistema de Tratamiento, Reutilización

Abstract

The investigation was conducted in the company Servicentro Martinez SAC, has within its services the washing of all types of vehicles, impacting the environment regarding the generation of wastewater. That is why this work aims to demonstrate the proposal of a wastewater treatment system from vehicular washing for reuse in the first stage of vehicle washing, which is prewash.

The company currently has a pretreatment of wastewater: desander, grease traps and a gauging box, but even so it does not comply with the LMP established by the regulations in force for it was proceeded to the characterization of vehicular wastewater before and after of having received the pretreatment resulting in: BOD₅ 1654.7 mg / L, COD 2144.3 mg / L, SST 600 mg / L and oils and fats 149.7 mg / L (before pre-treatment); BOD₅ 1178 mg / L, COD 1940 mg / L, SST 300 mg / L and oils and fats 125.3 mg / L (after pre-treatment) exceed the maximum permissible limits established by current regulations.

The design of the wastewater treatment system consists of three stages, a pre-treatment (screening, sand removal, degreasing), a primary treatment (sedimentation) and a secondary treatment by activated sludge (composed of a biological reactor and a secondary sedimentation system).) which contributes to reduce the values of BOD₅ to 29.78 mg / L, from COD to 75, 26 mg / L, from SST to 18 mg / L, from oils and fats to 3.37 mg / L and thus fulfill with the maximum permissible limits, which will allow water to be reused for the first operation that is the prewash. The cost for the implementation of the wastewater treatment system amounts to US \$ 46 966.50, relatively low value with respect to the fines to be paid for the infractions with respect to the maximum value of US \$ 78 926.38, average value of US \$ 65 241.56 and minimum value US \$ 51 556.75 and over time will amortize the investment cost of the system and reduce water consumption costs.

The cost benefit analysis resulted 1.70 indicating that the project is recommended.

KEYWORDS: Vehicle Wash, Wastewater, Treatment, Reuse and System.

I. Introducción

El servicio de lavado de vehículos pertenece a la actividad vehicular automotriz, diferenciada por la informalidad, escasa organización y poca planificación del servicio; es presentado como un servicio adicional a otros que se brindan para el mantenimiento de vehículos. Entre sus principales impactos ambientales está el vertimiento de efluentes con contenidos de sólidos, grasas y aceites. En el lavado de vehículos, la producción de grandes cantidades de residuos es peligrosa representados en aceites quemados, grasas, aceites de baterías, repuestos usados, aguas residuales entre otros.

La industria de lavado de vehículos de hoy parece ser más consciente de la necesidad de poder tratar las aguas residuales y su recuperación. Los ejemplos muestran que, en Queensland, Australia, es necesario usar más de 70 l de agua en lavados exclusivos de automóviles, y ciertas áreas del continente europeo limitan el consumo de agua a 60-70 l por automóvil, obligando a un porcentaje de recuperación de 70-80 % [29].

El lavado de vehículos es una operación que consume agua en un promedio de 80 l por vehículo e implica el uso de productos químicos, la generación de aguas residuales con una alta concentración de aceites, grasas, ceras y otros contaminantes, que hacen de estos efluentes tóxicos para la vida acuática (Brasino y Dengler 2007). La legislación ambiental cada vez más restrictiva y el aumento drástico de los precios del agua están impulsando a la industria de lavado de automóviles a invertir en soluciones integradas en el proceso principalmente en Europa, Australia y los EE. UU [16].

La empresa de servicios generales y mantenimiento de vehículos motorizados Servicentro Martínez S.A.C se ubica en el distrito de José Leonardo Ortiz en la provincia de Chiclayo, inició sus actividades en el año 2000. Es una empresa de servicio, que brinda mantenimiento a todo tipo de vehículos motorizados. Entre los servicios se tiene, mecánica de mantenimiento, lavado, engrase y cambio de aceite y/o lubricantes de los vehículos de carga pesada y liviana. La actividad principal para analizar en el proyecto de investigación es la operación del lavado de vehículos para esto la empresa tiene un área de 954 m², de la cual utiliza 426 m². Para la recepción de los vehículos cuenta con 3 rampas de cemento pulido. La operación de lavado es manual, consiste en aplicar a las partes internas y externas del vehículo agua a presión por medio de mangueras de caucho alambradas y con un diámetro de 2,54 cm, el agua

es impulsada por 2 bombas eléctricas con la finalidad de dejar al vehículo libre de partículas e impurezas. También se aplica, detergente diluido en agua para cepillar al vehículo y por último se le coloca la silicona y la cera. En la operación de lavado se utiliza agua como insumo principal. El agua es obtenida de pozos por medio de bombas y es almacenada en una cisterna de 27 m³ de capacidad.

Los materiales como el detergente y champú son biodegradables, después de su uso en la operación son disueltos en el agua del lavado y antes de ser vertidos al desagüe pasan por el sistema de tratamiento que cuenta la empresa que consta de tres trampas de sólidos, un desarenador, una trampa de grasas y la caja de aforo. Este sistema de tratamiento no es suficiente para poder tratar todo el volumen de agua residual que se genera diariamente, solo sirven para sedimentar los lodos, pero no ayudan en el caso del tratamiento de aceites y grasas, para comprobar dicha afirmación se realizaron análisis físicoquímicos del agua residual proveniente de la caja de aforo del actual sistema (Tabla 26)

La demanda, de vehículos en el año 2012, para este servicio es de 9 077 vehículos. El volumen y la cantidad de agua para el lavado depende de las dimensiones del vehículo mientras mayor sean estas, más volumen de agua se requiere. La cantidad de agua usada se mide en la misma cisterna de almacenamiento, ya que esta tiene un volumen, y se contabilizan cuantas cisternas se utilizan por día y después se calcula la cantidad de metros cúbicos mensuales. El volumen de agua que se ha necesitado para el lavado en el año 2017 fue de 38 254m³ (Tabla 20)

Sumado a la gran cantidad de agua expuesta anteriormente los residuos sólidos y residuos líquidos disueltos en el agua residual juegan un papel importante en el problema a analizar. Entre los tipos de residuos tenemos a los siguientes:

-Residuos sólidos: Piedras, cartones, envases de plástico y de vidrio, lodos y franelas sucias.

-Residuos líquidos: Aceites y grasas.

El agua y los residuos líquidos disueltos se mezclan durante la operación de lavado y son vertidos directamente al desagüe, esto genera problemas tales como atoramientos

del desagüe ya que las películas de grasa y aceite se pegan a las paredes de los canales además la gran carga de elementos químicos genera un impacto negativo sobre la calidad del agua.

La empresa tiene serias quejas por parte de los vecinos cuando se dan las obstrucciones de las redes de los desagües, las multas de la municipalidad de José Leonardo Ortiz a la empresa son casi frecuente debido al mal estado y la mala presentación del sistema de tratamiento de agua residual de la empresa y esta no es suficiente para tratar el volumen de agua que se utiliza.

La empresa de saneamiento EPSEL S.A, ha emitido una serie de documentos a la empresa Servicentro Martínez S.A.C (Anexo 1), en los cuales se hacen conocer el impacto que genera las aguas residuales provenientes de sus actividades en las redes de alcantarillado, y que debido a este problema es necesario que, en la empresa, se instale un sistema para poder separar los agentes contaminantes y evacuar los residuos sólidos. Estas documentaciones certifican el impacto negativo que causan este tipo de aguas residuales.

Teniendo en cuenta las complicaciones ambientales y sociales que afronta la empresa Servicentro Martínez S.A.C al realizar sus actividades, se ha planteado el siguiente problema de investigación:

¿Cómo tratar el agua residual proveniente del lavado de vehículos para su reutilización en la empresa Servicentro Martínez S.A.C.?

El objetivo general de la tesis es proponer un sistema de tratamiento para la reutilización de aguas residuales provenientes del lavado vehicular en el Servicentro Martínez S.A.C. Para lograrlo es necesario cumplir con los siguientes objetivos específicos: Determinar las características fisicoquímicas, microbiológicas y cuantificar el agua residual proveniente del lavado vehicular, identificar y seleccionar las tecnologías de tratamiento que se adecuen a las características del efluente, proponer un sistema de tratamiento para la reutilización de las aguas residuales provenientes del lavado de vehículos y realizar un análisis costo-beneficio del sistema de tratamiento propuesto.

Esta investigación juega un papel importante en el servicio de lavado del Servicentro Martínez S.A.C y contribuirá a minimizar el gasto de agua y evitará que el líquido altamente contaminado se vierta directamente a la red pública, además brindará una solución a los problemas sociales que la empresa debe afrontar tales como las multas que recibe de la municipalidad distrital de José Leonardo Ortiz en Chiclayo, debido a las quejas de los vecinos ya que los atoramientos de los sistemas de alcantarillados son frecuentes y cumplir con el requerimiento de la empresa EPSEL S.A sobre la instalación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en los interiores del Servicentro Martínez S.A.C debido al impacto negativo que causan en las redes de desagüe. Lo que también se propone en esta investigación es generar un valor agregado a este residuo y otorgarle un valor económico porque muy aparte de tratar este efluente solo para verterlo asimismo se plantea la necesidad y forma de reutilizarlo en la misma operación de lavado vehicular.

En las organizaciones de lavado de vehículos es factible reciclar y reutilizar una parte importante del agua utilizada en el servicio, reduciendo el consumo, lo que implica mayor certeza en la disponibilidad del agua y ahorro en el tiempo. y reducirá el precio del consumo de agua. Los procedimientos de tratamiento de aguas residuales consisten en una secuencia de procesos físicos, químicos y biológicos cuyo fin es separar los contaminantes presentes en el efluente proveniente del lavado de vehículos. La investigación y estudio de esta innovadora tecnología permite, al contar con un sistema de reciclaje, una buena imagen de la organización ante las autoridades y el público, al cumplir con las normas y estándares de calidad en materia ambiental.

II. Marco Teórico

2.1. Antecedentes del problema

Se consultaron diversas fuentes de artículos científicos referentes al tratamiento y reutilización de aguas residuales provenientes del lavado vehicular, así como la importancia y las particularidades propias que hacen más complicado su análisis pues no solo interviene el aspecto económico, sino que también se tiene un importante impacto sobre el medio ambiente, y se reflejan los requerimientos de las autoridades de los países donde se realizaron.

Un estudio realizado en Alemania y Austria muestra la importancia de la mayoría de los sistemas de tratamiento de aguas residuales para la autoridad de estos países, según Boussu et al. [3] en su estudio: Aplicabilidad de nanofiltración en la industria de lavado de vehículos. Tecnología de separación y purificación, indica que el 15% de los autoservicios de lavado de trenes en Europa ya reutiliza el 55% de las aguas residuales mediante el uso de diferentes técnicas tales como filtración de arena, adsorción o tratamiento biológico.

Este tema de reciclaje de agua usada en el lavado de vehículos ya está legislado y se debe reciclar un porcentaje mínimo de 80% de agua y la tasa de consumo de agua máxima es de 60 a 70 L por vehículo, esto se debe de cumplir para obtener una licencia ambiental.

La investigación elaborada en Brasil tiene por objetivo demostrar el impacto ambiental y económico de la aplicación de los tratamientos de floculación y flotación donde Rubio et al. [23] en su investigación: Flotación en el agua y tratamiento de aguas residuales y la reutilización: tendencias recientes en Brasil; muestran la aplicación de floculación y flotación en el lavado de vehículo para la recuperación de agua. Las siguientes ventajas fueron: bajos costos de mantenimiento y de funcionamiento (bajos costos de reactivos y los operadores podrían ser no calificados), además de moderar los costes de inversión, la reducción de la zona de alto impacto y clarificación del agua.

Según los autores, hasta el año 2007, el proceso ha reciclado hasta 400 000 m³ de agua en más de 20 unidades comerciales que operan y se dedican al servicio de lavado

de vehículos en este país, la mayoría de los ejecutados en las empresas de autobuses, en el área metropolitana de Porto Alegre – Brasil.

Ahmed et al. [1] en su investigación: Diseñar un sistema de procedimiento modificado de bajo costo para el reciclaje y reutilización de aguas residuales de lavandería; crear un sistema de bajo costo para reciclar y reutilizar las aguas residuales de las unidades de servicio de lavandería. La unidad está asociada con una refinería de petróleo en Pakistán. La unidad descarga 1,90 m³/día de aguas residuales en el curso de agua natural. Un filtro de arena y grava de tamaño pequeño se hizo de 0,0125 y 0,025 mm con 0,00125 m de arena gravas. La arena y dos tamaños de gravas fueron arreglados en tres capas. Cada capa fue 0,10 m de profundidad. Las tres capas se colocaron en una tolva de acero inoxidable y las aguas residuales pasan por el filtro. Tanto las aguas residuales y agua tratada fueron analizados y comparados con agua del grifo. Los parámetros físicos y químicos considerados fueron pH, turbidez, sólidos totales suspendidos, sólidos totales disueltos, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), dureza total y contenido de hierro. Los resultados mostraron que el proceso de filtración reduce el pH, turbidez al límite aceptable y STD hasta cierto punto.

Por otro lado, tenía un efecto insignificante en la DQO y DBO5. El agua tratada se ubicó como agua de calidad inferior y fue encontrado para ser conveniente para el uso en la unidad de servicio de lavandería para el primer enjuague solamente. Basado en los resultados obtenidos se diseñó el proceso de tratamiento a gran escala para las aguas residuales.

Era un sistema de tratamiento de bajo costo de sedimentación y filtración. Se encontró que el capital total y gastos anuales del sistema de explotación fueron de US\$ 1343. El ahorro diario de agua fue 1, 80m³ con una amortización de sólo 1 año en un caso y medio año en el segundo caso. En el primer caso el precio de agua dulce fue tomado como US\$ 2,2/m³ y en el segundo caso como US\$ 4,4 /m³.

Zaneti et al. [29] en su investigación: Lavado de vehículos y recuperación de aguas residuales, aplicación a gran escala y características próximas; nos muestran los resultados obtenidos mediante el tratamiento de aguas residuales a gran escala por FCF que significa floculación-flotación -columna, la recuperación del agua se monitorizó durante 20 semanas de operación, divididos en la campaña 1 con una duración de 6

semanas y campaña 2 con 14 semanas. Se midieron los parámetros físicos, químicos y biológicos. Fue notable, que las aguas residuales de lavado de automóviles y tratadas para la recuperación mostraron altos contenidos de coliformes fecales y totales, concluyendo que la recuperación directa de esta agua no es adecuada, sin desinfección. Usando FCF, filtración de arena y cloración, casi el 70% del agua sin olor y claro fue recuperada. Más de 2 000 vehículos fueron lavados durante las 20 semanas y no hubo problemas al respecto, se informó la calidad del servicio de lavado. Se cree que los debates sobre el lavado vehicular, de aguas residuales y criterios de recuperación pueden ayudar a alertar a las unidades de lavado de vehículos y de las instituciones para crear leyes en Brasil y en otros lugares.

Zaneti et al. [30] realizaron la investigación titulada: Lavado ecológico de vehículos: la recuperación del agua; donde los resultados obtenidos en el presente estudio sugieren que la recuperación del agua de lavado de vehículos puede ayudar a aumentar la eficiencia del uso del agua urbana mediante la reducción de la demanda de agua y la disminución de la presión de la contaminación de los recursos hídricos, sobre todo mediante la eliminación de 2,5% de la carga de surfactante.

Los estudios a gran escala floculación-flotación columna mostraron que casi el 70% del agua inodora y clara (turbidez promedio de 9 NTU) fue recuperada en un túnel de lavado de más de 27 ciclos del agua mediante la utilización de esa tecnología. Mientras tanto, los estudios a escala de laboratorio y cálculos teóricos mediante un modelo de riesgo microbiológico indican que los usuarios de lavado de coches no estaban en riesgo, y un límite de 200 CFU.100 mL⁻¹ (alcanzado con una dosis de cloro de 15 mg/L) se sugirió un riesgo microbiológico aceptable sobre los operadores de lavado de vehículos.

Las concentraciones residuales de cloro y STD estimados por balance de masa estabilizada por debajo de 350 mg/L y 900 mg/L, respectivamente, lo que indica que el agua se recuperó con riesgo químico controlado.

El periodo de amortización de equipos FCF y el análisis de costo-beneficio realizado para seis diferentes escenarios brasileños demostraron que la recuperación de agua es altamente competitiva y que la amortización puede ser tan corta como un año, según los precios del agua y de la demanda diaria de lavado.

Las investigaciones sobre la recuperación de agua residual proveniente del lavado vehicular anteriormente expuestas, se resalta la preocupación por las autoridades de los

países donde se realizaron estas investigaciones de tomar cartas en el asunto e imponer leyes para evitar el mal uso y destino del agua, este tema no es profundamente tocado en el Perú. El problema mencionado es el mismo que afronta la empresa Servicentro Martínez S.A.C, debido a que la empresa EPSEL S.A. encargada de los servicios de agua potable y disposición final de las aguas servidas, le exige mediante documentos que instale un sistema para darle un tratamiento a sus efluentes antes de ser vertidos al sistema de alcantarillado, pero se ha visto también la necesidad de reutilizar este tipo de agua después de su tratamiento.

2.2. Fundamento teórico

2.2.1 Lavado de vehículos

De acuerdo con Hernando [11] el lavado de vehículos consiste básicamente en la separación de un material del vehículo para que este no posea restos de la sustancia que se desea extraer o bien para recuperar dicha sustancia, puede ser manual o automático y se describen a continuación:

2.2.1.1 Lavado manual

El lavado de vehículos manual tiene su origen desde una bomba que expulsa el agua con una pistola automática de lavado que permite lavar el vehículo y luego se enjuagarlo, toda esta actividad es realizada por una o varias personas.

2.2.1.2 Lavado automático

Consiste en transportar el vehículo dentro o a los interiores de túneles en los que están puestos los rodillos con cepillos y unas boquillas de agua a presión, controlados automáticamente. En esta operación no se necesita la presencia de ningún operario para poder ser llevada a cabo. Sólo será preciso el personal delegado del mantenimiento de la instalación.

2.2.2 Descripción del sistema de lavado

Para Casanova et al. [6] el sistema de lavado de vehículos se presenta a continuación:

A. Recepción:

En este punto el cliente decide entre lavar y/o engrasar su vehículo, y este es transportado por un operario al área de servicio mientras el cliente pasa al área de espera.

B. Prelavado:

Operación manual que consiste en aplicar a las partes exteriores del vehículo agua a presión mediante una bomba eléctrica, con la finalidad de dejar al vehículo libre de partículas e impurezas.

C. Cepillado:

Cepillar manualmente el vehículo; empezando por la cabina, después cepillan la carrocería y finalmente el chasis; culminado el cepillado se enjuaga el vehículo para evitar el secado de los detergentes e insumos en el cepillado.

D. Lavado de motor:

Operación llevada a cabo siempre en la parte interior del compartimiento del motor.

E. Enjuagado:

El vehículo es enjuagado con la misma modalidad del prelavado.

F. Secado:

Se realiza de forma manual y con franelas donde un operario tiene que retirar la humedad desde la superficie del vehículo.

G. Aspirado:

Las partículas de polvo adheridas a las alfombrillas y asientos del vehículo se recogen con una aspiradora.

H. Encerado:

En este proceso la cera es aplicada manualmente con toalla o franelas, dejando secar y luego se retira o remueve con un paño seco.

2.2.3 Agua residual de lavado vehicular

2.2.3.1 Aguas residuales

Según Sierra [27] el agua residual es el resultado de un uso beneficioso. Razonar a partir de las propiedades de las aguas residuales es fundamental para el diseño, la operación y el control de los sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales. Especialmente el generador de aguas residuales tiene la posibilidad de recolectar aguas residuales domésticas, comerciales e industriales.

En la tabla 1 se observa la correspondencia entre los límites de contaminación más habituales y los principios o fuentes que de ellos se derivan. Por ejemplo, se espera que la presencia de rípidos (totales, disueltos, suspendidos, etc.) sea causada por o contribuya a actividades tales como la descarga de aguas residuales industriales y domésticas.

Tabla 1: Características de las aguas residuales y sus procedencias

Características	Procedencia
Color	ARD, ARI, degradación natural de la materia orgánicas
Olor	ARD, ARI
Sólidos	ARD, ARI, erosión, infiltración conexiones
Temperatura	ARD, ARI
Carbohidratos	ARD, ARI, ARC
Grasa y aceite	ARD, ARI, ARC
Pesticida	Residuos agrícolas
Proteínas	ARI
Detergente	ARD, ARI
Metales pesados	ARD, ARI
Fósforo	ARI, pesticidas
Nitrógeno	ARD, ARI
H ₂ S, Metano	Descomposición de materia orgánica
Parásitos y virus	ARD

Fuente: Sierra [27]

ARD: Aguas residuales domésticas, ARI: Aguas residuales industriales, ARC: Aguas residuales comerciales.

2.2.3.2 Aguas residuales del lavado de vehículos

Para Canavoso [5] las aguas residuales derivadas del lavado vehicular tienen como único y principal problema los contaminantes originarios de grasas, aceites y residuos sólidos, estos últimos, principalmente arenosos. Este conjunto de residuos causa que se haga difícil el reciclado de las aguas, estropeando el proceso del lavado, y emitiendo olores fuertes y dañinos al exterior. Estos contratiempos, exigen a renovar frecuentemente las aguas, generando un problema ecológico y económico. Los principales impactos ambientales incluyen principalmente los rellenos sanitarios con ingredientes de grasas y aceites y los residuos rígidos que se generan cuando se lavan los vehículos, la generación de proporciones monumentales de residuos principalmente peligrosos representados en aceites usados, baterías y repuestos de los vehículos utilizados entre otros.

A. Residuos en el lavado de vehículos

En [9] residuos "es una sustancia u objeto creado por actividades lucrativas o de consumo, que debe eliminarse porque no es un objeto que atraiga directamente a la actividad principal".

Sin embargo, [26] enfatiza que queda definido como residuo cualquier objeto, material, elemento o producto en estado sólido, líquido o gaseoso contenido en un recipiente o sedimento, debido a que su productor, por sus características, no permite su aprovechamiento. nuevamente en la actividad que lo generó, o porque la ley o reglamento vigente así lo establece, y es objeto de uso Institución o servicio que un productor descarta, rehúsa, o brinda porque le es fácil hacerlo, o lo transforma en un bien nuevo.

Ambas perspectivas de estos autores tienen similitud. Así pues, no es de extrañar que cualquier tipo de actividad genere una gran cantidad de desechos de los que hay que desprenderse. Un razonamiento más profundo daría a entender que el residuo es el material resultado de una producción, transformación, utilización o consumo, es destinado al abandono, representando un riesgo para la salud humana, por lo tanto, hay que desprenderse de este.

En la Tabla 2 se enumeran los residuos comunes que se determinó generar durante las operaciones unitarias del servicio de lavado de vehículos, junto con sus características físicas y la etapa del proceso en que se generaron según Hernando [11].

Tabla 2: Identificación de residuos de lavado de vehículos.

Residuo	Estado	Áreas generadoras
Papel	Sólido	Administrativos
Cartón	Sólido	Recepción de materias primas
Bolsas plásticas	Sólido	Administrativos
Polvo	Sólido	Aspirado
Agua residual	Líquido	Área de lavado vehicular

Fuente: Hernando [11]

B. Generación de residuos en el de lavado de vehículos.

Una vez que el residuo se descarga en forma líquida en un cuerpo de agua o en el sistema de alcantarillado, esto se conoce como vertedero. Según Pedraza [20], los efluentes resultantes del proceso de lavado de vehículos se originan en las operaciones de lavado de vehículos y son tratados por sistemas internos en las organizaciones, enfatizando un proceso primario basado en cribado y desarenado.

Dependiendo de cómo se lave cada vehículo, estos desagües pueden contener trazas de grasas y aceites, sólidos en suspensión, tensioactivos y desengrasantes que afectan negativamente al sistema de alcantarillado y a los cuerpos de agua a los que se vierte.

En la tabla 3 se presenta los vertimientos y residuos generados en el lavado vehicular, su estado, su punto de generación y sus características.

Tabla 3: Residuos en el lavado de vehículos.

Residuo	Estado	Punto de producción	Característica	Nivel de gestión
Lodos residuales	Semisólido	Tratamiento de vertimiento	Tóxico	Proceden del tratamiento de vertederos y en algunos casos son tratados como residuos peligrosos, dispuestos por gestores autorizados, pero en otros casos son entregados a gestores ordinarios y almacenados en bolsas.
Envases de materia prima	Sólido	Recepción de materias primas	Inflamable, tóxico y corrosivo	Se utilizan para volver a envasar otros productos y luego se desechan como residuos normales.
Elementos impregnados	Sólido	Lavado	Dependerá de la sustancia que la esté impregnando	Son dispuestos como residuos ordinarios
Agua residual	Líquido	Lavado	Tóxico	Son sometidos a un tratamiento para disminuir el impacto ambiental

Fuente: Pedraza [20]

2.2.3.3 Parámetros de calidad del agua residual

Según Sierra [27] los parámetros permiten saber que tan pura o que tan contaminada está el agua son los que se presentan a continuación:

A. Turbidez: Es la capacidad que tiene un material suspendido en el agua para bloquear el paso de la luz. Esta propiedad es importante para determinar el proceso de tratamiento de agua más adecuado. Los procesos como la coagulación, la sedimentación y la filtración se diseñan y operan teniendo en cuenta el valor de la turbidez.

B. Sólidos totales: Según Correa [8] corresponde a la cantidad de materia sólida contenida por unidad de medida. Así los líquidos suelen expresarse en mg/L o bien ppm. Es la suma de los sólidos suspendidos totales (SST) y los sólidos disueltos totales (SDT). Cada uno de estos grupos se divide a su vez, en volátiles y fijos. Para determinar los mg ST, el material se evapora en rango de 103 – 105 °C, al menos durante una hora o de preferencia durante toda la noche, y se aplica la fórmula siguiente:

$$mg\ ST/L = \frac{A - B}{\text{volumen de muestra en L}}$$

Dónde:

A = masa de muestra seca más cápsula, mg

B = masa de cápsula, mg

C. Sólidos suspendidos totales (SST): Para Correa [8], el total de sólidos en suspensión o residuo no filtrable de una muestra de agua residual ya sea natural, industrial o doméstica, se define como la proporción de sólidos retenidos en un filtro de fibra de vidrio, que luego hierve a 103-105 °C. se seca peso constante Al filtrar una muestra bien mezclada a través de un filtro de 24 mm de diámetro, tamaño de poro de 0,2 micras, mg TSS se determina de la manera siguiente:

$$mg\ SST/L = \frac{A-B}{\text{volumen de muestra en L}}$$

Dónde:

A = Es la masa del filtro junto al crisol más muestra seca en mg

B = Es la masa del filtro junto al crisol en mg

D. Sólidos disueltos totales (SDT): Se determinan según Sierra [27] filtrando una muestra bien mezclada a través de un filtro de fibra de vidrio con un tamaño de poro de 0,2 μm . El filtrado se evapora a una temperatura de 103-105 $^{\circ}\text{C}$ durante al menos una hora hasta peso constante y se calcula mediante la formula siguiente:

$$mg\ SDT/L = \frac{A-B}{\text{volumen de muestra en L}}$$

Dónde:

A = Es la masa de muestra seca más cápsula en mg

B = Es la masa de la cápsula en mg

E. Sólidos volátiles: Hace referencia a la cantidad de sustancias volátiles que pueden desprenderse de un líquido, o fango, cuando se somete a un proceso de digestión. Se suele expresar en kg de volátiles por metro cubico de líquido o fango procesado.

Los residuos obtenidos del análisis ST, SST o SDT se incineran a 550 $^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante. El peso perdido durante la cocción es lo que se denomina sólido volátil total.

$$mg\ SV/L = \frac{A - B}{\text{volumen de muestra en L}} \quad (\text{Ecuación N}^{\circ}1)$$

$$mg\ SF/L = \frac{B - C}{\text{volumen de muestra en L}} \quad (\text{Ecuación N}^{\circ}2)$$

Dónde:

A = Es la masa del residuo más crisol antes de la ignición en mg

B = Es la masa del residuo más crisol después de la ignición en mg

C = Es la masa de cápsula o filtro en mg

F. Sólidos sedimentables: Son sólidos en suspensión que sedimentan por un tiempo determinado. Los sólidos regulados se pueden expresar en mL/L o en mg/L.

- Método volumétrico: se coloca una muestra de 1 L en un cono Imhoff luego se deja en reposo por un lapso de 45 min, se agita suavemente la muestra cerca de los lados del cono Imhoff con una varilla y se deja nuevamente en reposo durante 15 minutos y se anota el volumen de sólidos sedimentados en el cono en mL/L.

- Método gravimétrico: se determinan los SST, se calculan los sólidos suspendidos no sedimentables en el sobrenadante de la misma muestra que se ha asentado durante 1 hora. A continuación, determinar SST (mg/L) de este líquido sobrenadante, lo que da los sólidos no sedimentables.

$$mg \text{ sólidos sedimentabl} = mg \text{ TSS/L} - mg \text{ sólidos no sedimentables/L}$$

(Ecuación N°3)

G. Demanda química de oxígeno: Corresponde a la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar todos los compuestos que pueden combinarse con el oxígeno. Generalmente se da en ppm.

H. Demanda bioquímica de oxígeno en cinco días: Corresponde a la cantidad de oxígeno utilizada para la biodegradación de la sustancia, es decir N. de la cantidad de oxígeno que necesitan las bacterias durante cinco días para convertir los residuos orgánicos en compuestos estables, expresado en ppm o medido en mg O₂/L. La relación DQO/DBO₅ proporciona información sobre el estado biológico de las aguas residuales.

I. Grasas y aceites: El término grasa se aplica a una variedad de sustancias orgánicas extraídas de una solución acuosa o en suspensión. La extracción de estas sustancias se realiza en el

laboratorio utilizando Hexano. Compuestos como hidrocarburos, ésteres, aceites, ceras y ácidos grasos de alto peso molecular se consideran grasas porque todos estos compuestos son solubles en hexano. Habitualmente las empresas de alcantarillado nos permiten descargar aguas residuales con un contenido graso superior a 100 mg/L. Esto se debe a que la grasa obstruye las tuberías y provoca problemas en el funcionamiento de las plantas de tratamiento. La grasa se considera un desecho sólido, mientras que el aceite es un líquido.

J. Detergente: El término detergente se aplica a una amplia variedad de materiales utilizados para eliminar la suciedad de la ropa, vajilla, etc., es decir, todos los agentes espumantes cuando se agitan con agua, sustancias orgánicas con propiedades reductoras de la tensión superficial del agua. Por eso elimina la suciedad. Se denominan tensoactivos o tensoactivos.

K. Indicador de bacterias

- Los Coliformes totales (CT).
- Los Coliformes fecales (CF).
- Los Streptococcus fecales (SF).
- La bacteria como Escherichia coli

El análisis cuantitativo de CT, CF y SF se puede realizar en varios tubos de fermentación (número más probable, MPN) o por el método de membrana, el medio de prueba utilizado es diferente para estos tres grupos de indicadores. La mayoría de las agencias reguladoras han adoptado la densidad de coliformes fecales como un estándar de efluentes debido a que CF proviene en su mayoría de material fecal.

Para finalizar el tema de las propiedades del agua, la tabla presenta el resumen de las variables físicas, químicas y biológicas del agua:

Tabla 4: Parámetros ambientales para medir en el recurso agua.

Bacteriológico	
Coliformes totales Coliformes fecales Estreptococos totales	
Organolépticas	
Turbidez Color Sustancias flotantes Olor	
Físicos	
pH Temperatura Conductividad Sólidos totales Sólidos suspendidos volátiles Sólidos suspendidos Sólidos disueltos Sólidos disueltos volátiles Sólidos sedimentables	
Indicador bioquímico	
Demanda bioquímica de oxígeno en cinco días	
Químicos básicos	
Acidez Alcalinidad Carbono orgánico total Calcio Cianuros Cloruros Demanda química de oxígeno Detergentes Dureza Fósforo total Grasas y aceites Hidrocarburos	Hierro total Magnesio Manganeso Nitratos Nitritos Nitrógeno amoniacal Nitrógeno orgánico Oxígeno disuelto Sulfatos Sulfuros Salinidad Zinc
Metales pesados básicos	
Aluminio Cadmio Cromo Níquel	Arsénico Cobre Mercurio Plomo

Fuente: Sierra [27]

2.2.4 Tratamiento de agua residual

2.2.4.1 Agua tratada

En [27], el agua tratada se explica como agua cuyas propiedades físicas, químicas y biológicas han sido alteradas para un uso beneficioso.

Presentado en [21], la calidad del agua tratada depende del uso previsto para el cual se especifica o suministra. Por ejemplo, la calidad del agua para uso humano o riego es de una calidad diferente a la requerida por una determinada industria.

2.2.4.2 Procesos físicos, químicos y biológicos

El tratamiento de aguas residuales se logra mediante la separación física inicial de los sólidos de las corrientes de agua doméstica o industrial, seguida de la conversión gradual de los productos biológicos disueltos en biomasa sólida utilizando bacterias adecuadas presentes en estas aguas. Después de reservar o eliminar la biomasa, el agua tratada se puede desinfectar aún más mediante procesos físicos o químicos. Este segundo afluyente puede ser descargado o reintroducido en aguas naturales u otros ambientes. Los biosólidos separados se someten a un tratamiento y neutralización adicionales antes de desecharse o reutilizarse adecuadamente.

2.2.4.3. Etapas del tratamiento de agua residual

Según Seoáñez [26], el diseño de una planta de tratamiento necesita un estudio detallado en base a aspectos como: caudal (m^3/s), uso final del producto final (agua tratada), disponibilidad de superficie para la instalación, economía, factibilidad, características meteorológicas (clima, precipitación). En este sentido, al fin y al cabo, la solución tecnológica que optimice la eficiencia técnica de la forma más sencilla y menos costosa, esa tecnología debe utilizar los recursos humanos y materiales disponibles. Asimismo, cabe señalar que la elección del proceso y/o tipo de instalación variará de un caso a otro, el proceso de tratamiento de aguas residuales se puede dividir en los siguientes pasos:

A. Pretratamiento

Según Osorio [19], el pretratamiento se realiza mediante desbaste (varillas) para eliminar sustancias demasiado granulares y tamizado para eliminar partículas en suspensión; También se aplica desarenado para eliminar arena y sólidos densos en suspensión y desengrasado para eliminar residuos de grasa en base agua, así como partículas flotantes.

- **Desbaste:** Proceso por el cual las aguas residuales fluyen a través de una red. De esta forma, el borde se clasifica según la distancia entre las barras de la rejilla en:

- El desbaste fino: con una separación libre entre los barrotes de 10-25 mm.
- El Desbaste grueso: con una separación libre entre los barrotes de 50-100 mm.

Para la medida de los barrotes, estos han de tener unos espesores mínimos como los de a continuación:

- Reja para gruesos: entre 12-25 mm.
- Reja para finos: entre 6-12 mm.

- **Tamizado:** La filtración de medios es delgada y su propósito es eliminar los materiales que, debido a su tamaño, pueden interferir con el procesamiento posterior. Dependiendo del tamaño de los agujeros del tamiz, se hace una distinción entre:

- **Macrotamizado:** Se realiza sobre chapa perforada o malla metálica con paso superior a 0,2 mm. Se utilizan para retener sustancias suspendidas, flotantes o semiflotantes, cadáveres de plantas o animales, ramas de árboles, etc., cuyo tamaño varía de 0,2 a varios milímetros.
- **Microtamizado:** Fabricados en malla metálica o plástica con mallas menores a 100 micras. Se utiliza para eliminar sólidos en suspensión muy pequeños del agua de alimentación (plancton) o aguas residuales pretratadas.

- **Desarenado:** Separación activa de partículas con un tamaño de partícula superior a 200 micrones, para evitar la formación de depósitos en canales y tuberías, protege las bombas y otros equipos del desgaste y evita la sobrecarga en etapas posteriores del procesamiento. Los desarenadores están diseñados para remover partículas de arena mayores a 0.200 mm, logrando una tasa de remoción del 90%.
- **Desaceitado y desengrasado:** El propósito es eliminar grasa, aceite, musgo y otras materias flotantes más ligeras que el agua. El desengrasado es un proceso de separación líquido-líquido, mientras que el desarenado es un proceso de separación líquido-sólido.

Tabla 5: Operación unitarias en la etapa del pretratamiento

Tipo de tratamiento	Operación unitaria	Objetivo	Mecanismo	Producto	Observación
Pretratamiento: Separación de sólidos sedimentables y en suspensión	Desbaste	Separar sólidos de tamaños grandes y medianos Recuperar materiales Proteger las instalaciones	Rejas finas de limpieza manual o mecánica. Rejas muy gruesas de limpieza manual o mecánica Tamices de tejido metálico	Agua residual sin sólidos gruesos.	Las rejas gruesas primera unidad de tratamiento
	Desarenado	Separar sólidos de origen mineral u orgánico Recuperar materiales	Desarenadores aireados Desarenadores de flujo horizontal	Agua residual con menor contenido de sólidos. Agua residual con carga contaminante Arena con materia orgánica	Las arenas se lavan y son reutilizadas Existen mecanismos con desengrasado Fácil funcionamiento y bajos costos de operación
	Desengrasado	Separar sólidos suspendidos, aceites y grasas	Flotación por agitación Flotación por aire	Agua sin flotantes Lodos o fangos que requieren un tratamiento	Los sistemas de separación por flotación suelen ser instalados en los desarenadores.

Fuente: Osorio [19]

B. Tratamiento primario.

Para Rigola [24], el tratamiento primario incluye la eliminación de sólidos suspendidos aglomerados por sedimentación o floculación, la neutralización del exceso de acidez o alcalinidad y la eliminación de compuestos inorgánicos por floculación, precipitación química. En algunos casos, la floculación se puede utilizar como ayuda para la sedimentación.

- **Sedimentación:** El objetivo principal del tratamiento primario es eliminar no solo la carga orgánica asociada, sino también la proporción de sólidos solubles de las aguas residuales. El criterio básico o práctico de diseño es la carga superficial, expresada en $\text{m}^3/\text{día}/\text{m}^2$ o $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$, por lo que es el resultado de dividir el caudal de agua en $\text{m}^3/\text{día}$ o m^3/h por la superficie. Residuos residuales totales en metros cuadrados.
- **Coagulación y floculación:** Los procesos de tratamiento de coagulación-floculación ayudan a eliminar los SST y las partículas coloidales. La coagulación se define como la inestabilidad de una suspensión coloidal, mientras que la floculación se limita al fenómeno del movimiento de las partículas coaguladas, provocando colisiones entre ellas y favoreciendo su aglomeración. Por lo tanto, la coagulación es la inestabilidad de las partículas coloidales provocada por el aumento de reactivos químicos llamados coagulantes.
- **Digestión primaria de lodos:** En estos procesos de digestión primaria y secundaria se producen lodos primarios o secundarios. Estos lodos están compuestos por agua y partículas sólidas. El agua se recoge o aparece como agua capilar. Las proteínas hidrófilas, por otro lado, absorben moléculas de agua. La proporción de líquido es 95-99%. La cantidad de lodos producidos depende del tipo de tratamiento del agua y de factores externos, como la climatología o los residuos tratados. Esta

suciedad puede pudrirse rápidamente y también producir olores desagradables. En este sentido, la digestión de fangos primarios requiere obligatoriamente de sistemas que garanticen un tiempo de poder retener sólidos superior a 25 días para corrientes residuales con temperatura media entre 20-25°C.

Tabla 6: Operación unitarias en la etapa del tratamiento primario.

Tipo de tratamiento	Operación unitaria	Objetivo	Mecanismo	Producto	Observación
Tratamiento primario o físico: remoción por medios físicos de aquellos sólidos en suspensión que no retenidos en el tratamiento preliminar	Sedimentación	Retirar la materia en suspensión en agua bajo la influencia de la gravedad	Decantadores estáticos (sedimentadores de placas y tubos) Decantadores dinámicos (tanques, rectangulares o circulares)	Agua residual clarificada Lodos que necesitan un tratamiento	Apartamiento limitada de partículas de tamaño suficiente para poder sedimentar por la gravedad Fácil operación y bajo coste de operación
	Coagulación y floculación	Retirar los sólidos y las partículas coloidales Formar coágulos de coloides Desestabilizar las partículas coloidales	Tanques de reacción y de agitación. Sedimentador con sistema de filtración Flotación por aire disuelto	Agua residual clarificada Fangos que requieren un tratamiento	Las condiciones de trabajo (pH, coagulante, etc.) tienen que estar bien estudiadas.
	Tanques de homogenización	Homogeneizar Regular la variación de caudal	Tanques provistos de sistemas de aireación y agitación	Agua residual homogeneizada	Aumento de la eficiencia del tratamiento biológico, químico y de filtrado Aplica para aguas residuales con elevada carga orgánica

Fuente: Rigola [24]

C. Tratamiento secundario.

Nemerov [17] afirma que el propósito del tratamiento primario es reducir y disminuir la materia orgánica en las aguas residuales después de eliminar las etapas y el tratamiento primarios.

- **Lagunas aireadas:**

Son embalses de aguas residuales que ocupan una gran superficie. El agua residual así eliminada se enriquece con oxígeno a través de aireadores de superficie o aireadores sumergidos para producir oxidación bacteriana. Estos dispositivos crean turbulencias que mantienen la materia en suspensión. La duración normal de este proceso es de 3 a 6 días, durante los cuales la bacteria acelera el crecimiento dependiendo de las condiciones climáticas y la ventilación adecuada. La separación de sólidos de este proceso se logra por dilución, lo que lleva de 6 a 12 horas.

- **Proceso de lodos activados:**

El agua residual aireada se mezcla con bacterias aeróbicas previamente desarrolladas. A diferencia del anterior, la mezcla de aguas residuales predecantadas se agita mediante bombas para que el material quede en suspensión y en constante contacto con el oxígeno en el centro de las balsas de hormigón armado. La materia orgánica de las aguas residuales descompuestas flocula, por lo que puede ser decantada posteriormente. Parte de la biomasa sedimentada se devuelve a procesos biológicos para preservar poblaciones bacterianas adecuadas, mientras que el resto se separa como lodo. La siguiente figura muestra un diagrama del proceso de lodos activados:

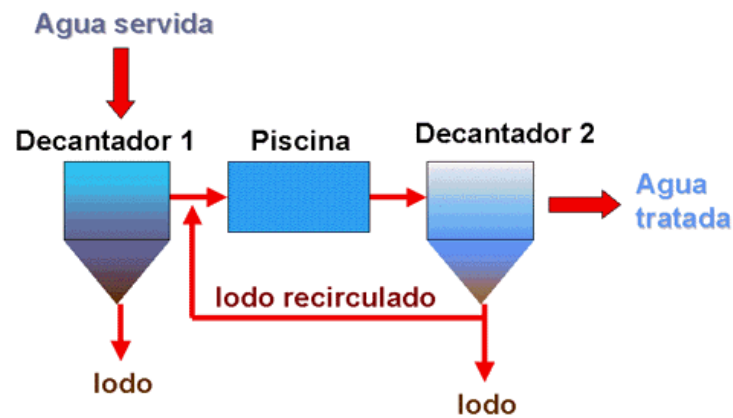


Figura 1: Esquema de proceso de lodos activados

Fuente: Aguamarket

Las principales ventajas de este proceso son el corto tiempo de residencia de la biomasa en los tanques (6 horas), lo que permite tratar grandes volúmenes en poco espacio, y la eficiencia en la remoción de materia en suspensión.

El agua tratada con lodos activados o balsas aireadas puede utilizarse para riego si previamente ha sido clorada para su desinfección.

- **Procesos Anaerobios:**

Asimismo, podemos decidir en los procesos anaeróbicos, que son un conjunto de procedimientos microbiológicos que tienen lugar dentro de un recipiente hermético y descomponen la materia orgánica mientras producen metano. Puede verse afectado por una variedad de microorganismos, pero las bacterias son las principales responsables de su desarrollo. Los tanques sépticos y los reactores anaeróbicos, que tratan el agua sin el uso de luz, oxígeno o movimiento, son ejemplos de tratamientos anaeróbicos.

Los principales beneficios serían que normalmente requiere instalaciones menos costosas y que, dado que no se requiere oxígeno, el proceso es menos costoso y requiere menos energía. produce un 20 % menos de lodo que un sistema de lodo activado. Por el contrario, sus desventajas incluyen un tratamiento más lento que el aeróbico, que requiere un mayor tiempo de

residencia o contacto hidráulico y un mayor tiempo de aclimatación, lo que hace imposible tratar grandes volúmenes de efluentes.

Tabla 7: Operación unitarias en la etapa del tratamiento secundario.

Tipo de tratamiento	Operación unitaria	Objetivo	Mecanismo	Producto	Observación
Tratamiento secundario o biológico: Descomposición de la materia orgánica presente en el efluente una vez finalizadas las fases de pretratamiento y tratamiento principal	Lodos activados	Descomponer la materia orgánica biodegradable a través de un proceso aeróbico	Tanque de aireación	Agua residual tratada para su vertido Lodos Sustancias volátiles	Elevados costos para la aeración
	Lagunas de estabilización	Reducir la DBO ₅ , metales pesados y compuestos orgánicos tóxicos	Lagunas facultativas Lagunas aeróbicas	Agua tratada Población microbiana formada por bacterias, algas y protozoos	Grandes extensiones de terreno Generación de olores indeseables Bajo costo
	Humedales	Remover sedimentos y metales pesados	Canales Plantas propias de zonas húmedas	Agua tratada Material vegetal	Remoción por periodos del exceso de material vegetal Utiliza en áreas vegetales Costos de operación y mantenimiento son bajos
	Filtros biológicos	Remover medianos porcentajes de DBO ₅	Filtros percoladores	Agua residual filtrada Microorganismos inmovilizados	Costos elevados por las obras civiles, equipamiento y operación capacitación constantes para operadores Producción de lodos inestables

Fuente: Nemerow [17]

D. Tratamiento terciario que normalmente implica una cloración.

Según Rigola [24] los objetivos del tratamiento terciario incluyen la eliminación de la carga orgánica sobrante de un tratamiento secundario, los microorganismos patógenos, el color y el olor desfavorables, y los restos de detergentes, fosfatos y nitratos, que, respectivamente, provocan espuma y eutrofización. La cloración es un componente del proceso de purificación avanzado o terciario que se utiliza para hacer que el agua sea más pura y, si se desea, potable.

En la Figura 2 se muestra un resumen de la secuencia de tratamiento completa que se puede aplicar a las aguas residuales domésticas y las aguas residuales industriales.

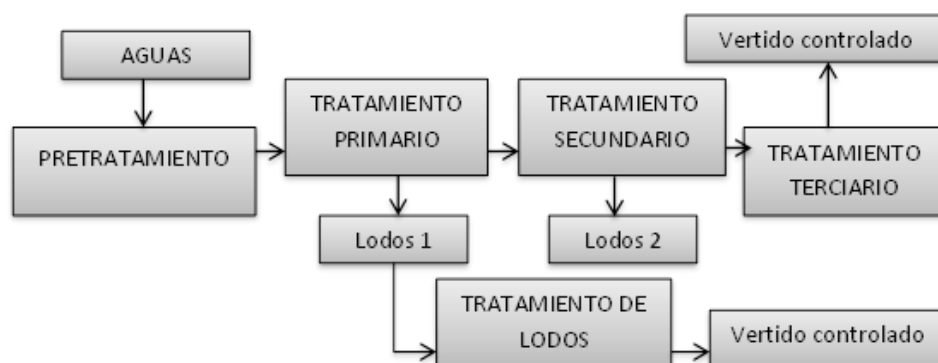


Figura 2: Flujo de los tratamientos de las aguas residuales.

Fuente: Rigola [24]

Tabla 8: Operación unitarias en la etapa del tratamiento terciario.

Tipo de tratamiento	Operación unitaria	Objetivo	Mecanismo	Producto	Observación
Tratamiento terciario: eliminación de cargas orgánicas residuales después del tratamiento secundario, eliminación de microorganismos patógenos, eliminación de colores y olores indeseables	Osmosis inversa	Separar compuestos orgánicos e inorgánicos Separar sales	Membrana semipermeable	Concentrado con tratamiento posterior	Sistema de membranas de alta presión Requiere desinfección previa No se aplica en disoluciones muy concentradas Elevado consumo de energía Mantenimiento costoso
	Adsorción	Separar compuestos orgánicos e inorgánicos	Columnas de adsorción de carbón de flujo ascendente y de flujo descendente	Efluente tratado Carbón activado gastado	Elevado rendimiento de eliminación La eficacia depende del carbón activado, temperatura y pH.
	Desinfección	Destruir organismos causantes de enfermedades	Cloración Ozonización Radiación UV	Efluente tratado	Resultado de agua con alta pureza, incluso hasta poder potabilizarla
	Filtración	Mejorar la turbidez del agua	Filtros de arena Filtros de grava	Efluente clarificado	Cambio constante de filtros Costo elevado de filtros

Fuente: Rigola [24]

En la tabla 9 se observa en resumen los niveles de tratamiento de agua residual y las cargas de contaminación que podrán ser removidas, por ejemplo, los sólidos gruesos y las arenas pueden ser removidos en un tratamiento preliminar y para remover la DBO₅ suspendida y soluble se necesita un tratamiento considerado como tratamiento secundario.

Tabla 9: Niveles de remoción de las aguas residuales.

Nivel	Remoción
Pre-liminar	Remueven la arena y los sólidos suspendidos (gruesos)
Primario	Sólidos suspendidos sedimentables DBO ₅ suspendida (materia orgánica componente de los sólidos suspendidos sedimentables)
Secundario	DBO ₅ suspendida (materia orgánica suspendida fina, no removida en el tratamiento primario) DBO ₅ soluble (materia orgánica en la forma de sólidos disueltos)
Terciario	Nutrientes Organismos patógenos Compuestos no biodegradables Metales pesados Sólidos inorgánicos disueltos Sólidos suspendidos remanentes

Fuente: Seoáñez [26]

2.2.5 Reutilización de aguas residuales

Según Nemerow [17], la reutilización de aguas residuales consiste en tratarlas adecuadamente y utilizarlas para un fin específico antes de devolverlas al sistema de alcantarillado público. Hay muchos usos posibles para las aguas residuales recicladas:

-Riego de: cultivos, parques y jardines, cementerios, espacios verdes, campos de golf, etc.

-Reutilización industrial: refrigeración, alimentación de calderas, etc.

-Aplicaciones urbanas no potables: espacios verdes, extinción de incendios, baños, aire acondicionado, lavado de vehículos, riego de calles, etc.

-Otros: acuicultura, limpieza de ganado, derretimiento de nieve, construcción, remoción de polvo, etc.

2.2.5.1 Reutilización de agua residual resultante del lavado vehicular

Según Pedraza [20], en los servicios de lavado de vehículos es factible reutilizar una parte importante del agua utilizada para el lavado, reduciendo así su consumo, aumentando la certeza de la disponibilidad del agua y ahorrando dinero que con el tiempo amortizará el costo de la inversión. del tratamiento para reutilizar y reducir los costes de consumo de agua.

Las ventajas que presenta la reutilización del agua residual proveniente del lavado vehicular son las siguientes:

Ahorro de agua: Teniendo en cuenta que el taller de lavado utiliza 20.000 l/día de agua, el sistema de reciclaje reduce esa cantidad en un 90%, lo que supone un consumo de agua de 2.000 l/día, un ahorro de 18.000 l/día.

- **Economía:** Si el agua cuesta \$20 por metro cúbico, por ejemplo, el ahorro mensual, suponiendo 25 días de operación por mes en el servicentro de lavado, sería de \$9,000 por mes. El ahorro diario de agua sería de \$360 por día.
- **Disponibilidad de agua:** Hay una creciente falta de agua. Quienes pueden reciclar el agua normalmente se ven obligados a hacerlo por las organizaciones que prestan el servicio de agua. Solo se suministrará agua en pequeñas cantidades si estos servicentros carecen de un sistema de reciclaje, lo que repercutirá en la productividad del taller.
- **Cumplimiento de las normas ambientales:** Unas de las ventajas adicionales del sistema de reciclaje es la buena imagen que transmite la empresa ante las autoridades y la sociedad, el cumplimiento obligatorio de las normas y estándares de calidad en materia ambiental.

2.2.5.2 Normativa, calidades y usos del agua en la reutilización en el lavado vehicular

Debido que el objetivo principal es reutilizar el agua residual en el primer lavado de vehículos, se debe revisar qué normas y estándares exige el estado peruano para aplicar el tratamiento del agua.

El marco legal peruano define los estándares de calidad que se deben tener en cuenta en el tratamiento del agua para cualquier uso, ya sea agricultura, acuicultura, potabilización, etc.

En el caso de la reutilización de lavado de vehículos el Perú no tiene un estándar que describa la calidad del agua. Dentro de los ECAs mencionados no se encuentra en ningún rubro o ley constitucional el reúso de agua residual en el lavado vehicular.

Según el Decreto Supremo 023-2009- MINAM, señala lo siguiente:

*“ii. Sub-Categoría B. Aguas superficiales destinadas para recreación
B1. Contacto primario: Aguas superficiales destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, incluye actividades como natación, esquí acuático, buceo libre, surf, canotaje, navegación en tabla a vela, moto acuática, pesca submarina, o similares.
B2. Contacto secundario: Aguas superficiales destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, como deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.”*

En ninguna parte del Decreto Supremo Peruano se clasifica el reúso en el lavado de vehículos, es por ello hacer mención las directrices establecidas por los países de España y Brasil.

En España el Real Decreto 1620/2007, de la Ley 7/2007 establece el régimen jurídico de la reutilización de aguas depuradas provenientes de servicentros de lavado de vehículos los valores máximos admisibles se presentan en la tabla 10.

Tabla 10: Criterios de calidad de aguas depuradas reutilizadas establecidos en el Real Decreto 1620/2007.

Uso del agua previsto	Valor Máximo Admisible (VMA)		
	Sólidos en suspensión	Aceites y grasas	pH
Usos urbanos			
Lavado industrial de vehículos	30 mg/L	25 mg / L	7 - 8
Usos industriales			
Aguas en proceso y limpieza excepto en la industria alimentaria	35 mg/L	10 mg / L	6 - 7

Fuente: Consejería de medio ambiente en España

En Brasil, se realizó un estudio sobre la reutilización de aguas residuales en un lavado de vehículos, y los valores estimados se muestran en la Tabla 11, los resultados de un estudio científico realizado por Zanetti et al. [29]: Car wash wastewater reclamation. Full-scale application and upcoming features.

Tabla 11: Parámetros para la reutilización en el lavado vehicular.

Parámetros	Valores para la reutilización
pH	7,3
DBO ₅ , mg / L	60
DQO, mg / L	80
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES, mg / L	8
ACEITES Y GRASAS, mg / L	8

Fuente: Zanetti et al [29]

2.2.6 Muestreo y caracterización del agua residual

Según Ramos [22], tomar una muestra de aguas residuales es una actividad que se realiza con el fin de conocer la composición de las aguas residuales. Dados los altos costos que se cobran actualmente por los análisis de laboratorio, es esencial que las muestras sean verdaderamente representativas del contenido de agua en el lugar de donde se toman para que los resultados sean valiosos.

Para Sierra [27], el propósito del muestreo es obtener una pieza de material de pequeño volumen para que pueda transportarse y procesarse fácilmente en el laboratorio y, sin embargo, representar con precisión el material del que proviene. Se debe tener en cuenta que antes de llegar al laboratorio, la muestra no debe estar dañada y mucho menos contaminada. Después de tomar la muestra, el analista puede elegir el método más adecuado para que la muestra tomada sea lo más homogénea posible, ya que no existen pautas generales para este método que abarquen todos los casos.

2.2.6.1 Tipos de muestra

Jiménez [12] clasifica las muestras de la siguiente manera:

- **Muestras de sondeo:**

Un tipo de muestra recolectada en un momento y lugar específicos que solo puede representar la composición de la fuente en ese momento y lugar.

- **Muestras compuestas:**

Es una mezcla de muestras sencillas tomadas en el mismo lugar, pero en diferentes lapsos de tiempo, donde se considera como estándar para la mayoría de los análisis una muestra compuesta que represente un periodo de 24 h.

- **Muestras Integradas:**

Es una mezcla de muestras tomadas en el mismo lapso, pero en diferentes puntos, este tipo de determinación se realiza con el objeto de tener una mejor información respecto a los anteriores tipos de muestra.

2.2.6.2 Método de tipo de muestra

Los métodos de tipo de muestra según Ramos [22] son los siguientes:

- **Toma manual:**

No se utiliza ningún equipo especial, pero dicho procedimiento puede llevar mucho tiempo y ser costoso para aplicaciones a gran escala o para muestreo frecuente.

- **Toma automática:**

Es necesario utilizar equipos de muestreo automático programados de acuerdo con los requerimientos específicos de muestreo, las variables a controlar con precisión son la velocidad de bombeo y el tamaño de los tubos de acuerdo con el tipo de muestra requerida. La ventaja de este método es que elimina los errores de procesamiento humano, reduce los costos de mano de obra y brinda una alternativa al muestreo frecuente.

2.2.6.3 Envases

En Ramos [22] los envases son de plástico o de vidrio, y según la situación puede ser adecuado el uso de uno u otro material. Para muestras que contengan materia orgánica, es mejor evitar los recipientes de plástico, excepto los fabricados con polímeros fluorados como el politetrafluoroetileno (TFE).

2.2.6.4 Conservación de las muestras

Según Jiménez [12], independientemente de la naturaleza de las muestras, nunca se logra la completa estabilidad de todos sus componentes y menciona los siguientes pasos:

- **Conservación de la muestra antes del análisis:**

Este procedimiento no se debe de dejar desapercibido debido a que existen diversos fenómenos físicos o químicos que pueden cambiar la composición de la muestra, por ejemplo:

El aluminio, el cadmio, el cromo, el cobre, el hierro, el manganeso, el plomo, la plata y el zinc se encuentran entre los cationes que se pierden

por adsorción en los recipientes de vidrio o por intercambio iónico con ellos. Utilice recipientes diferentes y sin manchas en esta situación, y acidifique con ácido nítrico a un pH inferior a 2 puntos 0 para disminuir la adsorción.

La actividad microbiológica puede ser la causa de la disminución de la concentración de fenol y de DBO_5 o de una reducción de los sulfatos a sulfitos, el cambio en el contenido de nitrato-nitrito-amoniaco.

En situaciones en las que estén presentes compuestos orgánicos volátiles, se puede evitar su pérdida llenando completamente el recipiente con la muestra. Permita que la muestra se desborde, luego tape o selle.

- **Intervalo de tiempo entre la toma y el análisis:**

Cuanto más rápido se recopile y analice la muestra, más preciso será el resultado. La ventana de tiempo entre la recolección de la muestra y su análisis no se puede determinar con precisión. Un punto crucial para destacar es el retraso de los cambios provocados por el crecimiento de microorganismos si la muestra se mantiene en la oscuridad ya una temperatura fresca.

- **Técnicas de conservación:**

Para reducir la posible volatilización o biodegradación entre la recolección y el análisis de la muestra, la muestra debe mantenerse a la temperatura más baja posible sin congelarse. En la mayoría de las situaciones, se recomienda almacenar la muestra a 4 °C si no se analiza inmediatamente.

Las relativamente pocas técnicas de conservación están destinadas a impedir la actividad de los microorganismos, posponer la hidrólisis de los compuestos químicos y disminuir la volatilidad de las partes constituyentes.

2.2.6.5 Identificación de las muestras

Para Ramos [22] todo tipo de muestra que se debe tomar tiene que ser identificada inmediatamente con los datos que están a continuación:

- La localización del lugar donde se realizar el muestreo.
- Lugar exacto de la toma de muestras.
- Origen de la muestra (agua residual industrial, alcantarillado, etc.).
- La fecha y la hora.
- El tipo de la muestra (simple, compuesta).
- Los datos que son medidos en el sitio (pH, conductividad, OD)
- Si existiesen observaciones (apariencia, color, etc.).
- Datos del encargado de la toma de muestras.

2.2.7. Marco legal para la descarga de efluentes al alcantarillado público:

El Ministerio del Ambiente (MINAM) expide la normativa legal pertinente para la tutela de los recursos hídricos: **NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE AFLUENTES: RECURSO AGUA**

Esta regla de tecnología ambiental se emite bajo la protección de la Ley de Gestión Ambiental y las ordenanzas sobre la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y el control de la contaminación ambiental y está sujeta a sus disposiciones, es vinculante y se aplica en toda la nación.

- **Criterios de Calidad para Aguas de Uso Industrial**

El uso industrial del agua significa trabajar en ocupaciones tales como:

- Procesos industriales y/o manufactureros de transformación o explotación, así como procesos conexos o complementarios.
- Generación de energía y minería.

Para uso industrial, es necesario tener en cuenta los diferentes requisitos de calidad que corresponden a cada proceso,

implementando los criterios de tecnología limpia para reducir o eliminar los residuos (que pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos).

- **Normas Generales para la Descarga de Efluentes al Sistema de Alcantarillado**

- Se deben llevar registros de los derrames que ocurran, mostrando el flujo de derrames, frecuencia de descarga, procedimientos aplicados a los derrames, estudios de laboratorio y disposición de estos, e identificación y conservación de los cuerpos humanos recibidos. Es obligatorio que el flujo reportado de efluentes que ocurren esté respaldado por los datos de producción.
- El organismo de gestión ambiental debe establecer normas complementarias a las que ha establecido: frecuencia de monitoreo, tipo de muestra (simple o compuesta), número de muestras tomadas y análisis estadístico de los resultados para permitir su interpretación. Si el objeto regulado cumple con los parámetros permisibles establecidos en este reglamento para las descargas a sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua.
- Los municipios deben conceptualizar sus propias normas, teniendo en cuenta los estándares de calidad establecidos para los usos del agua o los usos designados a través de ordenanzas, de acuerdo con los estándares de calidad ambiental. Sujeto al incumplimiento de las normas de prevención y control de la contaminación.
- Se prohíbe el vertido de residuos líquidos en la vía pública, canales de riego, drenajes, sistemas de recogida de aguas pluviales y subterráneas.
- Los drenajes domésticos, industriales y pluviales generados en la industria deberán estar separados por sus respectivos sistemas o colectores.

- Se prohíbe el vertido no intencional de residuos líquidos a sistemas de alcantarillado o sobre personas, la limpieza y/o mantenimiento de aeronaves y vehículos terrestres, y el vertido desde aplicadores, envases y embalajes manuales y neumáticos. Contiene o ha contenido pesticidas u otras sustancias tóxicas.

En la tabla 12 se presentan los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes al alcantarillado público.

Tabla 12: Límites Máximos Permisible de descarga al sistema de alcantarillado público.

Parámetro	Unidad	LMP *
pH		5 - 9
Sólidos totales en suspensión	mg/L	220
Sólidos sedimentables	mg/L	20
Aceites y grasas	mg/L	100
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	250
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	500
Temperatura	°C	< 40

Fuente: Ministerio del Ambiente

LMP*: Límites máximo-permisibles según las legislaciones de España y Brasil

III. Resultados

3.1 Descripción de la empresa

La empresa Servicentro Martínez brinda servicios al sector automotor e inicia sus actividades a principios del año 2000, el primer servicio que brindó fue el lavado y engrase de vehículos, en el año 2005 por parte de la gerencia se decidió implementar los servicios de mecánica general y cambio de lubricantes. Se encuentra ubicada en la calle Colombia # 901 Urb. Barsallo- Chiclayo.

Para cada servicio la empresa cuenta con sus respectivas áreas de operación, y personal capacitado. En promedio la empresa atiende 36 vehículos por día para todos los servicios. El área de actividades está construida a base de materiales de construcción, como concreto, ladrillos, etc.

Tabla 13: Cantidad promedio de vehículos en la empresa Servicentro Martínez SAC.

Tipo de servicio	Unidad de medida	Cantidad promedio	Periodo
Reparación de vehículos	Servicios de mantenimiento/día	3	Enero- Diciembre
Lavado de vehículos	Servicios de lavado/día	20	Enero-Diciembre
Engrase de vehículos	Servicio de engrase/día	10	Enero-Diciembre
Cambio de aceite de vehículos	Servicio de cambio de aceite/día	3	Enero-Diciembre

Fuente: Servicentro Martínez

A continuación, se describirá los servicios que la empresa brinda:

3.1.1 Servicio de mecánica de vehículos

Consiste en realizar diversas tareas de mantenimiento en el vehículo, siendo la reposición de fluidos automotrices (aceite de motor, refrigerante, líquido de transmisión, líquido de frenos, etc.) la más popular. sustitución de componentes insustituibles (baterías, correas, silenciadores, piezas eléctricas, bombas de agua, etc.), y sustitución de piezas rotas.), y el mantenimiento de elementos fijos (carburador, bomba de aceite, alternador, etc.).

Para brindar este servicio se necesitan de los siguientes materiales:

- Los aceites lubricadores.
- La gasolina como combustible.
- Los desengrasantes.
- Los aditivos que se usan para aceites.
- Los refrigerantes para los vehículos.
- Los Anticorrosivos.
- Los repuestos para los vehículos.
- Las llaves mecánicas.
- Las gatas hidráulicas.

La Tabla 14 muestra las entradas y salidas de los servicios mecánicos. De esta tabla se puede observar que el impacto ambiental de los centros de servicio de reparación de automóviles depende principalmente de la producción de residuos sólidos y líquidos, y en cierta medida de los residuos y el ruido. Por ejemplo:

- **Residuos sólidos:** Se componen principalmente de filtros de aceite usados, trapos, polvo, papel absorbente contaminado con aceite o combustible, lodos de aceite usado en bombas de sumidero, lodos de limpieza de estanques, baterías usadas (plomo y ácido), repuestos usados, llantas y metales.
- **Residuos líquidos:** Los aceites lubricantes de desecho, los fluidos de transmisión, los refrigerantes usados, los solventes usados y las soluciones de lavado usadas constituyen desechos líquidos.
- **Emisiones a la atmósfera:** Las emisiones en los centros de servicio consisten en emisiones que pueden provenir de vehículos que se reparan durante el arranque del motor y de productos en aerosol como limpiadores de carburadores, agentes de impregnación, etc.
- **Ruido:** El ruido en los centros de servicio para automóviles es causado por el funcionamiento de las máquinas y el posible ruido de los compresores.

Tabla 14: Entradas y salidas de materiales contaminantes en el servicio de mecánica

Etapas del Proceso	Entradas	Emisiones al aire	Residuos Líquidos	Residuos Sólidos
Preparación	-Agua -Detergentes -Toallas -Cepillos -Desengrasantes	-Ruido -VOC's (Compuestos Orgánicos Volátiles) en los casos que se use indebidamente hidrocarburos. -Gases de combustión por vehículos en marcha	-Agua residual	-Envases plásticos -Envases de vidrio -Cepillos rotos -Toallas rotas -Estopas usadas -Sólidos tratamiento de aguas residuales
Reparación	-Solvente -Nafta -Lubricantes -Líquido de frenos -Fluidos de transmisión -Repuestos -Aserrín -Líquidos -Refrigerantes -Recipientes	-Vapores -VOC's -Gases de -Combustión -Ruidos	-Aceites lubricantes usados. -Purgas de circuitos de frenos. -Purgas de circuitos de refrigeración -Residuos de Hidrocarburos usados. -Líquido de baterías	-Envases plásticos -Envases de vidrio -Baterías -Embalajes de cartón -Partes metálicas -Partes de gomas y plásticos -Bandas y pastillas de frenos con asbesto. -Trozos de cables -Filtros de aire -Filtro de aceite -Filtros de combustible

Fuente: Servicentro Martínez

3.1.2 Servicio de cambio de aceites de vehículos

El cambio de aceite de los vehículos es realizado por los operarios de manera manual con cuidado para evitar derrame o desperdicio del aceite. Consiste en las siguientes actividades:

- **Vaciado de aceite:** Se debe levantar el vehículo del suelo mediante un gato hidráulico, el motor debe estar "caliente" (15 minutos después de arrancar), y se debe realizar el cambio. Un recipiente de plástico vacío se coloca horizontalmente y se hace accesible a través de un orificio debajo de la tuerca inferior del cárter antes de abrir la tuerca. Con la llave adecuada se desbloquea la tuerca, teniendo cuidado de extraerla en el recipiente que se ha reservado para recibir el aceite usado. El aceite se drenará rápidamente porque el motor todavía está caliente, pero lo simplificaremos aún más quitando la varilla de nivel de aceite y abriendo el tapón del bloque superior.
- **Llenado de aceite:** Colocar la tuerca del cárter y su correspondiente arandela, ambas nuevas, una vez vaciado completamente el aceite. A continuación, se llena por la boca de llenado superior mediante un embudo y aceite fresco asegurándose de que no haya fugas en la tuerca inferior. Al llenar, se debe agregar aceite gradualmente mientras se verifica el nivel, y el líquido debe llegar al fondo del cárter. El nivel no puede ser superior al indicado actualmente en la varilla de máximo.

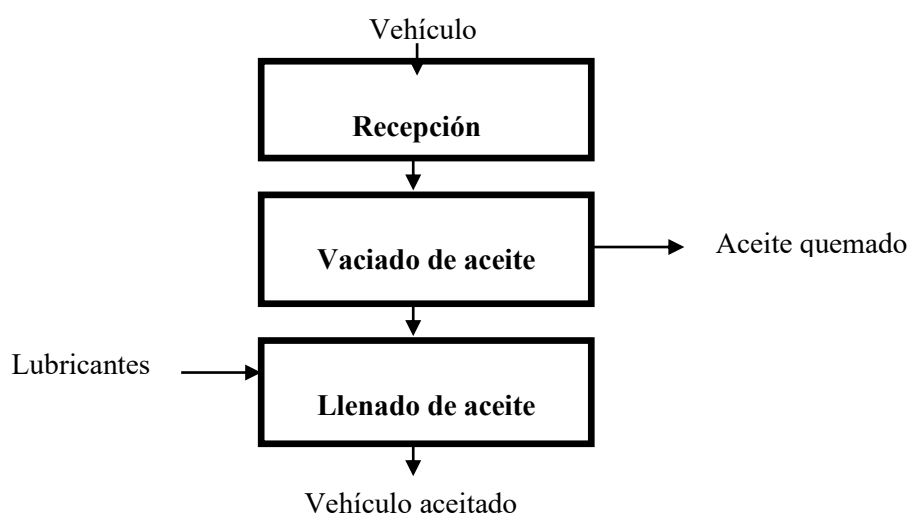


Figura 3: Operaciones del Cambio de Aceite en Vehículos.

Fuente: Servicentro Martínez

En la tabla 15 se aprecia las entradas y efluentes del cambio de aceites en los vehículos:

En los centros de servicio vehicular los impactos ambientales se relacionan principalmente con la generación de residuos sólidos y líquidos contaminados.

- **Residuos sólidos contaminados:** estos son principalmente filtros de aceite usados, trapos, contenedores, papel manchado de aceite o polvo absorbente, residuos de aceite en tanques de aceite.
- **Residuos líquidos:** aquí están incluidos en forma general los desechos de aceites lubricantes.
- **Efluentes:** los centros de servicio vehicular pueden volcar a los sistemas de alcantarillado público las aguas provenientes de la limpieza de los pisos, y de origen sanitario.
- **Emisiones a la atmósfera:** están formadas por las que pueden emitir los vehículos que estén en reparación al encender los motores.

Tabla 15: Entradas y salidas de materiales contaminantes del servicio de cambio de aceites

Etapas del Proceso	Entradas	Residuos Líquidos	Residuos Sólidos
Vaciado de aceite	-Lubricantes -Filtro de aceite	-Aceite usado	-Filtros de aceite -Estopas -Envases de plástico y cartón
Cambio de aceite	-Líquido de dirección -Líquido de frenos -Líquido refrigerante -Filtro de aire -Filtro de combustible	-Refrigerante usado. -Aceite quemado	-Filtros de combustible -Filtros de aire -Estopas -Envases de plástico y cartón

Fuente: Servicentro Martínez

3.1.3 Servicio de engrase de vehículos

Consiste en aplicar grasa o lubricante para chasis a las partes mecánicas del vehículo para ello se utiliza una maquina engrasadora con una presión de 1 007 bar. A continuación, se presentan las operaciones en el engrase de vehículos.

- **Recepción:** Los clientes estacionan sus vehículos para indagar el tipo de servicio que desean, así como su respectivo costo.
- **Desengrasado:** Se retira la grasa deteriorada del vehículo, por medio de la aplicación de petróleo, ya que este actúa como disolvente de la grasa.
- **Engrasado:** Consiste en la lubricación de todas las partes mecánicas del vehículo. Se trata de recubrir las piezas metálicas en contacto con grasa o algo similar para evitar cosas como: producción excesiva de calor, pérdida de energía, corrosión u oxidación de las piezas, fricción excesiva y desgaste prematuro de las piezas. Se engrasa los puntos de grasa del vehículo con una maquina engrasadora que funciona con aire a presión, los puntos se encuentran en los muelles, cardan, timón, dirección, collarín, caja de cambios, etc.

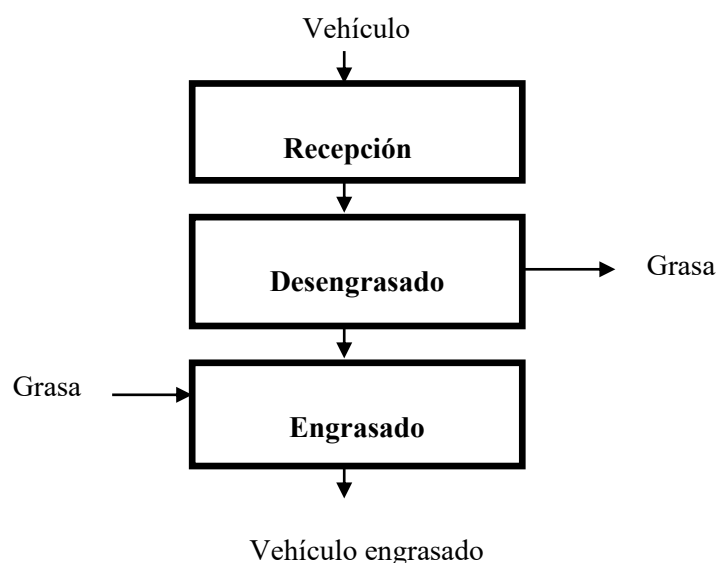


Figura 4: Operaciones del engrase de vehículos.

Fuente: Servicentro Martínez

3.1.4 Servicio de lavado de vehículos

La operación de lavado tiene dos etapas, una en seco y la otra húmeda.

3.1.4.1 Servicios húmedos

Este tipo de servicios se divide la siguiente manera:

- **Lavado exterior y enjuague:** En primer lugar, se enjuaga el vehículo con el agua proveniente de la cisterna de almacenamiento, bombas y mangueras. Se utilizan materiales como trapos, toallas y detergentes para la limpieza.
- **Lavado inferior:** en esta actividad el operario ingresa por la parte inferior del vehículo, esto lo hace ya que el vehículo se cuenta estacionado en la rampa y es de fácil acceso por la parte bajas.
- **Lavado de motor:** en esta operación se debe utilizar desengrasantes biodegradables (recomendados).
- **Lavado de tapicería:** limpieza de tapetes que están en el interior, proceso en el cual se utiliza agua, jabón y cepillos.

3.1.4.2 Servicios secos

Consisten en retirar la humedad para prevenir las manchas y daños en la pintura exterior del vehículo.

- **Secado:** se realiza de forma manual con toallas o bayetillas.
- **Aspirado:** una máquina elimina el polvo y los desechos del interior del vehículo. Finalmente, los tableros y tapizados que lo habilitan están recubiertos con silicona.
- **Encerado:** práctica que consiste en eliminar las partículas de polvo adheridas o las capas de oxidación de la pintura para crear una capa

protectora. La cera se aplica de forma manual considerando una esponja, se deja secar posteriormente se retira con un paño limpio y seco.

- **Pulverizado:** en la parte inferior del vehículo, se aplica una capa de petróleo para recubrir los componentes interiores y protegerlos de la adherencia del polvo y la corrosión.

En la tabla 16 se observa las entradas y salidas producidas en el lavado de vehículos, los residuos líquidos: hidrocarburos separados en el tratamiento de aguas residuales, y residuos sólidos se tienen: envases plásticos, envases de vidrio, toallas sucias, etc.

Tabla 16: Entradas y salidas de materiales contaminantes del servicio de lavado.

Etapas del Proceso	Entradas	Emisiones al aire	Residuos Líquidos	Residuos Sólidos
Lavado de tapicería (herramientas manuales)	Detergentes Toallas Agua	Ruido	Aguas residuales.	Envases plásticos Envases de vidrio Toallas sucias
Lavado externo incluye carrocería, chasis y motor. (Motobombas, mangueras para suministro de agua, compresores, etc.)	Agua Detergentes Toallas Cepillos Desengrasantes	Ruido Gases de combustión por vehículos en marcha	Aguas residuales.	Envases plásticos Envases de vidrios Cepillos rotos Toallas rotas Estopas usadas Sólidos tratamiento de aguas residuales
Secado	Toallas Papeles	Ruido		Toallas sucias Papeles
Aspirado (aspiradora)	Toallas	Ruido		Polvos y sólidos retenidos en aspiradora
Encerado	Ceras Silicona			Envases plásticos Envases de vidrios Toallas sucias

Fuente: Servicentro Martínez

3.2 Descripción del servicio de lavado

A continuación, se describe las operaciones que intervienen en el servicio de lavado y en la figura 5 se presenta a detalle en un diagrama de flujo la operación de lavado de vehículos desde la recepción hasta el vehículo encerado con sus respectivas entradas y salidas.

A. Recepción:

Para esta actividad la empresa cuenta con un área construida de cemento, donde los vehículos son estacionados mientras el cliente indaga el tipo de servicio que desea. Después de haber decidido el tipo de servicio el vehículo es transportador por el personal al área del respectivo servicio mientras tanto el cliente pasa al área de espera.

B. Prelavado (Chasis):

Aplicación de agua a presión en las partes mecánicas inferiores del vehículo, sigue la siguiente secuencia: lavado de las direcciones, ejes, puente, corona, cardan, muelles y el interior del chasis con la finalidad de dejar al vehículo libre de suciedad. A demás se aplica agua la carrocería tanto para los vehículos pesados como ligeros.

C. Cepillado:

Operación manual que consiste en aplicar detergente diluido en agua, para ello se utilizar un cepillo, donde el personal empieza por la parte superior de la carrocería, después cepillan la parte del chasis y finalmente la cabina, después de un promedio de 5 minutos se procede a enjuagar todo el vehículo para evitar el secado del detergente.

D. Lavado de motor:

Esta operación se da con una mezcla de aceite combustible para motores (ACPM), gasolina y jabón o detergentes, se realiza dentro del compartimiento del motor.

E. Enjuagado:

El vehículo es enjuagado con la misma modalidad del lavado, disolviendo así las impurezas y partículas.

F. Secado:

El vehículo pasa a un área desocupada, donde el personal realiza el secado externo a la cabina del vehículo se realiza manualmente y con toallas donde un operario tiene que retirar la humedad de toda la superficie del vehículo, se realiza este paso tantas veces sea necesario disminuir la humedad del vehículo.

G. Aspirado:

Después de retirar manualmente toda la basura del interior, se limpia el interior del vehículo. Luego, se retira el polvo que se ha quedado adherido a las alfombrillas y asientos. Las tablas y cualquier tapizado que pudiera haber se tratan con silicona como paso final.

H. Encerado:

Se trata de eliminar las capas de oxidación de la pintura y las partículas de polvo adheridas para crear una capa protectora. En esta actividad, la cera se aplica manualmente con una toalla u otro paño, se deja secar y luego se retira con un paño seco.

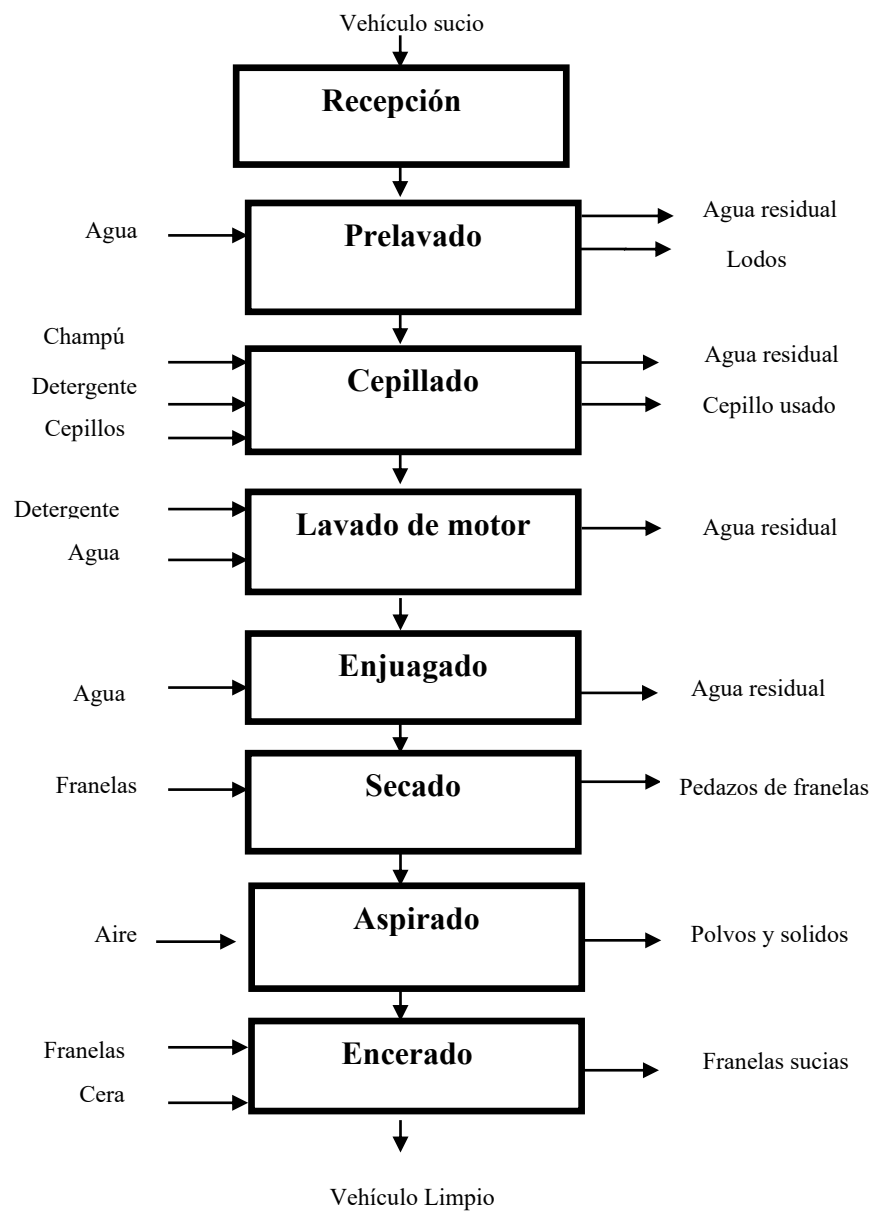


Figura 5: Operaciones del lavado de vehículos.

Fuente: Servicentro Martínez.

3.2.1 Cantidad de vehículos en el servicio de lavado

La empresa ha diferenciado a sus clientes como clientes de vehículos ligeros y vehículos pesados, esto se debe a las dimensiones de los vehículos.

(Ver tabla 17)

Tabla 17: Registro de vehículos en sus respectivas categorías

Vehículos ligeros	Vehículos pesados
Auto	Fuso
Combi	Volvo
Canter	Volquete
Camioneta 4x4	Tráiler
Camioneta 4x2	Camión carreta

Fuente: Servicentro Martínez

La respectiva demanda de este servicio por tipo de vehículos se presenta en la tabla 18. Desde el año 2008 hasta el año 2017, se tiene una creciente demanda de vehículos, en el último año se brindó servicio a 11 345 vehículos.

Tabla 18: Conteo de vehículos en el servicio de lavado en el periodo 2008-2017

Año	Vehículos pesados (Und.)	Vehículos ligeros (Und.)	Vehículos totales (Und.)
2008	6027	1981	8008
2009	6857	2001	8858
2010	7220	2019	9239
2011	7334	2347	9681
2012	6950	2127	9077
2013	7505	3254	10759
2014	7480	3148	10628
2015	7680	3247	10927
2016	8102	2980	11082
2017	8025	3320	11345
Total	73180	26424	99604

Fuente: Servicentro Martínez

3.2.2 Materiales y equipos

Para el servicio de lavado se necesitan los siguientes materiales, el principal material está el agua:

3.2.2.1 Agua

El agua es el recurso más crucial cuando se lava un vehículo porque es el insumo más importante. El suministro de agua es extraído de una fuente subterránea; siendo su consumo destinado para todas las operaciones pertinentes al servicio de lavado vehicular.

La cantidad o volumen de agua por vehículo se calculó de con un método experimental, midiendo y registrando los volúmenes de agua que son utilizados para el lavado vehicular, luego se calculó un volumen de agua con promedio por vehículo a través de la data brindada por la empresa, el cual se muestra a continuación:

Tabla 19: Volumen promedio utilizado por tipo de vehículo

Tipo de vehículo	Volumen promedio de agua utilizada (m ³)
Vehículo ligero	1
Vehículo pesado	1,5

Fuente: Servicentro Martínez
Elaboración: Propia

En la tabla 20 se aprecia la cantidad volumétrica de agua que se ha utilizado para el lavado de vehículos, esta medición es realizada en la misma cisterna de almacenamiento, ya que estas tienen una capacidad de 27 m³, y se cuenta cuantas cisternas son requeridas al día. El registro esta desde el año 2011 hasta el 2017.

Tabla 20: Registro de consumo de agua en el servicio de lavado 2011-2017

Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Mes	Volumen (m ³)	Volumen (m ³)	Volumen (m ³)	Volumen (m ³)	Volumen (m ³)	Volumen (m ³)	Volumen (m ³)
Enero	2710	1996	1802	2083	2630	3247	3382
Febrero	2657	2741	1619	1980	1899	3158	1489
Marzo	2556	2478	1922	2185	3361	3336	5276
Abril	1926	1689	1845	2617	2291	4904	3824
Mayo	1913	2787	1944	2458	2147	3589	2777
Junio	1910	1964	1792	2777	2436	6218	4870
Julio	1914	2998	1875	3274	4180	2632	2932
Agosto	1933	2092	1834	2448	3980	2148	1987
Septiembre	3780	3547	1860	4099	4380	3117	3876
Octubre	3750	3405	1810	4180	3849	2992	2614
Noviembre	4778	3478	1934	3489	2998	1789	2368
Diciembre	5078	4780	1855	4871	4700	4196	2859
Total	34905	33955	22092	36461	38851	41326	38254

Fuente: Servicentro Martínez

3.2.2.2 Detergente

Se utiliza detergente biodegradable y se adquiere en bolsas de 50 kg y el uso de este material se ha estandarizado, ya que para los vehículos ligeros se utiliza 100 g y para los vehículos pesados 200 g, esa cantidad es por unidad de vehículo. En la tabla 21 se aprecia el consumo de detergente, en el último año se tiene una cantidad de 4566 kg.

Tabla 21: Registro de consumo de detergente en el periodo 2009-2017

Año	Detergente en kg - Vehículos pesados	Detergente en kg - Vehículos ligeros	Detergente total kg
2009	3428,5	500,25	3928,75
2010	3610	504,75	4114,75
2011	3667	586,75	4253,75
2012	3475	531,75	4006,75
2013	3752,5	813,5	4566
2014	3541	810,75	4351,75
2015	3980	899,25	4879,25
2016	3780	905,75	4685,75
2017	4105	930,25	5035,25
Total	33339	6483	39822

Fuente: Servicentro Martínez

3.2.2.3 Equipos

Considerando que el servicentro tiene un período de operación de 12 meses y que en ese período la operación es continua, no se considera una fuente de energía alternativa como equipo de respaldo, ya que la energía necesaria para que el servicentro opere es eléctrica y obtenida del sistema eléctrico normal, contratado con la distribuidora eléctrica que abastece al sector ELECTRONORTE. Además, el consumo promedio mensual de energía es de 1456,5 kWh/mes. Para brindar el servicio de lavado, Servicentro Martínez SAC, tiene los siguientes equipos industriales:

Tabla 22: Equipos y accesorios para el lavado de vehículos.

Equipo	Características
Bomba 01	3 hp
Bomba 02	5 hp
Pistolas reguladoras de flujo	6
Compresora 01	300 psi
Compresora 02	250 psi
Válvulas	Check, antiretorno, construidas de fierro.
Sistema de mangueras	Caucho Alambradas 1 pulgada
Sistema de tuberías	Fierro 2 pulgadas

Fuente: Servicentro Martínez

3.2.3 Residuos

Los efluentes líquidos producidos por la actividad de lavado de vehículos se producen en cantidades significativas; esta importancia se refleja tanto en el caudal como en la carga contaminante. Este último está compuesto principalmente por residuos sólidos que han sido removidos de la carrocería y chasis del vehículo, de los cuales podemos considerar una porción mayor compuesta por arena y una porción menor por sólidos sedimentables con propiedades flocculantes (lodos). Dado que estos sólidos son mucho más pesados que el agua, la sedimentación los separará físicamente.

Por otro lado, existen sustancias suspendidas en el agua de lavado, y estas quedan compuestas principalmente por hidrocarburos de diferentes pesos moleculares, desde el petróleo hasta la nafta, además de estos residuos ligeros de combustión en suspensión, hollín, etc.

Las tuberías donde se descargan estos residuos, como alcantarillas y desagües pluviales, experimentarán serios problemas si no se manejan adecuadamente.

Las arenas y los sólidos pesados provocarán estancamientos importantes en las tuberías, provocando obstrucciones importantes que inutilizarán el conducto. Por otro lado, los residuos de hidrocarburos pueden contribuir a las obstrucciones de las tuberías, pero principalmente representan un riesgo de explosión dentro de las mismas. También provocan un número importante de quejas por parte de los usuarios y el público que están conectados al sistema que notan el olor de los componentes que son volátiles. El medio ambiente y los sistemas de purificación, por otro lado, sufren como resultado de su interferencia.

La adopción de las medidas de tratamiento necesarias le permitirá disponer de los efluentes en su conjunto en base a la legislación vigente, evitando los inconvenientes antes mencionados.

3.2.4 Sistema actual de tratamiento del efluente

La empresa dentro de sus instalaciones cuenta con un sistema de tratamiento de las aguas residuales, pero este sistema es ineficiente, debido que no cumple con los requerimientos que la empresa EPSEL S.A le ha solicitado.

A continuación, se presente un esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales en la empresa:

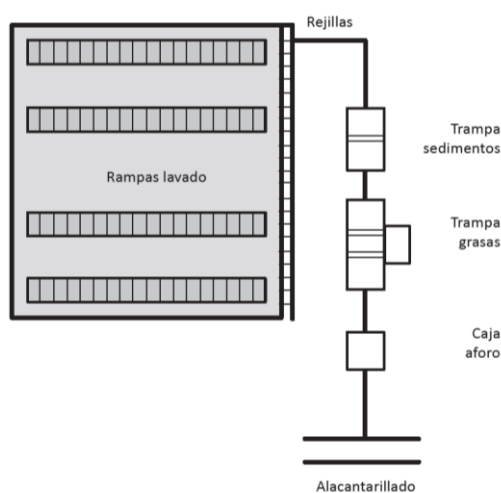


Figura 6: Sistema actual del tratamiento de las aguas residuales de lavado vehicular
Fuente: Servicentro Martínez

3.2.4.1 Desarenador o trampa de sedimentos

Estos equipos son construcciones cuya función es retirar la arena o partículas sólidas de cierto tamaño que el agua arrastra al alcantarillado. La figura 7 muestra una trampa de arena típica. Este sistema debe limpiarse diariamente para eliminar la arena arrastrada por el agua.

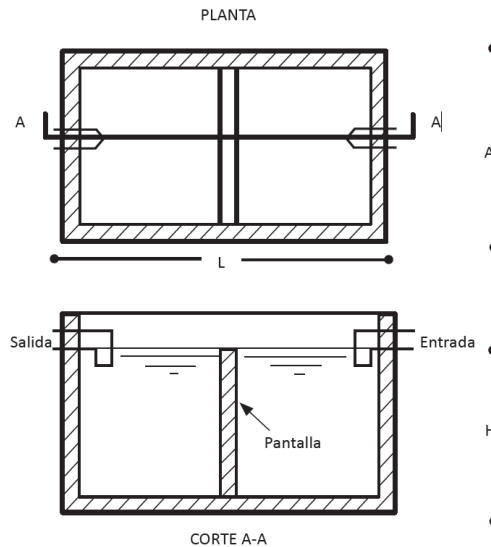


Figura 7: Desarenador o trampa de sedimentos

Fuente: Servicentro Martínez

3.2.4.2 Trampa de grasas

Este equipo es un tanque que separa y recoge la grasa y el aceite del agua y evita que dichos materiales ingresen al sistema de alcantarillado. Las trampas de grasa ralentizan el flujo de agua de las rejillas y brillan para dar tiempo a que la grasa y el agua se enfríen. Este enfriamiento hace que la grasa se aglomere y flote en el área, mientras que otras materias pesadas se hunden en el fondo de la trampa. El agua restante fluye libremente directo el alcantarillado. La Figura 8 muestra un ejemplo de una trampa de grasa.

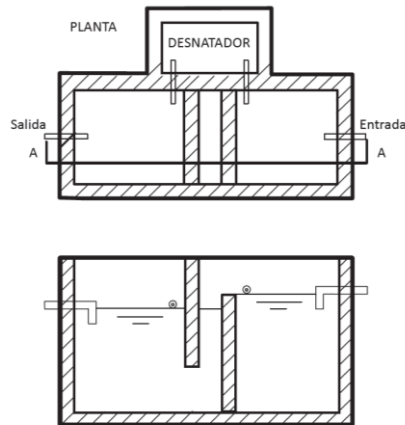


Figura 8: Trampa de grasas

Fuente: Servicentro Martínez

3.2.4.3 Caja de aforo

Por último, el sistema de procedimiento dispone de una caja de medida antes de su vertido al alcantarillado.

Esta equipo es el lugar exclusivo donde se debe desarrollar la caracterización de las descargas y las mediciones de caudal para considerar las condiciones de calidad del agua y la porción vertida al sistema de alcantarillado. La figura 9 muestra un ejemplo de una caja de medición. La caja de medición debe tener un mantenimiento con una inspección periódica con miras a asegurar su buen desempeño.

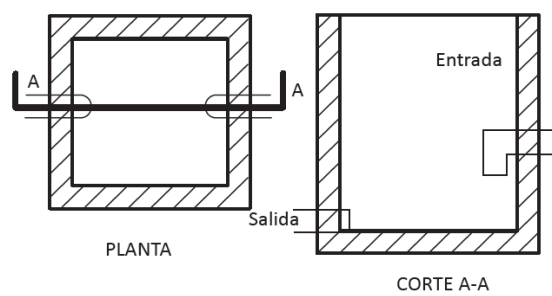


Figura 9: Caja de aforo

Fuente: Servicentro Martínez

3.3 Generación de volumen de agua residual

En la tabla 23 se presenta el volumen en m³ de agua residual proveniente del lavado vehicular, los datos están registrados desde el año 2011 hasta el año 2017 y se aprecian en trimestres. El volumen del agua residual se determinó contabilizando cuantas cisternas de 27m³ utiliza la empresa al día para el lavado vehicular.

Se puede observar una variación en el volumen de agua residual a partir del año 2011, se debe a que la empresa adquirió pistolas con gatillos exclusivas para el lavado de vehículos, estas herramientas de lavado regulan el flujo de agua al momento de realizar el lavado, generando así un ahorro en el consumo de agua.

Tabla 23: Volumen de agua residual durante el periodo 2011-2017.

Año	Trimestre	Volumen(m ³ /trimestre)	Volumen(m ³ /año)
2011	1	7923	34905
	2	5749	
	3	7627	
	4	13606	
2012	1	7215	33955
	2	6440	
	3	8637	
	4	11663	
2013	1	5343	22092
	2	5581	
	3	5569	
	4	5599	
2014	1	6248	36461
	2	7852	
	3	9821	
	4	12540	
2015	1	7890	38851
	2	6874	
	3	12540	
	4	11547	
2016	1	9741	41326
	2	14711	
	3	7897	
	4	8977	
2017	1	10147	38254
	2	11471	
	3	8795	
	4	7841	

Fuente: Servicentro Martínez

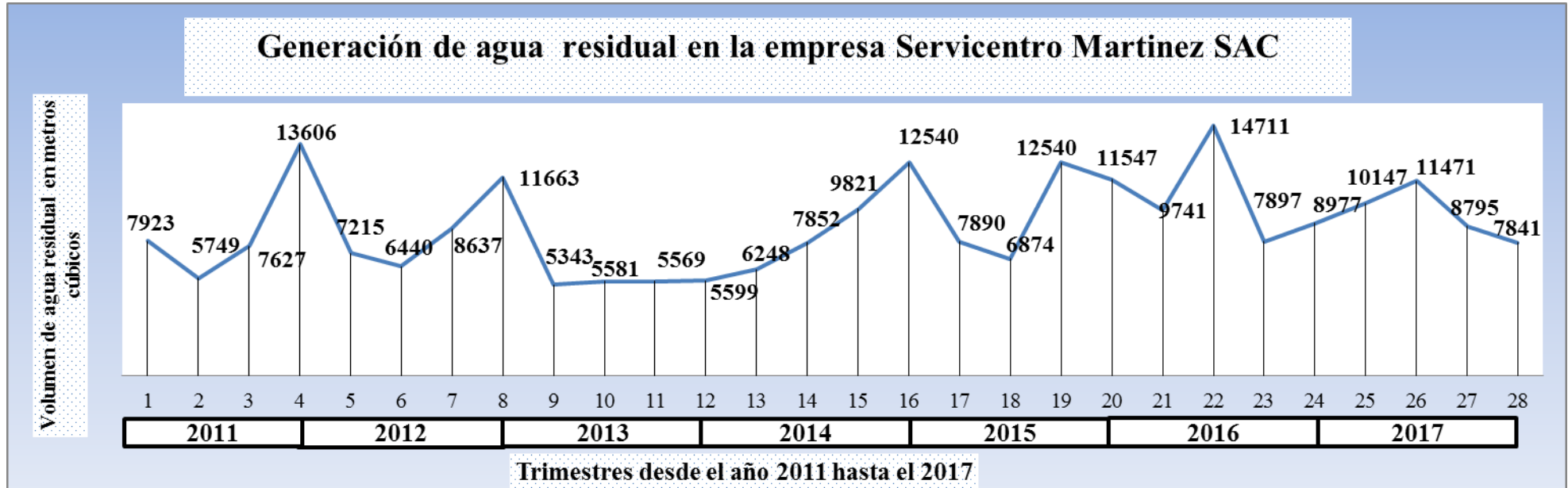


Figura 10: Volumen de agua residual por trimestre.

Fuente: Servicentro Martínez

En la figura 10, podemos observar el comportamiento del volumen de agua residual que genera el lavado de vehículos, existe variabilidad en los consumos trimestrales, llegando a picos elevados, el pico más alto fue en el cuarto trimestre del año 2011 donde se generó 13 606.00 m³ de agua residual. En el año 2013, se observa una baja en la generación de agua residual debido a la adquisición de pistolas con gatillo regulador de caudal, a partir del segundo trimestre del año 2014 se observa un crecimiento debido al crecimiento de la demanda del servicio de lavado y engrase de vehículos en la empresa.

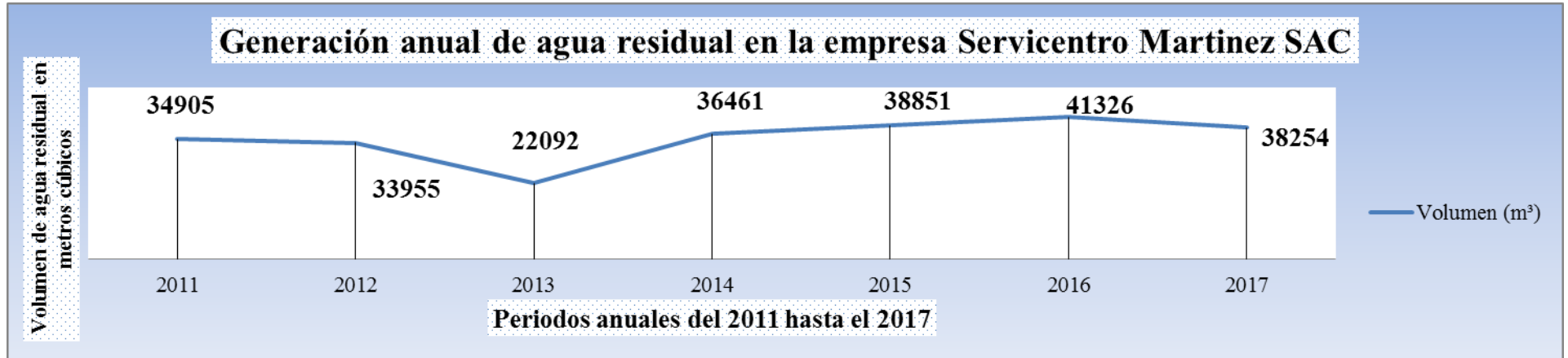


Figura 11: Volumen de agua residual por año.

Fuente: Servicentro Martínez

En la figura 11, se aprecia el comportamiento del efluente en la empresa Servicentro Martínez desde el año 2011 hasta el 2017, el pico más alto fue en el año 2016.

3.4 Proyección del volumen de agua residual

Este comportamiento variable permite determinar el método de proyección a utilizar, el método elegido es suavización exponencial que es ajustada a la tendencia por el Método de Holt, ya que el comportamiento de los datos es disperso y no tienen una sola tendencia, además los resultados arrojados por este método comparándolos con los de otros modelos es el que tiene menos error. Los resultados están presentados y se visualizan en la tabla 24.

Tabla 24: Volumen de agua residual pronosticado desde el año 2018 hasta el 2021.

Año	Trimestre	Volumen de agua residual (m³)	Volumen (m³/año)
2018	1	13439.58	43834.04
	2	11525.70	
	3	11061.02	
	4	7807.73	
2019	1	13541.95	43815.65
	2	11572.83	
	3	10771.01	
	4	7929.86	
2020	1	13655.15	44249.17
	2	11680.94	
	3	10923.61	
	4	7989.47	
2021	1	13728.92	44490.52
	2	11744.64	
	3	10978.40	
	4	8038.56	
2022	1	13785.20	44679.83
	2	11794.11	
	3	11026.59	
	4	8073.93	

Fuente: Servicentro Martínez

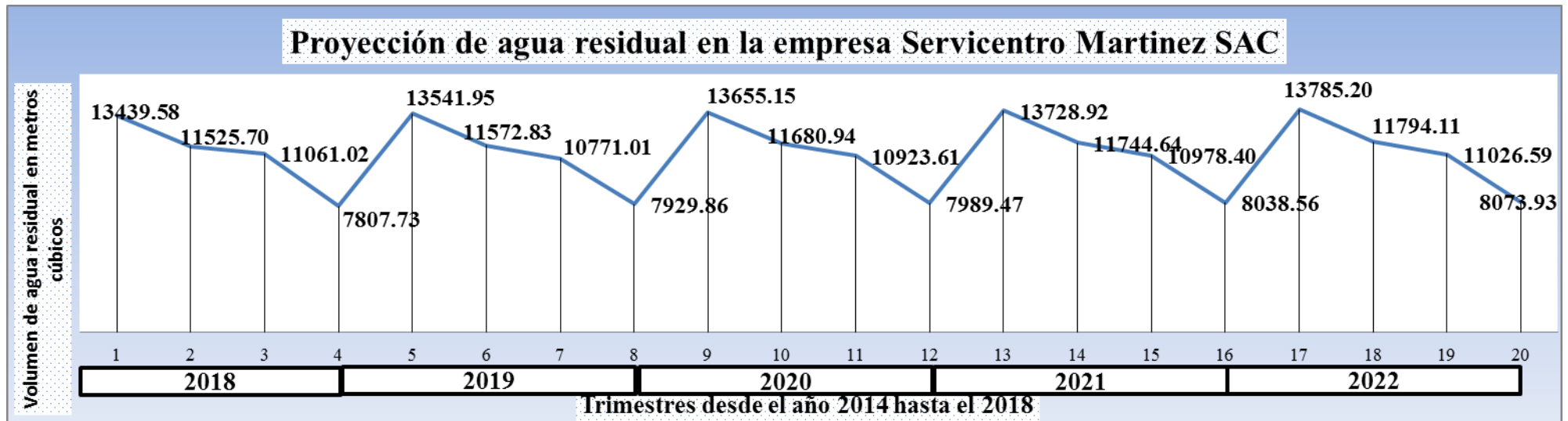


Figura 12: Proyección del volumen de agua residual desde el 2018 hasta el 2022.

Fuente: Servicentro Martínez

En la figura 12 se observa el comportamiento de la variable volumen de las aguas residuales, la variabilidad es una característica de esta proyección y tiene similitud con la data histórica de la empresa y además los picos elevados y bajos de generación de agua residual, permiten saber en qué trimestres se generará volúmenes altos y bajos de agua residual.

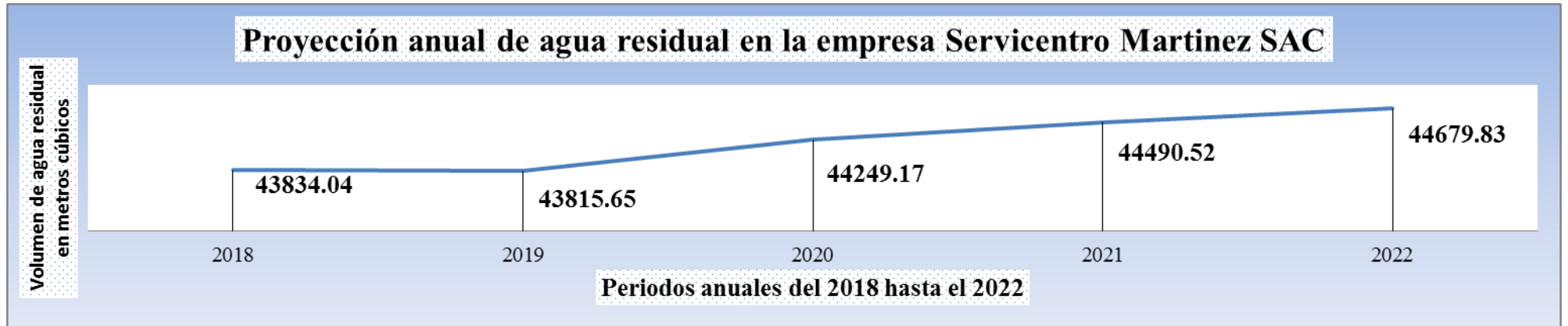


Figura 13: Proyección del volumen de agua residual en el periodo 2018-2022.

Fuente: Servicentro Martínez

El valor máximo obtenido es el de 44 679,83 m³, este valor será el punto de partida para el análisis del balance de materia y para el posterior dimensionamiento de los equipos y maquinarias del sistema de tratamiento de agua residual.

3.5. Situación actual de la calidad del agua residual de la empresa

3.5.1 Objetivo del muestreo

El objetivo consistió en diagnosticar la situación actual de la calidad del agua residual proveniente del lavado de vehículos en la empresa Servicentro Martínez S.A.C, el muestreo consiste en un proceso analítico práctico donde se realizó varias determinaciones características del agua residual. Se realizó el muestreo del agua residual antes, durante y después de la operación del lavado y el análisis de los distintos componentes se realizará en el laboratorio de EPSEL y en laboratorio de la UNPRG.

3.5.2 Selección del sitio de muestreo

La toma de muestras se realizó en el área de lavado de vehículos, para tener conocimiento de las características del agua durante y después del lavado se realizó distintas muestras en distintos puntos, el primer punto se realizará en las canaletas para determinar las características durante la operación de lavado y el segundo punto de toma de muestra será en la descarga de la caja de aforo con la finalidad de conocer la calidad del agua que es vertida al alcantarillado de servicio público.

Se considero los siguientes criterios para su selección:

- **Identificación:** Los lugares o puntos seleccionados fueron identificados y reconocidos claramente de tal manera que permita su ubicación exacta en las muestras o posibles muestras futuras.

A continuación, se explica detalladamente el proceso de toma de muestra de agua residual:

-Canal de lavado

Se realizó en las canaletas donde fluye el agua residual, para determinar la calidad del agua inmediatamente esta es utilizada. En la figura 14 se presenta este punto de muestreo.

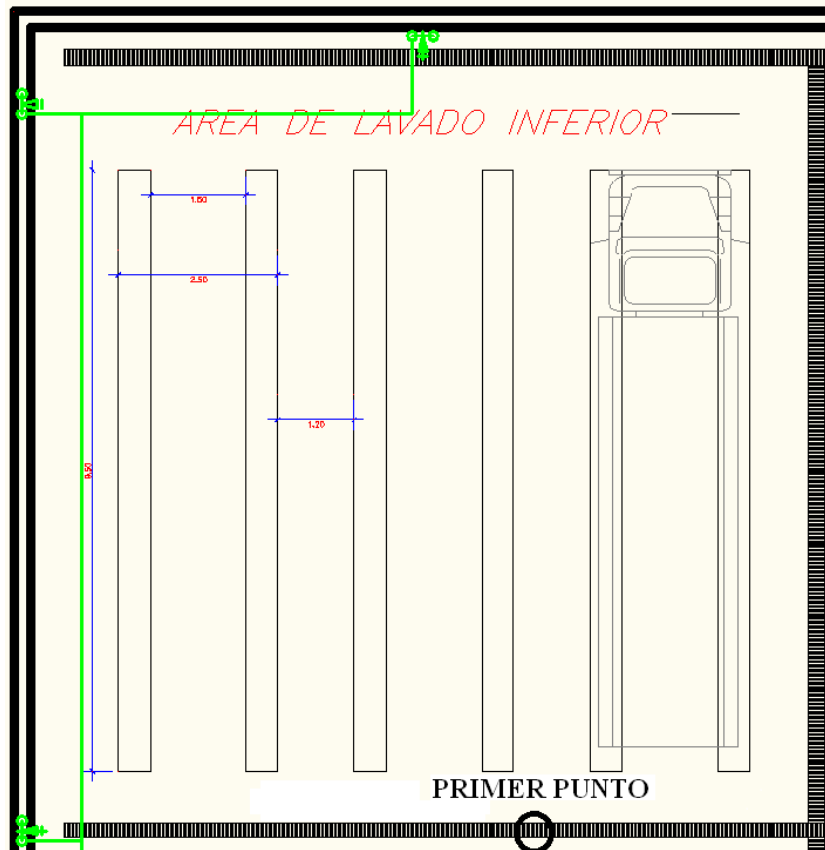


Figura 14: Representación gráfica del primer punto de muestreo
Fuente: Propia

-Caja de aforo

La toma de muestra se realizó en la caja de aforo del vertimiento al alcantarillado para tener conocimiento del agua residual que se está vertiendo. En la figura 15 se observa el punto donde se tomó la muestra, este punto se encuentra en la caja de aforo.

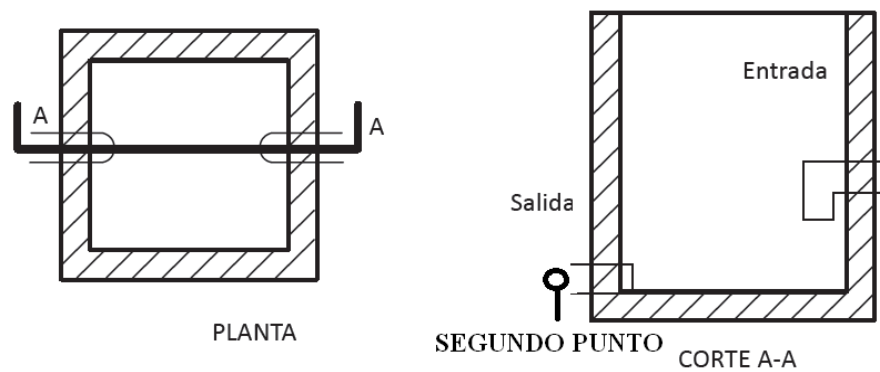


Figura 15: Representación gráfica del segundo punto de muestreo
Fuente: Propia

- **Accesibilidad:** Los puntos de muestreo deben tener un acceso que sea seguro.
- **Representatividad:** Las muestras se tomaron durante y después de la operación de lavado lo cual sirvió para el diagnóstico de la calidad y caracterización del agua residual.

3.5.3 Registro de datos de campo

Para cada muestra proporcionada por EPSEL, que se utiliza para el seguimiento, se utiliza un formulario de registro de campo, que debe adjuntarse al informe técnico elaborado por el especialista de esta identidad, que contiene la siguiente información: código del punto de muestreo, origen, fuente, descripción clara y precisa del lugar de muestreo, hora y fecha de muestreo, ciudad, distrito, región y departamento, datos personales de la persona que tomó la muestra.

3.5.4 Duración del muestreo

La toma de muestras en el canal de lavado se realizó en 30 min y en la caja de aforo se llevó a cabo en 25 min.

3.5.5 Tipo de muestreo

Las muestras son de tipo simples.

3.5.6 Volumen de la muestra

Se utilizaron dos tipos de envases, de vidrio y polietileno, el primero para el análisis microbiológico y el segundo para en análisis fisicoquímico, para la toma de la muestra se utilizaron estos envases con una capacidad de 1L.

3.5.7 Aislamiento y transporte de envases y preservación

Al instante de realizar el muestreo, los envases fueron debidamente identificados y se utilizó un depósito hermético llamado cooler para el depósito de las muestras.

Se tomará en cuenta la realización de un plan de seguridad tal como se muestra en el anexo, para la debida preservación de cada muestra ya que serían

transportadas al laboratorio de la entidad pública EPSEL y en el laboratorio de análisis de la facultad de ingeniería química de una universidad (UNPRG).

3.5.8 Caracterización del agua residual

Para caracterizar el agua residual del lavado vehicular se realizó exámenes fisicoquímicos y microbiológicos en dos puntos distintos y los resultados se presentan a continuación:

- **Resultados en el canal del lavado:**

En la tabla 25 se presenta los resultados de los exámenes fisicoquímicos y microbiológicos de los parámetros y cargas contaminantes en la empresa Servicentro Martínez SAC, de izquierda a derecha, en la primera columna se describe los parámetros que se analizaron, en la segunda los resultados promedios de las tres muestras que se realizaron y en la última se visualizan los valores que se deben tomar en cuenta para la reutilización de agua en el lavado vehicular.

Tabla 25: Características del agua en canal de lavado.

Parámetros	Valores del análisis	Valores para la reutilización
pH	7,4	7,3
DBO ₅ , mg/L	1654,7	60
DQO, mg/L	2144,3	80
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES, mg/L	600	20
ACEITES Y GRASAS, mg/L	149,7	25

Fuente: Servicentro Martínez

- **Resultados en la caja de aforo:**

En la tabla 26 se muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de los parámetros y cargas contaminantes en la empresa Servicentro Martínez SAC, de izquierda a derecha, en la primera columna se describe los parámetros que se analizaron, en la segunda columna se presentan los resultados y en la tercera columna se observan

los límites máximos permisibles del alcantarillado público según el ministerio del ambiente peruano.

Los resultados de los análisis muestran que en el parámetro de pH si cumple con la descarga, y para los parámetros de DBO₅, DQO, SST, ACEITES Y GRASAS la descarga está por sobre el patrón ambiental vigente, es decir no cumple con la norma para una descarga.

En tabla 26 se observa que el sistema de tratamiento que tiene implantada la empresa no cumple con respecto a los LMP propuestos por la norma técnica ambiental dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

Tabla 26: Características del agua en la caja de aforo.

Parámetros	Valores del análisis	LMP de descarga al alcantarillado público
pH	8,19	5 - 9
DBO ₅ , en mg/L	1178	250
DQO, en mg/L	1940	500
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES, en mg/L	300	220
ACEITES Y GRASAS, mg/L	125,3	100

Fuente: Servicentro Martínez

Comparando los valores de las tablas 25 y 26, se pueden obtener como resultado los porcentajes de remoción por etapa del actual sistema de tratamiento de la empresa Servicentro Martínez SAC aplicando la siguiente fórmula:

$$Ingreso \times \left(1 - \frac{\% \text{ de remocion}}{100}\right) = Salida \quad \text{(Ecuación N°4)}$$

% de DBOs:

$$1654,7 \frac{mg}{l} \times \left(1 - \frac{X}{100}\right) = 1178 \frac{mg}{l}$$

$$X = 28,21\%$$

% de DQO:

$$2144,3 \frac{mg}{l} \times \left(1 - \frac{X}{100}\right) = 1940 \frac{mg}{l}$$

$$X = 9,53\%$$

% de SST:

$$600 \frac{mg}{l} \times \left(1 - \frac{X}{100}\right) = 300 \frac{mg}{l}$$

$$X = 50\%$$

% de Aceites y grasas:

$$149,7 \frac{mg}{l} \times \left(1 - \frac{X}{100}\right) = 125,3 \frac{mg}{l}$$

$$X = 16,30\%$$

3.6 Determinación del sistema de tratamiento

Se hizo una investigación acerca de los diversos tratamientos de aguas residuales provenientes del lavado vehicular, y se procedió a evaluar cuáles son los adecuados, teniendo en cuenta como criterio para evaluar y seleccionar, las características conseguidas de las aguas residuales de esta empresa, la factibilidad técnica y la alternativa de reutilización.

Para la determinación del sistema a emplear se tomó en cuenta los datos promedios y máximos de las variables estudiadas, se describen las tecnologías de tratamiento de aguas residuales en el lavado vehicular para evaluar cuál es la más recomendable y se tendrá en consideración las especificaciones técnicas de la Norma Peruana OS.09.

3.6.1 Tratamiento preliminar o pretratamiento

Este tratamiento es la separación de cuerpos de gran tamaño (sólidos suspendidos), estos cuerpos son los residuos generados en el lavado vehicular tales como botellas, pernos, tuercas, retazos de franelas, cartones, piedras, etc. con la finalidad de poder proteger todos los equipos posteriores. Los equipos de tratamiento primario que se pueden usar en el tratamiento de aguas residuales municipales son tamices, descalcificadores y desengrasadores.

A. Cribado

Según la Norma Peruana OS.09 las cribas tienen un carácter obligatorio de uso en toda planta de tratamiento así sea en las más simples.

Preferiblemente, se hicieron cribas de limpieza manual a menos que la proporción de material cribado ameritara una limpieza mecánica.

En las cribas el diseño incluye:

Una plataforma de operación y desagüe de las cribas con rieles de pie.

Iluminación para operación nocturna.

Espacio suficiente para el almacenamiento intermedio de los cribados en condiciones higiénicas ideales.

Solución técnica para el almacenamiento final de los cribados.

Las compuertas elementales para poner fuera de funcionamiento o controlar cualquier de las unidades.

Los siguientes puntos se tuvieron en cuenta al diseñar las pantallas de rejilla:

Barras rectangulares de 5 a 15 mm de espesor y 30 a 75 mm de ancho. Las magnitudes dependen de la longitud de las varillas y del mecanismo de limpieza.

La distancia entre barras es de 20 a 50 mm.

Las magnitudes y distancias entre las barras se eligieron de modo que la velocidad del canal frente a las barras y a través de ellas sea ideal. La velocidad a través de las varillas limpias aún debe estar entre 0,60 y 0,75 m/s (basado en el flujo máximo por hora). Las velocidades deben verificarse para el caudal volumétrico mínimo, medio y máximo.

Una vez definidos los órdenes de magnitud, se calculó la velocidad del canal frente a las barras, que aún debe estar entre 0,30 y 0,60 m/s, siendo 0,45 m/s un valor comúnmente utilizado.

El ángulo de inclinación de las barras de las cribas de limpieza manual es de 45 grados con respecto a la horizontal.

B. Desarenado

Según la Norma Peruana OS.09 la instalación de desarenadores es de carácter obligatorio en las plantas que cuenten con sedimentadores. El desarenador es de limpieza manual, sin incorporar mecanismos, del tipo flujo horizontal, diseñado como canal de forma alargada y de sección rectangular.

El desarenador se utiliza para retirar las partículas con un diámetro medio igual o superior a 0,20 mm, para lograr este efecto se controla el caudal y se mantiene en torno a 0,3 m/s con una tolerancia del +20%. La tasa de aplicación está entre 45 y 70 m³/m²/h y debe verificarse para las condiciones del sitio y el flujo horario más alto. A la salida y entrada del desintegrador de arena había al menos un largo adicional a cada lado, que correspondía al 25% del largo teórico.

El desarenador o trampa de arena de limpieza manual tiene puertas integradas para mantener a las personas fuera de las unidades. El tamaño de la parte destinada a almacenar arena se determina de acuerdo con la funcionalidad de la porción de material prevista y la frecuencia de limpieza deseada. La frecuencia como mínimo debe ser una vez en cada semana.

C. Desengrasado

Según la Norma Peruana IS. 020 y la entidad de SEDAPAL las trampas de grasas se deben instalar en el sistema de alcantarillado de estaciones de servicio, centros de servicio de automóviles y otras instalaciones donde existe el riesgo de ingreso accidental o intencional de aceite y otros lubricantes en el sistema a las redes de alcantarillado.

El separador de grasas tiene dos partes, las cuales están separadas por una rejilla que evita que los sólidos puedan pasar. En la cámara más grande, donde el líquido se encuentra con los sólidos disueltos, el aceite se separa porque es más liviano que el agua. El agua sin grasa y sin aceite fluirá desde la segunda cámara. El separador de grasas tiene las siguientes características:

La parte inferior del codo de acceso se extiende 0,15 m por debajo del nivel del líquido.

La diferencia de grados entre la tubería de entrada y salida es inferior a 0,05 m.

La parte saliente del dispositivo de salida deja una luz independiente para la ventilación a no más de 0,05 m por debajo del nivel de la losa del techo.

La parte inferior de la tubería de salida se encuentra a una distancia no inferior a 0,075 m y no superior a 0,15 m del fondo.

El espacio por encima del nivel del líquido y la parte inferior de la tapa es de al menos 0,30 m.

La trampa de grasas tiene forma de tronco de cono o de pirámide invertida con una pared vertical en el lado de salida. El área de la base horizontal es de 0,25 x 0,25 m por lado o 0,25 m de diámetro. Y el lado inclinado tiene una inclinación de 45° a 60° con respecto a la horizontal.

La trampa de grasa y el compartimento de almacenamiento de grasa quedan conectados por un vertedero, que debe estar a una altura de 0,05 m sobre el nivel del agua. El mayor volumen de la trampa de grasa es 1/3 del volumen total de la trampa de grasa.

3.6.2 Tratamiento primario.

El propósito del procedimiento primario es eliminar los contaminantes orgánicos e inorgánicos que forman sedimentos para minimizar la carga del procedimiento biológico. Las aceras removidas en el proceso son tratadas antes de su disposición final.

A. Sedimentación primaria.

Esta instalación se ubica rápidamente aguas abajo de la cámara de celosía y permite retener los sólidos en suspensión no inorgánicos más pequeños aptos para verter (mayores de 0,2 mm), tales como finos, arena u otros factores inertes que no son retenidos en la cámara de rejillas.

Se realiza en tanques sedimentadores cuyas dimensiones serán calculadas por el flujo de agua residual que se va a tratar y se debe tomar en cuenta el flujo máximo horario esperado.

El equipo diseñado tiene como función básica lograr sedimentar los sólidos lodos suspendidos, presentes en el agua del lavado de vehículos y de la limpieza de los pisos de la estación de servicio.

Con especificaciones brindadas por la Norma Peruana OS.09 el tanque de sedimentación no presenta equipos mecánicos y de forma rectangular, el cual tiene varias tolvas.

La inclinación de las paredes de las tolvas es de 60° con respecto a la horizontal, y para el diseño del tanque de sedimentación se tomaron los siguientes criterios:

Los canales de repartición y entrada a los tanques son diseñados para el caudal máximo horario.

El periodo de retención nominal esta entre 1,5 a 2,5 horas.

La relación largo/ancho debe estar entre 3 y 10 y la relación largo/profundidad entre 5 y 30.

La carga hidráulica en los vertederos esta entre 125 a 500 m^3/d por metro lineal (recomendable 250), establecido en el caudal máximo de diseño.

3.6.3. Tratamiento secundario.

Degradación biológica y potencial en aguas residuales. Por lo tanto, si la relación DBO_5/DOQ es inferior a 0,2, los valores entre 0,2 y 0,4 son biodegradables, y los valores superiores a 0,4 indican agua altamente biodegradable, entonces el agua no es altamente biodegradable. La empresa tiene un coeficiente de 0,82, lo que indica que el agua tratada es altamente biodegradable.

Para selección el idóneo tratamiento secundario se aplicó lo siguiente:

3.6.3.1. Filtros biológicos

Sistemas que utilizan reactores donde el agua residual entra en contacto con microorganismos que se encuentran inmovilizados en un área. Sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales donde la oxidación ocurre por medio de circulación, a través de medios porosos o materiales de soporte, aire y aguas residuales. Los microorganismos permanecen inmóviles en el área congestionada debido al contacto con el viento y el agua a ensayar, formando bandas o capas con los microorganismos específicos de cada agua a ensayar. Allí se produce el intercambio de oxígeno y óxidos, es decir, la reducción con materia orgánica.

Cualquier líquido que pruebe atravesará la cinta en esa área. La materia orgánica y otros nutrientes se difunden, proporcionando alimento para el crecimiento microbiano junto con el oxígeno del viento. En el interior, la difusión de oxígeno se vuelve más complicada y hay dos regiones, aeróbica y anaeróbica.

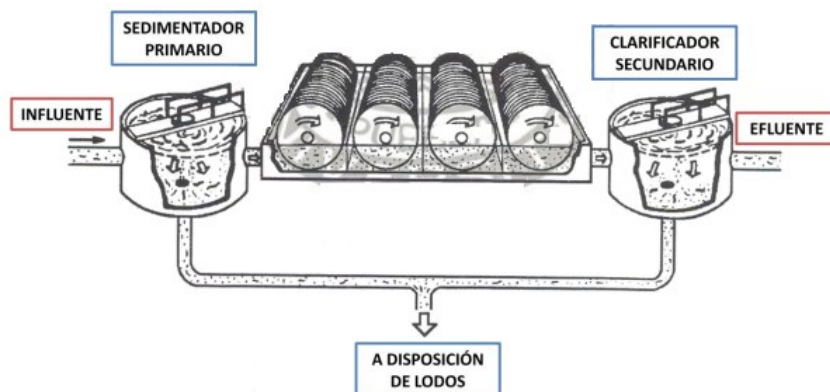


Figura 16: Representación gráfica de un sistema de filtros biológicos
Fuente: Menéndez [14]

3.6.3.2. Pozas de oxidación

Son excavaciones poco profundas donde se llevan a cabo poblaciones microbianas compuestas por bacterias, algas y protozoos (que concuerdan de manera simbiótica) y eliminan de forma natural los patógenos involucrados con heces humanas, suspensiones duras y materia orgánica.

La eficiencia de las lagunas anaeróbicas es relacionada a la temperatura y el tiempo de retención como se ve en la siguiente tabla:

Tabla 27: Relación en lagunas de estabilización

Temperatura, °C	TRH, días	Remoción de DBO, %
10-15	4-5	40-50
15-20	2-3	50-60
20-25	1-2	60-70
25-30	1-2	80-96

Fuente: Rigola [24]

3.6.3.3 Lodos activados.

Un proceso de tratamiento en el que las aguas residuales y los lodos biológicos (microorganismos) se mezclan y airean en un tanque llamado reactor. Los flocúlos biológicos que se forman en este proceso se depositan en tanques de sedimentación, desde donde son reciclados al tanque de aireación o reactor.

En este proceso, los microorganismos se mezclan completamente con la materia orgánica del agua residual para que funcionen como sustrato alimentario. Es importante señalar que el mezclado o agitación se realiza por medio de un soplador superficial mecánico o sumergido, el cual tiene una doble función: brindar un mezclado completo y oxigenar el medio para que desarrolle el proceso.

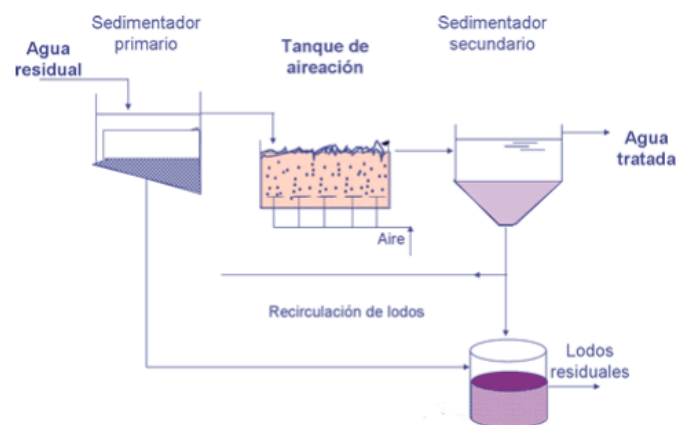


Figura 17: Representación gráfica de un sistema de lodos activados

Fuente: Menéndez [14]

3.6.4. Selección del sistema de tratamiento secundario.

Para la selección se considera a usar el procedimiento de factores ponderados, ya que esta técnica nos permite elegir la mejor tecnología de entre las posibilidades seleccionadas, se debe establecer el orden de prioridad de los componentes. Luego define un procedimiento de estudio que acuerda combinar los componentes para hacer una elección.

A. Factores predominantes:

En la tabla 28 se presenta una lista de factores según las características analizadas en las tecnologías para el tratamiento de agua residual del lavado de vehículos:

Tabla 28: Lista de factores para la evaluación de tecnología.

FACTOR EVALUADO	COMENTARIOS
Tipo de materia prima	La materia disponible en la Empresa Servicentro Martinez SAC es el agua residual proviente del lavado vehicular.
Eficiencia de separación.	El agua a reutilizar debe estar libre de particulas, aceites y grasas.
Costos.	El analisis costo beneficio de la propuesta debe de ser positivo. Para que la empresa pueda ahorrar tanto en la etapa de inversion, operación y mantenimiento.
Residuos generados.	Los residuos formados sean de facil manejo y disposcion final
Disponibilidad de tecnología	La construcción del sistema no debe ser compleja y tampoco debe estar en un área de difícil acceso.
Requerimiento de área.	La empresa Servicentro Martinez en el presente cuenta con una superficie extensa para la propuesta del sistema.
Producto apto para reutilización	El agua tratada sirva para la utilizacion en la operación del primer lavado
Vida útil	En un intervalo de 20-25 años
Operación y mantenimiento	Operación y mantemiento simple.

Fuente: Propia

A= Tipo de materia prima

B= Eficiencia de separación.

C = Costos.

D= Residuos generados.

E = Disponibilidad de tecnología.

B. Escala de calificación:

En la tabla 29 se observan las calificaciones establecidas en cada factor predominante de las tecnologías y el puntaje respectivo para cada una, como criterio para identificar y seleccionar cuál será el tratamiento que más se asemeje a la necesidad.

Tabla 29: Escala de Calificación

Escala	Puntaje
Excelente	10
Muy Buena	8
Buena	6
Regular	4
Mala	2

Fuente: Propia

C. Ponderación para los factores:

En tabla 31 se confrontan los factores con la finalidad de obtener las ponderaciones para cada uno. Para cada factor se utiliza la escala de puntuación expuesta en la tabla 29, cada puntuación se multiplica por los ponderados de cada factor para sumar la calificación de cada una de las tecnologías utilizadas para la reutilización de agua residual. Dichas calificaciones se mostrarán en la tabla 32.

Tabla 30: Ventajas y desventajas de las alternativas de tratamiento secundario

Tipo de tratamiento	Ventajas	Desventajas
Filtros biológicos	<p>Altas eficiencias de remoción, 80% - 85%, sólidos en suspensión y microorganismos, 95 %-99%</p> <p>Efluente parcialmente nitrificado</p> <p>Efluentes para reúso agrícola</p> <p>Menos requerimiento de equipo electromecánico</p>	<p>Elevados costos por obra civil, equipamiento y operación</p> <p>Mayor capacitación para operadores</p> <p>Producción de lodos inestables</p>
Lagunas de estabilización	<p>Altas eficiencias de remoción 85%-95% sólidos en suspensión y microorganismos 98%-99.5%</p> <p>Costos bajos por obra civil</p> <p>Costos bajos de operación y mantenimiento</p> <p>Capacitación nula de operadores</p>	<p>Requiere grandes extensiones de terreno</p> <p>Puede despedir olores indeseables</p>
Lodos activados	<p>Lodos parcialmente estabilizados</p> <p>Altas eficiencias de remoción 88%-99% sólidos en suspensión y microorganismos 99%-99.5%</p> <p>Fácil de estabilizar durante arranque</p>	<p>Altos costos por la obra civil y el equipamiento</p> <p>Altos costo de operación y el respectivo mantenimiento</p> <p>La capacitación para operadores debe ser mayor</p> <p>Necesita un área de depósito para los lodos residuales</p>

Fuente: Propia

Tabla 31: Confrontación de los factores predominantes.

Factores	A	B	C	D	E	F	H	I	J	Total	Ponderado
A	X	1	1	1	1	1	1	1	1	8	13%
B	1	X	1	1	1	1	1	1	1	9	14%
C	1	1	X	1	1	1	1	1	1	9	14%
D	0	0	0	X	0	1	0	0	1	3	5%
E	1	1	1	1	X	1	1	1	1	9	14%
F	1	1	1	1	1	X	1	1	1	9	14%
G	1	1	1	1	1	1	X	1	1	9	14%
H	0	0	0	0	0	1	1	X	1	4	6%
I	0	0	0	0	1	0	0	1	X	3	5%
Total										63	100%

Fuente: Propia.

Tabla 32: Calificación de las tecnologías para lavado de vehículos.

TECNOLOGIA		Filtros biológicos		Lagunas de estabilización		Lodos activados	
FACTORES	PONDERACION	CALIFICACION	PUNTAJE	CALIFICACION	PUNTAJE	CALIFICACION	PUNTAJE
Tipo de materia prima	13%	10	1.27	10	1.27	10	1.27
Eficiencia de separación	14%	6	0.86	6	0.86	10	1.43
Costos	14%	8	1.14	6	0.86	8	1.14
Residuos generados	5%	4	0.19	8	0.38	10	0.48
Disponibilidad de tecnología	14%	8	1.14	6	0.86	8	1.14
Requerimiento de área	14%	8	1.14	8	1.14	8	1.14
Producto para la reutilización	14%	6	0.86	8	1.14	8	1.14
Vida útil	6%	8	0.51	6	0.38	8	0.51
Operación y mantenimiento	5%	8	0.38	6	0.29	8	0.38
TOTAL		7.56		7.17		8.63	

Fuente: Propia.

De acuerdo con los resultados obtenidos de la ponderación, la tecnología para el tratamiento secundario de agua residuales del lavado vehicular y que obtuvo la mayor puntuación es la laguna de estabilización, siendo esta la más apropiada y la que se adecua de la mejor manera a los factores mencionados para el proyecto.

3.7. Diagrama de procesos

Con la descripción de los procesos anteriormente para el sistema de tratamiento de aguas residuales del lavado vehicular, a continuación, en la figura 18 se presenta el proceso general del sistema de tratamiento propuesto en la empresa y sus respectivas salidas.

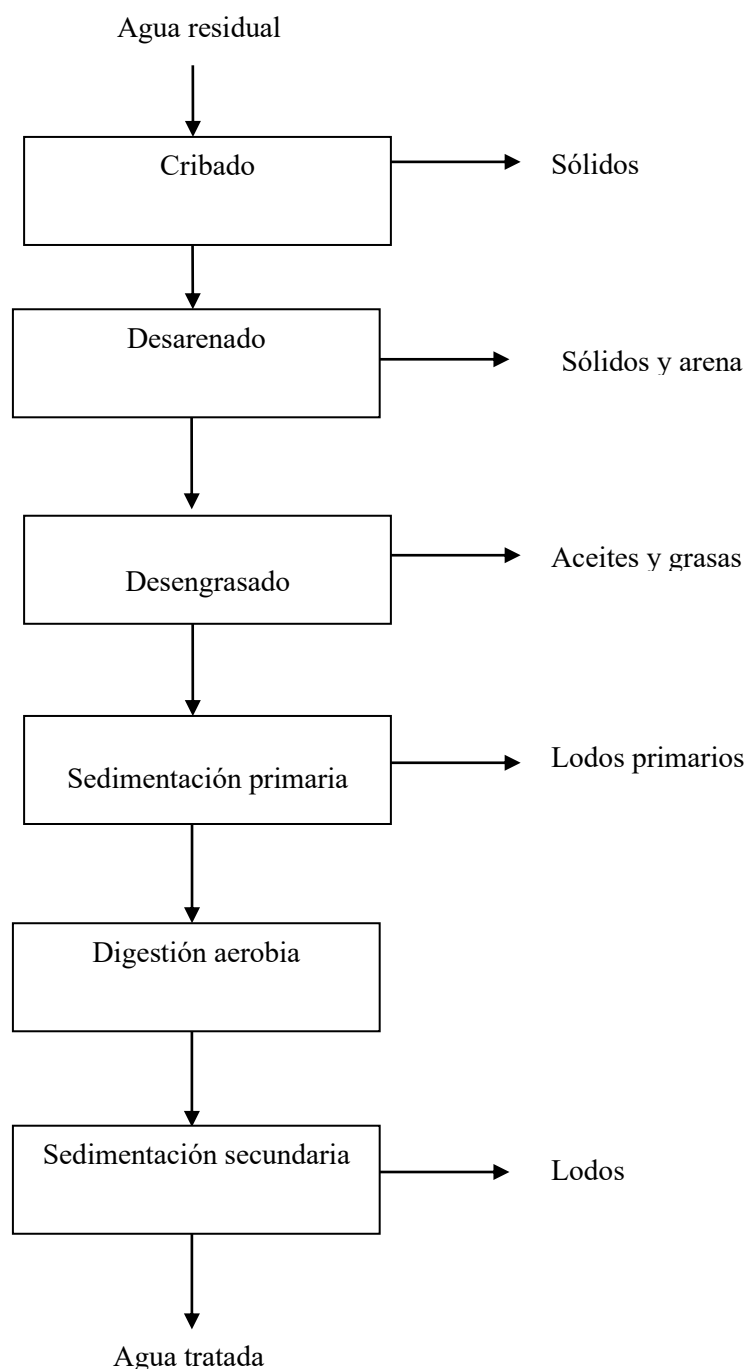


Figura 18: Diagrama de flujo del tratamiento de agua residual vehicular
Fuente: Propia

3.8. Diagrama de flujo de operaciones

En la figura 19 se presenta el diagrama de flujo de las operaciones para el sistema de tratamiento de agua residual con las 4 operaciones y en la tabla 27 se muestra el resumen de las operaciones.

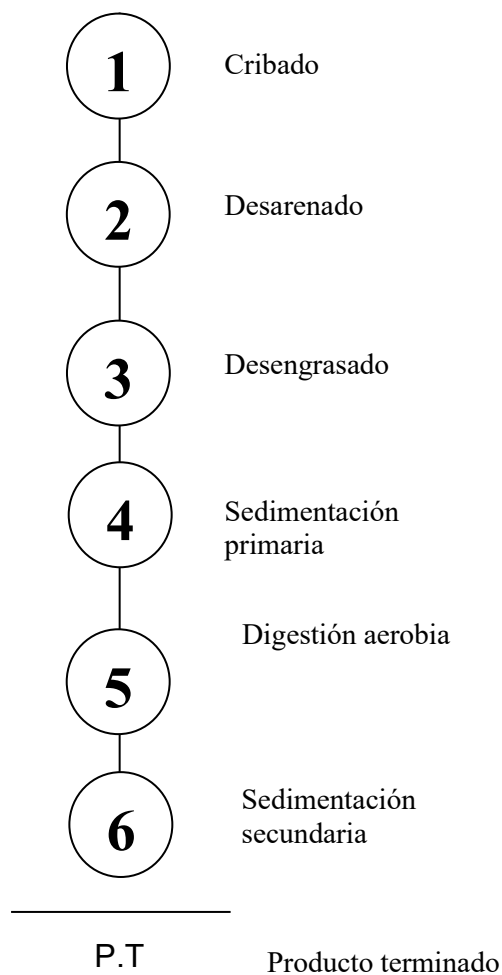


Figura 19: Diagrama de flujo de operaciones

Fuente: Propia

Tabla 33: Resumen de actividades del sistema de tratamiento de agua residual

Símbolo	Resumen	Cantidad
○	Operaciones	6
Total		5

Fuente: Propia

3.9. Diagrama de flujo en bloques del proceso de tratamiento de aguas residuales

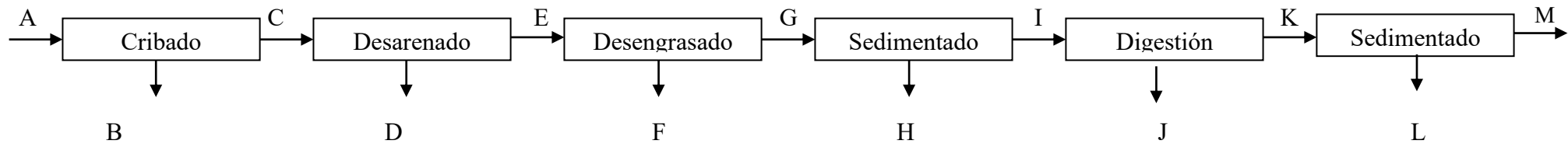


Figura 20: Diagrama de bloque de operaciones

Fuente: Propia

- A: Agua residual
- B: Sólidos gruesos
- C: Agua residual
- D: Sólidos finos
- E: Agua residual
- F: Aceites y grasas
- G: Agua residual
- H: Lodos
- I: Agua residual
- J: Lodos
- K: Agua residual
- L: Lodos
- M: Agua tratada

3.10. Balance de materia en el sistema

Se procedió con el balance de materiales previamente establecido el diagrama de flujo en bloques del proceso de tratamiento de aguas residuales vehiculares, donde se observa a detalle el intercambio de materiales al que es sometido el agua en cada proceso y también como proceso a proceso los parámetros son disminuidos, para ello se considera los datos siguientes:

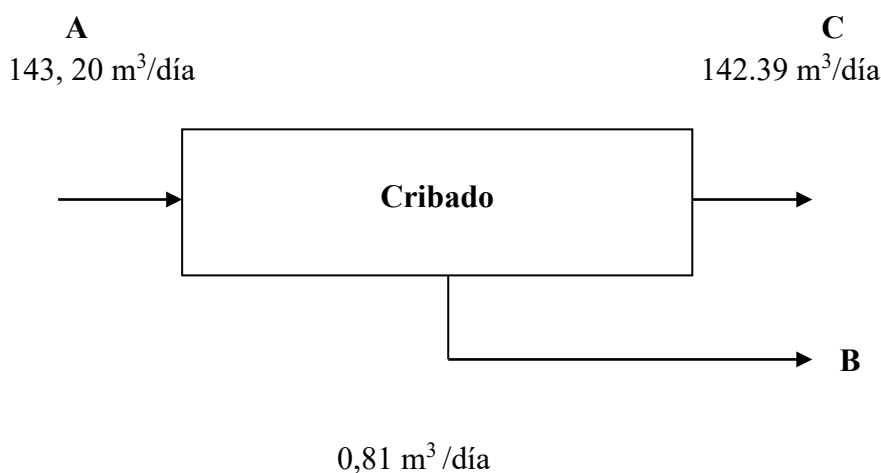
-Caudal del agua residual en el año 2022: $44679,83 \text{ m}^3$ (dato obtenido de la proyección de agua residual).

-Se tomó a en cuenta 312 días /año en la operación del sistema de tratamiento de aguas residuales, ya que este valor equivale a los días de funcionamiento de la empresa Servicentro Martínez SAC por ende será la misma cantidad de días de funcionamiento del sistema de tratamientos de las aguas residuales.

-El flujo de agua residual a tratar es de $143,20 \text{ m}^3/\text{día}$ valor que resulta de dividir el caudal anual de $44679,83 \text{ m}^3$ y los 312 días de operación, el flujo diario nos servirá para iniciar el balance de materia.

-Para el balance de materia se tomaron en cuenta datos como el porcentaje de remoción, grados de concentración y otros de acuerdo con estándares encontrados en bibliografía y en la Norma Peruana OS.090 para el tratamiento de aguas residuales industriales.

3.10.1. Balance del cribado



Ecuación general:

$$A = B + C$$

Dónde:

A: Entrada de agua residual

B: Salida de sólidos gruesos

C: Salida de agua residual

- **Efluente A:**

El efluente A es el caudal diario máximo proyectado

$$Q = 143,20 \frac{m^3}{día}$$

$$A = 143,20 \frac{m^3}{día}$$

- **Calculando el efluente B:**

El efluente B hace referencia a los residuos sólidos, para el cálculo se toman datos de la tabla

Tabla 34: Consideraciones del volumen de residuos en el cribado

Espaciamiento entre barras, cm	Cantidad de humedad %	Peso específico kg/m ³	Volumen de residuos del tamizado por volumen de agua residual m ³ /m ³	Valor usual del volumen de residuos del tamizado por volumen de agua residual m ³ /m ³
1,27	60-90	642-1091	4,03 x 10 ⁻⁴ - 8,05 x 10 ⁻⁴	5,64 x 10 ⁻⁴
2,54	50-80	642-1091	1,61 x 10 ⁻⁴ - 4,03 x 10 ⁻⁴	2,42 x 10 ⁻⁴
3,81	50-80	642-1091	8,05 x 10 ⁻⁵ - 1,61 x 10 ⁻⁴	1,21 x 10 ⁻⁴
5,08	50-80	642-1091	2,42 x 10 ⁻⁵ - 1,21 x 10 ⁻⁴	6,04 x 10 ⁻⁵

Fuente: Jiménez [12]

Espaciamiento entre barras de la rejilla: 1,27 cm

El volumen de residuos en el cribado: 5,64 x 10⁻⁴ m³/m³

$$B = 5,64 \times 10^{-3} \frac{m^3 \text{ de residuos sólidos}}{m^3 \text{ de agua residual}} \times 143,20 \frac{m^3 \text{ de agua residual}}{día}$$

$$B = 0,81 \frac{m^3 \text{ de residuos sólidos}}{\text{día}}$$

- **Calculando el efluente C:**

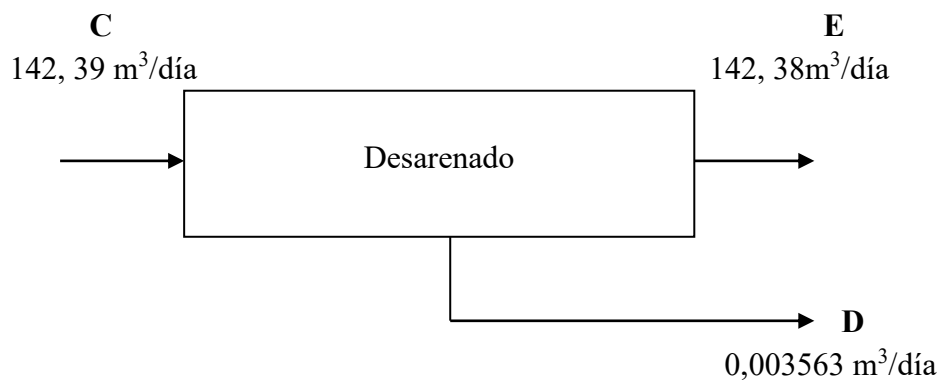
El efluente C resulta de la siguiente formula:

$$C = A - B$$

$$C = 143,20 \frac{m^3}{\text{día}} - 0,81 \frac{m^3}{\text{día}}$$

$$C = 142,39 \frac{m^3}{\text{día}}$$

3.10.2. Balance en la remoción arenas.



Ecuación general:

$$C = D + E$$

Dónde:

C: Entrada de agua residual

D: Salidas de sólidos

E: Salida de agua residual

- **Efluente C:**

El efluente C es el que proviene de la operación del cribado

$$C = 142,39 \text{ m}^3/\text{día}$$

- **Calculando el efluente D:**

Para estimar la cantidad de arena que se va a obtener del desarenador, es necesario calcular la concentración de arenas respecto a la caracterización del agua residual y la relación con la siguiente tabla:

Tabla 35: Concentración de arenas

Concentraciones				
Contaminantes	Unidades	Débil	Media	Fuerte
Sólidos totales	mg/l	350	720	1200
Disueltos totales	mg/l	250	500	850
Fijos	mg/l	145	300	525
Volátiles	mg/l	105	200	325
Sólidos en suspensión	mg/l	100	220	350
Fijos	mg/l	20	55	75
Volátiles	mg/l	80	165	275

Fuente: Metcalf and Eddy [15]

SST=600 mg/l (Valor de la tabla 25)

El parámetro de SST se ubica en una concentración media de sólidos totales, por lo tanto, se escogerá el valor típico propuesto de sólidos en suspensión fijos (arenas) que equivale a 55 mg/l y se obtiene:

Según Metcalf and Eddy [15] 20 mg de sólidos fijos / l es igual a 9,1 cm³/m³

$$SSF = 55 \frac{mg}{l} \times \frac{9,1 \frac{cm^3}{m^3}}{20 \frac{mg}{l}}$$

$$SSF = 25,025 \frac{cm^3}{m^3}$$

Con el SSF, se calcula el volumen de arena:

$$V_a = SSF \times Q$$

Dónde:

SSF: Sólidos en suspensión fijos (mg/l)

Q: Caudal que ingresa al desarenado (m³/día)

$$V_a = 25,025 \frac{\text{cm}^3}{\text{m}^3} \times 142,39 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$V_a = 3563,31 \frac{\text{cm}^3}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{(100 \text{ m})^3}$$

$$V_a = 0,003563 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$D = V_a = 0,003563 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

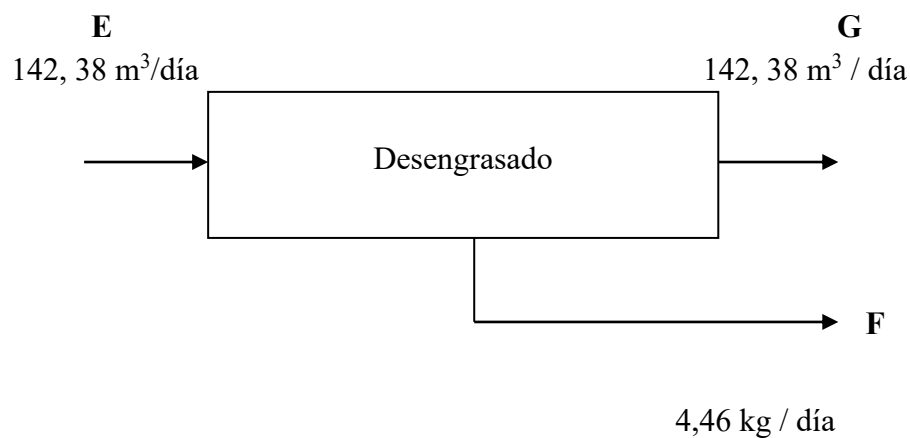
- Calculando el efluente E:

$$E = C - D$$

$$E = 142,39 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} - 0,003563 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$E = 142,38 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

3.10.3. Balance en la remoción de aceite y grasa



Dónde:

E: Entrada de agua residual

F: Salida de aceites y grasas

G: Salida de agua residual

Para esta operación se tomaron en cuenta los siguientes valores promedios obtenidos del muestreo del sistema actual de la empresa, los cuales están en la tabla 25

Datos de partida:

SST=600 mg/l

DBO₅= 1654,7 mg/l

DQO= 2144,3 mg/l

Aceites y grasas=149,7 mg/l

Porcentaje de remoción según (Metcalf and Eddy, 1996)

SST= 25%

DBO= 40%

DQO= 35%

Aceite y grasas= 25%

Parámetros del efluente G

$$SST = 600 \times (1 - 0,25) \frac{mg}{l} = 450 \frac{mg}{l}$$

$$DBO_5 = 1654,7 \times (1 - 0,40) \frac{mg}{l} = 992,82 \frac{mg}{l}$$

$$DQO = 2144,3 \times (1 - 0,35) \frac{mg}{l} = 1393,75 \frac{mg}{l}$$

$$Aceites \ y \ grasas = 149,7 \times (1 - 0,25) \frac{mg}{l} = 112,28 \frac{mg}{l}$$

Efluente E:

El efluente E es el que proviene de la operación del desarenado

E=142,38 m³/día

- **Calculando el efluente F:**

Se remueve un 25 % de aceites y grasas

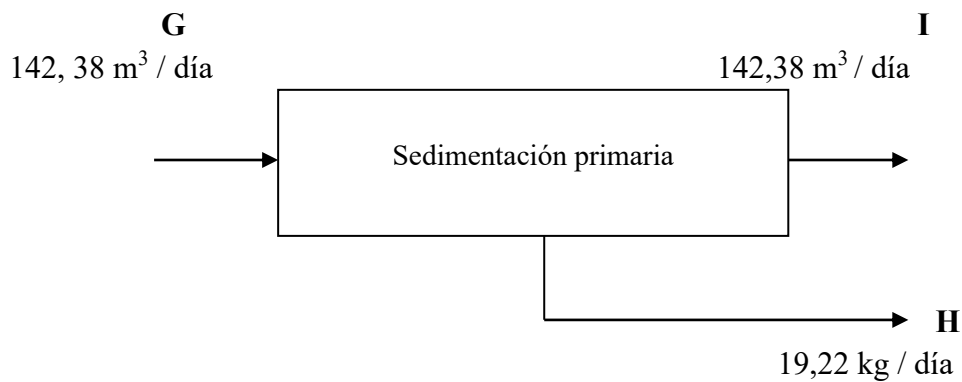
Lo equivale a:

Por lo tanto

$$F = 142,38 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 125,3 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 25 \% \times \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3}$$

$$F = 4,46 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

3.10.4. Balance en la sedimentación primaria



Ecuación general:

$$G = H + I$$

Dónde:

G: Entrada de agua residual

H: Salida de sólidos

I: Salida de agua residual

- **Efluente G:**

El efluente G es el que proviene de la operación del desengrasado

$$G = 142,37 \text{ m}^3 / \text{día}$$

- **Calculando el efluente H:**

Cantidad de lodos producidos: 60% del afluente total

$$H = 142,38 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 225 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 60 \% \times \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3}$$

$$H = 19,22 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Porcentajes de remoción de parámetros

Los porcentajes de remoción son obtenidos de la Norma peruana OS.900 y Metcalf and Eddy [15] los cuales son:

$$\text{SST}=60\%$$

$$\text{DBO}_5=40\%$$

$$\text{DQO}=40\%$$

$$\text{Aceites y grasas}= 25\%$$

Parámetros del efluente I:

$$I = 121,01 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

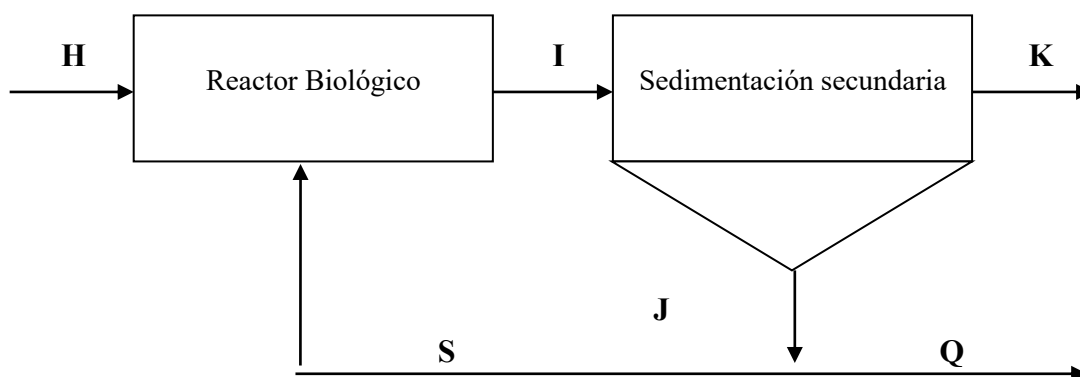
$$\text{SST} = 450 \times (1 - 0,60) \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 180 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$$\text{DBO}_5 = 992,82 \times (1 - 0,40) \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 595,69 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$$\text{DQO} = 1393,75 \times (1 - 0,40) \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 836,25 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$$\text{Aceites y grasas} = 112,28 \times (1 - 0,25) \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 84,21 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

3.10.5. Balance en el tratamiento secundario (Lodos Activados)

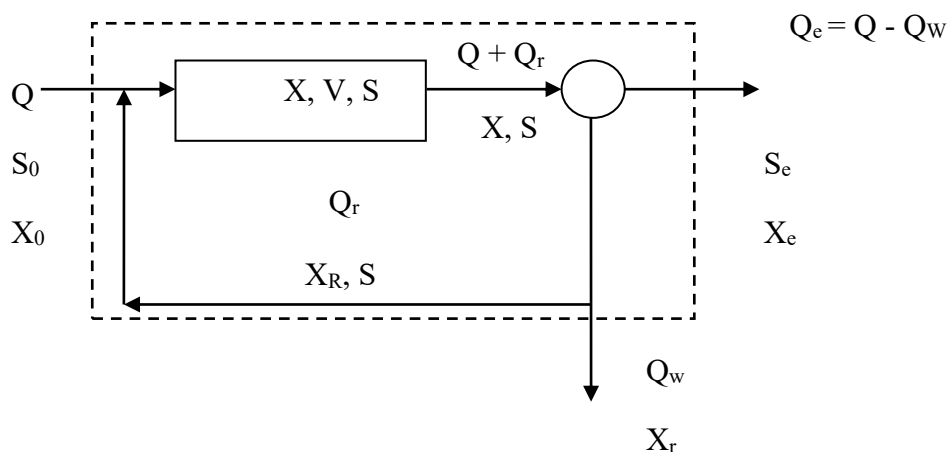


Se calcula un balance de masa basado en los resultados de los SST y no de los SSV es el costo de SS, que juega un papel fundamental en la asimilación y descomposición de la materia orgánica (biomasa activa).

El tipo de reactor utilizado es de mezcla completa y se deben considerar los siguientes puntos:

- Se mezcla bien el contenido del reactor. La concentración (X , S) en el reactor es por tanto igual a la concentración en el efluente del reactor.
- La concentración de la biomasa en el afluente (X_0) es despreciable.
- Estado estacionario, $dX/dt=0$; $dS/dt=0$
- Volumen del reactor es constante.

3.10.5.1. Balance de materia para la producción de biomasa:



Donde:

- Q:** Es el caudal de entrada ($m^3/día$).
- S_0 :** Es el sustrato de entrada (mg/L de DBO).
- X_0 :** Es la biomasa de entrada (mg/L de SS).
- X :** Es la concentración en el reactor o en licor mezclado (mg/L de SST).
- V :** Es el volumen del reactor (m^3).
- S :** Es el sustrato en el reactor (mg/L de DB).
- Q_r :** Es el caudal de recirculación (m^3).
- $Q + Q_r$:** Caudal de entrada + caudal de recirculación, m^3 .
- $Q_e = Q - Q_w$:** Caudal de salida, m^3 .
- Q_w :** Caudal de lodos excedentes o purga, m^3 .
- S_e :** Sustrato de salida, mg/L de DBO.
- X_e :** Biomasa de salida, mg/L de SST.
- X_r :** Biomasa de lodos excedentes o en purga, mg/L SST.

La siguiente ecuación es la de producción de biomasa:

$$Q X_0 + V \frac{dX}{dt} = (Q - Q_w)X_s + Q_w X_w \quad (\text{Ecuación N}^\circ 5)$$

Los datos de concentración de entrada son los obtenidos en el sedimentador primario

H: Q= 142,38 m3/día

Biomasa de entrada (X0) = 180 mg/L= 0,180 kg/m3

Sustrato de entrada (S0) = 595,69 mg/L= 0,595 kg/m3

A. Cálculo del sustrato en el reactor (S):

Se consideraron valores como referencias que los encontramos en la norma peruana OS.090 ver en la tabla 36 y los valores de coeficientes cinéticos que son para procesos de lodos activados en la tabla 37.

Tabla 36: Valores referenciales en la norma peruana OS.090

Valores	Intervalos	Recomendado
Edad del lodo (θ_c) en días	5-15	10
Concentración de SSTA (X). (kg /m ³)	3,0 – 6,0	3,5
Tiempo de retención (θ) en horas	3-5	4
Carga de la masa (kg / DBO ₅ / kg SSTA x día)	0,20 – 0,60	0,5
Tasa de recirculación (%)	25-100	60

Fuente: Norma peruana OS.090

Tabla 37: Coeficientes cinéticos para procesos de lodos activados

Coeficientes	Unidades para SST	Rangos	Típico
Y	kg SST / kg DBO ₅	0,5 -0,7	0,6
K _d	d ⁻¹	0,025-0,075	0,06
K _s	kg DBO ₅ / m ³	25-100	60

Fuente: Metcalf and Eddy [15]

En el tratamiento por los lodos activados y la fracción del lodo procedente del sedimentador secundario vuelve al reactor, $\theta_c > \theta$, por lo tanto:

$$X = \frac{\theta_c}{\theta} Y \left(\frac{s_0 - S}{1 + K_d \times \theta_c} \right) \quad (\text{Ecuación N}^\circ 6)$$

$$V = \frac{\theta_c Q_0 Y}{X} Y \left(\frac{s_0 - S}{1 + K_d \times \theta_c} \right) \quad (\text{Ecuación N}^\circ 7)$$

Si en este caso el tiempo de retención θ es igual a 4 horas según tabla 36 y se sabe que la empresa trabaja 8 h/día por lo tanto el tiempo de retención en días: $\theta = 0,5$ día.

$$3,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} SST = \frac{10 \text{ d}}{0,5 \text{ d}} X \left(0,6 \frac{\text{kg SST}}{\text{kg DBO}_5} \right) X \left(\frac{0,595 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ DBO}_5 - S}{1 + (0,06 \text{ d}^{-1}) \times (10 \text{ d})} \right)$$

$$S = 0,1283 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ de DBO}_5$$

D. Cálculo del volumen del reactor (V):

$$V = \frac{10 \text{ d} \times 142,38 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times 0,6 \frac{\text{kg SST}}{\text{kg DBO}_5}}{3,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} SST} X \left(\frac{0,595 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ DBO}_5 - 0,1283 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ de DBO}_5}{1 + (0,06 \text{ d}^{-1}) \times (10 \text{ d})} \right)$$

$$V = 71,19 \text{ m}^3$$

E. Cálculo de la masa del lodo ($Q_w \times X_w$):

Para calcular la masa se consideró realizar a partir de la ecuación del tiempo de retención celular o también conocida como la edad del lodo:

$$\theta_c = \left(\frac{V \times X}{Q_w \times X_w} \right) \quad (\text{Ecuación N}^\circ 8)$$

Dónde despejando $Q_W \times X_W$, se obtiene:

$$Q_W \times X_W = \left(\frac{V * X}{\theta_c} \right)$$

$$Q_W \times X_W = \left(\frac{71,19 \text{ m}^3 * 3,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ SST}}{10 \text{ d}} \right)$$

$$Q_W \times X_W = 24,92 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} \text{ SST}$$

F. Cálculo del volumen del lodo residual

Sabiendo sobre la densidad relativa del lodo residual equivalente a 1030 kg/m³, entonces:

$$\text{Volumen del lodo} = \left(\frac{\text{masa del lodo}}{\text{densidad del lodo}} \right) \quad \text{(Ecuación N°9)}$$

$$\text{Volumen del lodo} = \left(\frac{24,92 \frac{\text{kg}}{\text{dia}}}{1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)$$

$$Q_W = \text{Volumen del lodo} = 0,0242 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

G. Cálculo de la producción de biomasa diaria:

Se reemplaza (ecuación N° 05), teniendo conocimiento que las consideraciones de inicio de concentración de la biomasa en el afluente (X_0) y en el efluente (X_e) son despreciables resulta:

$$Q X_0 + V \frac{dX}{dt} = (Q - Q_W)X_e + Q_W X_W \quad \text{(Ecuación N°10)}$$

$$V \frac{dX}{dt} = Q_W X_W$$

$$V \frac{dX}{dt} = 24,92 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} \text{ SST}$$

3.10.5.2. Balance de materia para el sustrato:

Se trabaja con la siguiente ecuación:

$$Q S_0 - V \frac{dS}{dt} = (Q - Q_w)S_e + Q_w S_w \quad \text{(Ecuación N°11)}$$

Donde:

$Q S_0$: Sustrato en afluente

$V \frac{dS}{dt}$: Sustrato consumido

$(Q - Q_w)S_e$: Sustrato en efluente

$Q_w S_w$: Sustrato en lodos

Si todas aquellas reacciones se producen en el reactor, el sustrato que se causa contiene la misma concentración que el sustrato en el sedimentador y el efluente, esto quiere decir

$S_e = S_w = S = 0,1283 \text{ kg/m}^3 \text{ DBO}_5$, si tenemos que:

$$Q * S_0 = (142,38 \text{ m}^3 / \text{día} * 0,595 \text{ kg} / \text{m}^3 \text{ DBO}_5) = \mathbf{84,72 \text{ kg/día DBO}_5}$$

$$(Q - Q_w) = (142,38 \text{ m}^3 / \text{día} - 0,0242 \text{ m}^3 / \text{día}) = \mathbf{142,35 \text{ m}^3 / \text{día}}$$

$$S = S_e = S_w = \mathbf{0,1283 \text{ kg} / \text{m}^3 \text{ DBO}_5}$$

$$(Q_w * S_w) = (0,0242 \text{ m}^3 / \text{día} * 0,1283 \text{ kg} / \text{m}^3 \text{ DBO}_5) = \mathbf{0,0031 \text{ kg} / \text{día DBO}_5}$$

Entonces despejando $V \frac{ds}{dt}$:

$$84,72 \frac{\text{kg}}{\text{día}} de \text{DBO}_5 - V \frac{ds}{dt} = 142,38 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 0,1283 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} de \text{DBO}_5 + 0,0031 \frac{\text{kg}}{\text{día}} de \text{DBO}_5$$

$$84,72 \frac{\text{kg}}{\text{día}} de \text{DBO}_5 - V \frac{ds}{dt} = 18,27 \frac{\text{kg}}{\text{día}} de \text{DBO}_5$$

$$V \frac{ds}{dt} = 72,45 \frac{\text{kg}}{\text{día}} de \text{DBO}_5$$

Es el sustrato que se produce en este tratamiento por lodos activados en el tiempo que perdura la reacción aerobia.

3.10.5.3. Requerimiento de oxígeno:

Esto es lo que se necesita con el objetivo de oxidar la materia orgánica, restando lo que se necesita en las celdas o los lodos de desecho generados en el sistema.

El oxígeno requerido está dado por la siguiente ecuación:

$$O_2 \text{ Requerido} = Q_0 * (s_0 - S) - 1,42 (P_x) \quad \text{(Ecuación N°12)}$$

$$O_2 \text{ Requerido} = 142,38 \frac{m^3}{día} \times 0,466 \frac{kg}{m^3} de DBO_5 - 1,42 * 24,92 \frac{kg}{día} SST$$

$$O_2 \text{ Requerido} = 30,96 \frac{kg O_2}{día}$$

Este es el porcentaje de oxígeno requerido para el ejercicio aeróbico en el reactor.

3.10.5.4. Parámetros finales de tratamiento secundario:

El balance de materia a continuación:

H: Es el efluente que entra es igual a 142,38 m³ / día.

J: Es el caudal de lodo saliente o expulsado por el sedimentador igual a 0,0242 m³/día.

I: Es el caudal que entra G) más el caudal que recircula (R), entonces **I=J+S**.

S: Es el caudal de lodo que recircula. Es el 60% (porcentaje de remoción, del caudal de lodo sedimentado (J); S= 0.01452 m³/día.

Q: Es la purga del sistema y es el caudal de lodo residual obtenido del porcentaje de remoción, Q= 0, 0096 m³/día.

K: Es el efluente que sale de este sistema considerando que la purga (Q) maneja un porcentaje de humedad de 90%, el cual es la cantidad de agua que se pierde en

el sistema, entonces el efluente de salida es:

$$J = G - (Q \times 0,90) \quad \text{(Ecuación N°13)}$$

$$J = 142,38 \frac{m^3}{día} - \left(0,0096 \frac{m^3}{día} \times 0,90 \right)$$

$$J = 142,37 \frac{m^3}{día}$$

Los parámetros obtenidos del proceso de tratamiento de fangos activados, calculados a las tasas de eliminación que se muestran en la tabla, son:

$$SST = 180 \times (1 - 0,90) \frac{mg}{l} = 18 \frac{mg}{l}$$

$$DBO_5 = 595,69 \times (1 - 0,95) \frac{mg}{l} = 29,78 \frac{mg}{l}$$

$$DQO = 836,25 \times (1 - 0,91) \frac{mg}{l} = 75,26 \frac{mg}{l}$$

$$Aceites y grasas = 84,21 \times (1 - 0,96) \frac{mg}{l} = 3,37 \frac{mg}{l}$$

3.11. Comparación de resultados

Los valores calculados de los parámetros en el balance de materia realizado a los procesos del sistema de tratamiento de agua residual y los valores propuestos por la legislación ambiental sobre la reutilización de agua para el lavado vehicular se presentan en la tabla 38. Se visualiza que el sistema si llega a cumplir con los valores establecidos por las legislaciones ambientales para la reutilización en el lavado vehicular.

Tabla 38: Características del agua en canal de lavado.

Parámetros	Valores del balance de masa	Valores para la reutilización
DBO ₅ , mg/L	29,78	60
DQO, mg/L	75,26	80
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES, mg/L	18	20
ACEITES Y GRASAS, mg/L	3,37	25

Fuente: Servicentro Martínez

3.12. Disposición final de residuos obtenidos

La actividad de lavado de vehículos genera residuos sólidos y líquidos. La disposición final de estos residuos más apropiada es la siguiente:

3.12.1 Residuos sólidos

A. Lodos:

Estos son formados por arena, tierra y trazas de aceites o grasas. Para un manejo adecuado de lodos se debe tener un espacio o área que pueda permitir el secado y facilite el posterior manejo o confinamiento.

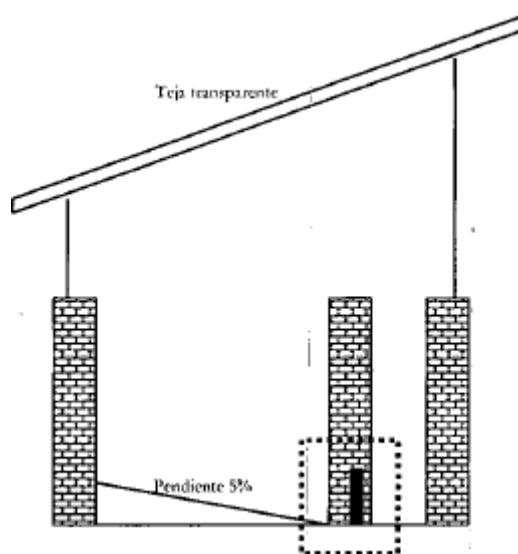


Figura 21: Área destinada para el secado de lodos.
Fuente: Propia

La figura 21 muestra esquemáticamente una cabina de secado de lodos, cuya finalidad es deshidratar y secar los lodos producidos por las etapas del sistema de tratamiento de aguas residuales del vehículo, facilitando así su manipulación. El suelo de esta cabina deberá tener una pendiente de al menos un 5% para direccionar el agua contenida en los lodos al filtro. La casa está cubierta con tejas transparentes, lo que puede permitir el paso de la luz y el secado rápido del barro. Estos se pueden quitar con una pala y colocar en una bolsa estándar en una empresa de eliminación de basura. La remoción de este lodo debe hacerse con frecuencia para evitar imperfecciones en el sistema de tratamiento.

B. Basura flotante:

En esta clasificación encontramos objetos grandes como botellas plásticas, tuercas, pernos, papel que es atrapa por la rejilla que pueden ser tratados como basura doméstica. Además, se tiene objetos pequeños que pasa a través de la rejilla que se retiene en la superficie del desarenador, por su contenido de aceites y grasas debe tratarse como residuo industrial. Estos residuos pequeños pueden limpiarse con agua y tratados como basura doméstica.

3.12.2. Residuos líquidos

A. Aceite:

El único residuo generado es el aceite recuperado, pues el agua es el producto tratado. Aceite recuperado es un residuo líquido que puede servir de materia prima adicional para la regeneración de aceites o uso como combustible alternativo que son las dos formas de reciclaje más común que se viene dando en nuestros días. Este residuo será vendido a empresas que se dediquen al tratamiento de lubricantes.

3.13. Diseño del sistema del tratamiento de agua residual vehicular

Para el diseño y dimensionamiento del sistema de tratamiento se tomará en cuenta lo siguiente:

- Se trabajó en base a $44679,83\text{m}^3$ (dato obtenido de la proyección de agua residual en la tabla 24).
- Se tomará en cuenta 312 días /año en la operación del sistema de tratamiento de aguas residuales ya que se trabaja 6 días/semana y 52 semanas/año.
- El flujo de agua residual a tratar es de $143,20\text{ m}^3/\text{día}$ valor que resulta de dividir el caudal anual de $44679,83\text{ m}^3$ y los 312 días de operación, lo cual representa el caudal de entrada.
- Se resalta que para realizar el dimensionamiento se tomó en cuenta las especificaciones de acuerdo con la Norma Peruana OS.090 para el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales industriales y diferentes fuentes bibliográficas referentes al tema los cuales son citados.

3.13.1. Diseño del canal de entrada

Para el diseño del canal de entrada se considera el caudal máximo que pueda tenerse en el sistema de tratamiento de agua residual y este corresponde al caudal máximo horario considerando las especificaciones técnicas de la Norma Peruana OS.090.

Caudal diario máximo de diseño (Q_d)

$$Q_d = 143,20 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Caudal por segundo máximo de diseño (Q_s)

$$Q_s = 143,20 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ horas}} \times \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ s}}$$

$$Q_s = 0,0049 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Velocidad aproximada (V)

Se consideró la velocidad propuesta por Metcalf – Eddy, para rejillas de limpieza manual:

$$V = 0,3 \frac{m}{s}$$

Ancho del canal (W)

Según Rocha (2007) para el diseño de canales con un caudal $Q = 0,0049 \text{ m}^3/\text{s}$ se considera la siguiente dimensión:

$$W = 0,15 \text{ m}$$

$$W = 15 \text{ cm}$$

Área del canal (A)

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

Dónde:

Q_s : Caudal por segundo (m^3/s)

V: Velocidad aproximada (m/s)

$$A = \frac{0,0049 \frac{m^3}{s}}{0,3 \frac{m}{s}}$$

$$A = 0,016 \text{ m}^2 \times \frac{(100 \text{ cm}^2)}{1 \text{ m}^2}$$

$$A = 160 \text{ cm}^2$$

Altura del agua (H)

$$H = \frac{A}{W}$$

Dónde:

A: Área del canal (cm^2)

W: Ancho del canal (cm)

$$H = \frac{160 \text{ cm}^2}{15 \text{ cm}}$$

$$H = 11 \text{ cm}$$

Perímetro mojado en el canal (P_m)

$$P_m = W + (2 \times H)$$

Dónde:

W: Ancho del canal (cm)

H: Altura del agua (cm)

$$P_m = 15 \text{ cm} + (2 \times 11 \text{ cm})$$

$$P_m = 37 \text{ cm}$$

Radio hidráulico del canal (R)

$$R = \frac{A}{P_m}$$

Dónde:

A: Área del canal (cm^2)

P_m: Perímetro mojado (cm)

$$R = \frac{160 \text{ cm}^2}{37 \text{ cm}}$$

$$R = 4,32 \text{ cm}$$

Pendiente del canal (%)

$$S = \left(n \times \frac{V}{\sqrt[3]{R}} \right)^2$$

Dónde:

n: Valor de rugosidad de Manning

V: Velocidad del agua (m/s)

R: Radio hidráulico (m)

Valor de rugosidad:

Según Rigola [24] para el diseño de canales el valor de rugosidad de Manning con una velocidad de 0,3 m/s es de 0,013

$$S = \left(0,013 \times \frac{0,3}{\sqrt[3]{0,0432}} \right)^2$$

$$S = 0,001003 \times 100$$

$$S = 0,10 \%$$

Resultados:

En la tabla 39, se observan las dimensiones del canal que conducirá el agua residual al tratamiento.

Tabla 39: Dimensiones del canal de entrada

Parámetros de diseño	Dimensiones
Caudal diario máximo de diseño	143, 20 m ³ /día
Caudal por segundo máximo de diseño	0, 0049 m ³ /s
Velocidad aproximada	0, 3 m/s
Ancho de canal	15 cm
Área del canal	160 cm ²
Altura del agua	11 cm
Perímetro mojado en el canal	37 cm
Radio hidráulico del canal	4,32 cm
Pendiente del canal	0,10%

Fuente: Propia.

3.13.2. Diseño de cámara de rejas

Se tendrá en consideración las especificaciones técnicas de la Norma Peruana OS.09, las cuales son:

- Las barras serán de sección rectangular de 5 a 15 mm de espesor y de 30 a 75 mm de ancho.
- Las dimensiones dependen del tipo de mecanismo de limpieza y de la longitud de las barras.
- El espaciamiento entre un intervalo de 20 y 50 mm.
- Calculadas las dimensiones se tiene que hallar la velocidad del canal antes de las barras, esta se debe mantener entre 0,3 y 0,6 m/s, siendo 0,45 m/s un valor usual.
- El ángulo de inclinación de las barras de las cribas para la limpieza manual estarán entre 45° y 60° con respecto a la horizontal.
- Para la cámara de rejas se emplearán pletinas.

Con las especificaciones mencionadas y propuestas por la normativa Peruana OS.09 se procede al diseño de la cámara de rejas:

Caudal por segundo máximo de diseño (Q_s)

$$Q_s = 0,0049 \frac{m^3}{s}$$

Separación entre barras <20-50> (S)

Valor S elegido según a la Norma Técnica de edificación S.010. (NT. S.010)

$$S = 35 \text{ mm}$$

Espesor de barras <5-15> (E)

Valor E elegido según a la Norma Técnica de edificación S.010. (NT. S.010)

$$S = 10 \text{ mm}$$

Inclinación de la barra (α)

Valor α elegido según a la Norma Técnica de edificación S.010. (NT. S.010)

$$\alpha = 45^\circ$$

Ancho del canal (W)

Según Rocha (2007) para el diseño de canales con un caudal $Q = 0,0048 \text{ m}^3/\text{s}$ se considera la siguiente dimensión:

$$W = 0,15 \text{ m}$$

$$W = 15 \text{ cm}$$

$$W = 150 \text{ mm}$$

Porcentaje de obstrucción (%)

30%

Velocidad a través de rejilla limpia (V)

Valor elegido según a la Norma Técnica OS.09. (NT. S.09)

$$V = 0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Velocidad a través de rejilla obstruida (Vo)

$$V_o = \frac{V}{1 - \% \text{ de obstrucción}}$$

Dónde:

V: Velocidad a través de rejilla limpia (m/s)

$$V_o = \frac{0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1 - \frac{30\%}{100}}$$

$$V_o = 0,428 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Área libre (A_l)

$$A_l = \frac{Q_s}{V_o}$$

Dónde:

Q_s : Caudal por segundo (m^3 / s)

V_O : Velocidad a través de rejilla obstruida (m / s)

$$A_t = \frac{0,0049 \frac{m^3}{s}}{0,428 \frac{m}{s}}$$

$$A_t = 0,0114 m^2 \times \frac{(100 cm)^2}{1 m^2}$$

$$A_t = 114,48 cm^2$$

Tirante del flujo en el canal (h)

$$h = \frac{A_t}{W}$$

Dónde:

A_t : Área libre (cm^2)

W : Ancho del canal (cm)

$$h = \frac{114,48 cm^2}{15 cm}$$

$$h = 7,63 cm$$

Suma de la separación entre barras (bg)

$$bg = \frac{w + E}{E + S} \times S$$

Dónde:

W : Ancho del canal (mm)

E : Espesor de barras (mm)

S : Separación entre barras (mm)

$$bg = \frac{150 mm + 10 mm}{10 mm + 35 mm} \times 35 mm$$

$$bg = 124,44 \text{ mm}$$

Altura de la reja (H_r)

$$H_r = \frac{h}{\sin \alpha}$$

Dónde:

h: Tirante del flujo en el canal (cm)

α : Angulo de inclinación de la barra

$$H_r = \frac{7,63 \text{ cm}}{\sin 45^\circ}$$

$$H_r = 10,79 \text{ cm}$$

Área de espacio (A_E)

$$A_E = bg \times H_r$$

Dónde:

bg: Suma de la separación entre barras (cm)

H_r : Altura de la reja (cm)

$$A_E = 124,44 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} \times 10,79 \text{ cm}$$

$$A_E = 134,27 \text{ cm}^2$$

Cálculo de la velocidad (V)

$$V = \frac{Q_s}{A_E}$$

Dónde:

Q_s : Caudal por segundo (m^3 / s)

A_E : Área de espacio (m^2)

$$V = \frac{0,0049 \frac{m^3}{s}}{134,27 \text{ cm}^2 \times \frac{1 \text{ m}^2}{(100 \text{ cm})^2}}$$

$$V = 0,365 \frac{m}{s}$$

Numero de barras para la rejilla (n)

$$n = \frac{bg}{S - E}$$

Dónde:

bg: Suma de la separación entre barras (mm)

E: Espesor de barras (mm)

S: Separación entre barras (mm)

$$n = \frac{124 \text{ mm}}{35 \text{ mm} - 10 \text{ mm}}$$

$$n = 5 \text{ rejillas}$$

Tabla 40: Dimensiones del cribado

Parámetros de diseño	Dimensiones
Caudal por segundo	0,0049 m ³ /s
Separación entre las barras	35 mm
Espesor de las barras	10 mm
Inclinación de la reja	45 °
Ancho del canal	15 cm
Porcentaje de obstrucción	30%
Velocidad a través de una reja limpia	0,3 m/s
Velocidad a través de una reja obstruida	0,428 m/s
Cálculo del área libre	114,48 cm ²
Tirante del flujo en el canal	7,63 cm
Suma de la separación entre las barras	124,44 mm
Altura de la reja	10,79 cm
Área de espacio	134,27 cm ²
Cálculo de la velocidad	0,365 m/s
Número de la rejilla	5 rejillas

Fuente: Propia

3.13.3. Diseño del desarenador

Caudal por segundo máximo de diseño (Q_s)

$$Q_s = 0,0049 \frac{m^3}{s}$$

Caudal por hora máximo de diseño (Q_h)

$$Q_h = 0,0049 \frac{m^3}{s} \times \frac{3600 s}{1 h}$$

$$Q_h = 17,64 \frac{m^3}{h}$$

Velocidad ascensional a caudal de diseño (V_a)

Según Corcho [7]

$$V_a = 3 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}$$

Velocidad de paso a caudal de diseño (V_p)

Según Corcho [7]

$$V_a = 6,5 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}$$

Tiempo medio de residencia a caudal de diseño (T_m)

Según Corcho [7]

$$T_m = 30 \text{ min}$$

Superficie del desarenador (S)

$$S = \frac{Q_h}{V_a}$$

Dónde:

Q_h : Caudal por hora (m^3 / h)

V_a : Velocidad ascensional a caudal de diseño ($m^3/m^2 \cdot h$)

$$S = \frac{17,64 \frac{m^3}{h}}{3 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}}$$

$$S = 5,88 m^2$$

Sección transversal del desarenador (S_t)

$$S_t = \frac{Q_h}{V_p}$$

Dónde:

Q_h : Caudal por hora (m^3 / h)

V_p : Velocidad de paso a caudal de diseño ($m^3/m^2 \cdot h$)

$$S_t = \frac{17,64 \frac{m^3}{h}}{6,5 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}}$$

$$S_t = 2,71 m^2$$

Volumen útil del desarenador (V_u)

$$V_u = T_m \times Q_h$$

Dónde:

T_m : Tiempo medio de residencia a caudal de diseño (h)

Q_h : Caudal por hora (m^3 / h)

$$V_u = 30 \text{ min} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \times 17,64 \frac{m^3}{h}$$

$$V_u = 8,82 m^3$$

Longitud del desarenador (L)

$$L = \frac{V_u}{S_t}$$

Dónde:

$V_u =$ Volumen útil (m^3)

$S_t =$ Sección transversal (m^2)

$$L = \frac{8,82 m^3}{2,71 m^2}$$

$$L = 3,25 m$$

Profundidad del desarenador (P)

$$P = \frac{V_u}{S}$$

Dónde:

V_u : Volumen útil (m^3)

S: Superficie (m^2)

$$P = \frac{8,82 m^3}{5,88 m^2}$$

$$P = 1,50 m$$

Anchura del desarenador (W)

$$W = \frac{V_u}{L \times P}$$

Dónde:

$V_u =$ Volumen útil (m^3)

L = Longitud (m)

P= Profundidad (m)

$$W = \frac{8,82 m^3}{3,25 m \times 1,50 m}$$

$$W = 1,80 m$$

Tabla 41: Dimensiones del desarenador

Parámetros de diseño	Dimensiones
Caudal por segundo máximo de diseño	0,0049 m ³ /s
Caudal por hora máximo de diseño	17,64 m ³ / h
Velocidad ascensional a caudal de diseño	3 m ³ /m ² ·h
Velocidad de paso a caudal de diseño	6,5 m ³ /m ² ·h
Tiempo medio de residencia a caudal de diseño	30 min
Superficie del desarenador	5,88 m ²
Sección transversal del desarenador	2,71 m ²
Volumen útil del desarenador	8,82 m ³
Longitud del desarenador	3,25 m
Profundidad del desarenador	1,50 m
Anchura del desarenador	1,81 m

Fuente: Propia

3.13.4. Diseño de la trampa de grasas

Se tendrá en consideración las especificaciones técnicas de la Norma Peruana OS.09, las cuales son:

Caudal por segundo máximo de diseño (Q_s)

$$Q_s = 0,0049 \frac{m^3}{s} \times \frac{1000 l}{1m^3}$$

$$Q_s = 4,9 \frac{l}{s}$$

Tiempo de retención (T_r)

$$T_r = 6 \text{ min}$$

Tabla 42: Tiempo de retención en intervalos de caudales

Tiempo de retención (minutos)	Caudal de entrada (L/s)
6	Hasta 10 L/s
9	10-20 L/s
12	20 o más L/s

Fuente: Metcalf – Eddy 1991

Relación entre largo y ancho

1,8: 1,0

Tasa de aplicación (Ts)

Según Manual de Dispositivo de Aguas Residuales

$$T_s = \frac{1}{4} \frac{m^2}{l \times s}$$

$$T_s = 0,25 \frac{m^2}{l \times s}$$

Área superficial (As)

$$A_s = T_s \times Q_s$$

Dónde:

Ts: Tasa de aplicación (m²/ l*s)

Qs: Caudal por segundo (l / s)

$$A_s = 0,25 \frac{m^2}{l \times s} \times 4,9 \frac{l}{s}$$

$$A_s = 1,22 m^2$$

Largo (L)

$$L = \sqrt{A_s \times r}$$

Dónde:

As: Área superficial (m²)

r: Relación entre largo y ancho

$$L = \sqrt{1,22 m^2 \times 1,8}$$

$$L = 1,48 m$$

Ancho (a)

$$a = \frac{L}{r}$$

Dónde:

L: Longitud (m)

r: Relación entre largo y ancho

$$a = \frac{1,48 \text{ m}}{1,8}$$

$$a = 0,82 \text{ m}$$

Volumen acumulado (V)

$$V = T_r \times Q_s$$

Dónde:

Tr : Tiempo de retención (s)

Qs: Caudal por segundo (l/s)

$$V = 360 \text{ s} \times 2,7 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$V = 972 \text{ l} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}}$$

$$V = 0,972 \text{ m}^3$$

Altura (h)

$$h = \frac{2 \times V}{3 \times L \times a}$$

Dónde:

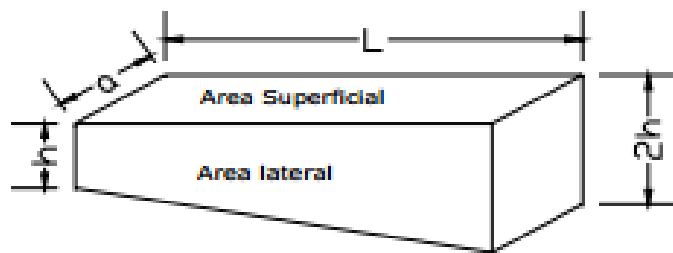
V: Volumen acumulado (m³)

L: Longitud (m)

a: Ancho (m)

$$h = \frac{2 \times 0,972 \text{ m}^3}{3 \times 1,47 \text{ m} \times 0,82 \text{ m}}$$

$$h = 0,53 \text{ m}$$



$$a = 0,82 \text{ m}$$

$$L = 1,47 \text{ m}$$

$$h = 0,53 \text{ m}$$

$$2h = 1,06 \text{ m}$$

Tabla 43: Dimensiones de la trampa de grasas

Parámetros de diseño	Dimensiones
Caudal por segundo máximo de diseño	4,9 l/s
Tiempo de retención	6 min
Relación entre largo y ancho	1,8: 1,0
Tasa de aplicación	0,25 m ² / l/s
Área superficial	1,22 m ²
Largo	1,48 m
Ancho	0,82 m
Volumen acumulado	0,972 m ³
Altura	0,53 m

Fuente: Propia

3.13.5. Diseño del sedimentador

El dimensionamiento del sedimentador primario se consideró la Norma Peruana OS.090

Caudal por segundo máximo de diseño (Q_s)

$$Q_s = 0,0049 \frac{m^3}{s}$$

Caudal por día máximo de diseño (Q_d)

$$Q_d = 0,0049 \frac{m^3}{s} \times \frac{3600 s}{1 h} \times \frac{8 h}{1 día}$$

$$Q_d = 143,20 \frac{m^3}{día}$$

Tiempo de retención (T_h)

$$T_h = 1 h$$

Volumen (V)

$$V = Q_d \times T_h$$

Dónde:

Q_d : Caudal por día ($m^3 / día$)

T_h : Tiempo de retención (días)

$$V = 143,20 \frac{m^3}{día} \times 1 h \times \frac{1 día}{8 h}$$

$$V = 17,90 m^3$$

Velocidad de paso a caudal de diseño (V_p)

$$V_p = 15 \frac{m^3}{m^2 \cdot día}$$

Área (A)

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

Dónde:

Q_d: Caudal por día (m³ / día)

V_p: Velocidad de paso a caudal de diseño (m³ / m². día)

$$A = \frac{143,20 \frac{m^3}{día}}{15 \frac{m^3}{m^2 \cdot día}}$$

$$A = 9,54 m^2$$

Largo (L)

$$4 L^2 = A$$

Dónde:

A: Área (m²)

$$4 L^2 = 9,54 m^2$$

$$L^2 = 2,38 m^2$$

$$L = 1,54 m$$

Ancho (W)

$$W = \frac{A}{L}$$

Dónde:

A: Área (m²)

L: Largo (m)

$$W = \frac{9,54 \text{ m}^2}{1,54 \text{ m}}$$

$$W = 6,19 \text{ m}$$

Altura (H)

$$W = A \times \left(H + \frac{H}{6} \right)$$

$$H = \frac{V}{A} \times \frac{6}{7}$$

Donde:

V: Volumen (m³)

A: Área (m²)

$$H = \frac{17,90 \text{ m}^3}{9,54 \text{ m}^2} \times \frac{6}{7}$$

$$H = 2,19 \text{ m}$$

Tabla 44: Dimensiones del sedimentador primario

Parámetros de diseño	Dimensiones
Caudal por día máximo de diseño	143,20 m ³ / día
Tiempo de retención	1 h
Volumen	17,90 m ³
Velocidad de paso a caudal de diseño	15 m ³ / m ² . día
Área	9,54 m ²
Largo	1,54 m
Ancho	6,19 m
Altura	2,19 m

Fuente: Propia

3.13.6. Diseño del tratamiento secundario.

En primer lugar, se calcularon las dimensiones del tanque de aireación o biorreactor. Tenga en cuenta que por este medio los parámetros se enumeran en la sección 3.10.5 (Balance de masa después del tratamiento).

3.13.6.1. Diseño del reactor aerobio:

Dado que el diseño propuesto del biorreactor sería de forma rectangular debido a la necesidad de una fuente de suministro de oxígeno, la instalación de estos aireadores sería eficiente en reactores rectangulares.

Tabla 45: Parámetros del reactor aerobio

Parámetros de diseño	Dimensiones
Edad del lodo	10 días
Coefficiente de crecimiento bacteriano	0,6
Concentración de SS inicial	0,0842 kg / m ³
Concentración de SSTA	3,5 kg / m ³
Coefficiente de eliminación de bacterias	0,06 d ⁻¹
Tiempo de retención	4 h
Volumen del reactor	71,19 m ³

Fuente: Propia

Los parámetros como la edad del lodo, el tiempo de residencia y la concentración de SSLM en el reactor mientras se calcula el volumen de la Ecuación No. 10 en la sección 3.3.2.4 son los valores que se recomiendan por la norma peruana OS.090.

Este cálculo para el volumen establece las dimensiones de alto, largo y ancho del reactor aeróbico propuesto, que se distribuyen de la siguiente manera: Con una relación de largo a ancho de 1,3:1, las dimensiones del reactor son las más cercanas.:

Tabla 46: Dimensiones del reactor aerobio

Parámetros de diseño	Dimensiones
Largo (L)	4,81 m
Ancho (a)	3,75 m
Altura (H)	3,95 m
Área (A)	18,02 m ²

Fuente: Propia

3.13.6.2. Diseño del sedimentador secundario:**Caudal por segundo máximo de diseño (Q_s)**

$$Q_s = 0,0049 \frac{m^3}{s}$$

Caudal por día máximo de diseño (Q_d)

$$Q_d = 0,0049 \frac{m^3}{s} \times \frac{3600 s}{1 h} \times \frac{8 h}{1 día}$$

$$Q_d = 143,20 \frac{m^3}{día}$$

Tiempo de retención (T_h)

$$T_h = 4 h$$

Volumen (V)

$$V = Q_d \times T_h$$

Dónde:

Q_d : Caudal por día ($m^3 / día$)

T_h : Tiempo de retención (días)

$$V = 143,20 \frac{m^3}{día} \times 4 h \times \frac{1 día}{8 h}$$

$$V = 71,60 m^3$$

Area superficial (A)

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

Dónde:

Q_d : Caudal por día ($m^3 / día$)

V_p : Velocidad de paso a caudal de diseño ($m^3 / m^2 \cdot día$)

$$A = \frac{143,20 \frac{m^3}{día}}{15 \frac{m^3}{m^2 \cdot día}}$$

$$A = 9,54 m^2$$

Diámetro del sedimentador secundario (D)

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 9,54 m^2}{\pi}}$$

$$D = 3,48 m$$

Altura del sedimentador secundario (H)

Se procedió a calcular la altura a partir de la siguiente ecuación:

$$V = \pi r^2 * H$$

$$71,60 m^3 = \pi 1,74^2 * H$$

$$H = 7,53 m$$

Tabla 47: Dimensiones del sedimentador secundario

Parámetros de diseño	Dimensiones
Volumen	71,60 m ³
Area Superficial (A)	9,54 m ²
Diámetro (D)	3,48 m
Altura (H)	7,53 m

Fuente: Propia

3.13.6.3. Tanque de almacenamiento de lodos:

Estos lodos se tienen que almacenar con una frecuencia semanal, tiempo propuesto por la empresa encargada de llevarlos para su posterior disposición o tratamiento final.

El total de lodos 44,14 kg / día que resultan del tratamiento primario y secundario. Conociendo que la densidad de los lodos es de 1030 kg/m³, entonces calculamos

el volumen diario que equivale $0,0423 \text{ m}^3$ o su equivalente 42,3 litros por día, siendo una cantidad semanal de 296,1 litros.

Considerando un margen del 20% del volumen del tanque, mayor al real, se inicia a calcular el diseño siguiente:

$$\text{Volumen del tanque de lodos} = \text{Volumen real} \times 1,2$$

$$\text{Volumen del tanque de lodos} = 296,1 \text{ L} \times 1,2$$

$$\text{Volumen del tanque de lodos} = 355,32 \text{ L}$$

Siendo las dimensiones: 0,70 m de alto, 0,80 de largo y 0,60 de ancho.

3.13.6.4. Selección del equipo de aireación.

En función de los requerimientos de oxígeno es que se seleccionan los sistemas de suministro de aire. Los equipos de aireación procuran suministrar el oxígeno que se necesita para la estabilización en sistemas aerobios, sabiendo del requerimiento de oxígeno, para el reactor aerobio.

$$O_2 \text{ Requerido} = 30,96 \frac{\text{kg} O_2}{\text{dia}}$$

Si la densidad del aire a condiciones normales es de $1,21 \text{ kg/m}^3$, y el porcentaje de oxígeno es 21% entonces:

$$\text{Cantidad de aire necesario} = \left(\frac{\text{Oxígeno requerido}}{\text{densidad de aire} \times 0,21} \right)$$

$$\text{Cantidad de aire necesario} = \left(\frac{30,96 \text{ kg } O_2 / \text{ dia}}{1,21 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,21} \right)$$

$$\text{Cantidad de aire necesario} = 121,84 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Para esta propuesta, el equipo de aireación presentado es un soplador de lóbulo rotativo de desplazamiento positivo.

Los sopladores en mención tienen como base la compresión externa, es decir, comprime aire a través de la contrapresión del sistema, ofrecen una ventaja de costos bajos de inversión con una eficiencia ilimitada.

3.14. Análisis costo beneficio

3.14.1. Análisis de mejora de métodos

El sistema propuesto es muy útil debido a su impacto económico financiero, así como también poder reducir la contaminación al medio ambiente. Este sistema de tratamiento de agua residual vehicular tendrá un flujo de 138,24 m³ / día contribuyendo a reducir los parámetros para que el efluente esté en condiciones para su reutilización en el lavado vehicular.

La propuesta de la investigación juega un papel importante en la empresa Servicentro Martínez SAC, la cual contribuye a reducir los valores a 29, 78 mg/l de DBO5; 75, 26 mg/l de DQO; 18 mg/l de SST y 3, 37 mg/l de aceites y grasas y cumplen así con los límites máximos permisibles, de esta manera reduce el impacto ambiental, cumpliendo también los requerimientos de las autoridades nacionales de la localidad y además tiene como resultado la reutilización del agua en el servicio de lavado de vehículos.

3.14.2. Costo de inversión del sistema propuesto

Para determinar la inversión para el proyecto se ha considerado los siguientes aspectos:

3.14.2.1 Inversiones tangibles.

Dentro de los costos tangibles de inversión están presentes los costos de las obras civiles realizadas con anterioridad a la instalación de la planta de tratamiento, debido a que se deben realizar los correspondientes estudios del terreno, asegurando el funcionamiento óptimo del sistema.

a. Trabajos preliminares

Nivelación y limpieza de la superficie del terreno

Trazo de los límites de la obra

b. Movimiento de tierras

Excavación manual del área del terreno

Relleno y compactación con material

c. Obras de concreto

Concreto simple y FC (Esfuerzo de compresión) =210kg/cm²

Encofrado y desencofrado

Concreto armado y compactado FC (Esfuerzo de compresión) =2450 kg/cm²

d. Estructuras metálicas y otros

Rejillas de metal

Juntas en canal

Suministro e instalación de válvulas (3 pulg) y tuberías (3pul)

Bomba

Barandas de seguridad

Tabla 48: Inversión en obras del sistema de tratamiento de agua residual vehicular.

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo total (\$)
Trabajos preliminares				
Nivelación y limpieza de la superficie del terreno	m ²	400	2,5	1000,00
Trazo de los límites de la obra	m ²	400	1,3	520,00
Movimiento de tierras				
Excavación manual del área del terreno	m ³	400	1,7	680,00
Relleno y compactación con material	m ³	400	2,0	800,00
Obras de concreto				
Concreto simple y FC (Esfuerzo de compresión) =210kg/cm ²	m ³	50	150,0	7500,00
Encofrado y desencofrado	m ²	25	150,0	3750,00
Concreto armado y compactado FC (Esfuerzo de compresión) =2450 kg/cm ²	m ³	10	230,0	2300,00
Estructuras metálicas y otros				
Rejillas de metal	Unidad	6	20,0	120,00
Juntas en canal	ML	2	100,0	200,00
Suministro e instalación de válvulas	Unidad	10	200,0	2000,00
Bomba	Unidad	1	100,0	100,00
Barandas de seguridad	m ²	4	5,0	20,00
Total				18 990,00

Fuente: Propia

e. Equipos y maquinaria

A continuación, se detalla en la tabla 49, las características de los equipos que se van a emplear, las maquinas del sistema, serán enviadas para la construcción, de acuerdo con las especificaciones del dimensionamiento.

Tabla 49: Inversión en equipos y maquinas

Nombre de máquina	Cantidad	Valor unitario (\$)	Total (\$)
Rejilla de limpieza	5	10.00	50.00
Trampas de grasa	1	1800.00	1800.00
Desarenador	1	2500.00	2500.00
Cisterna de almacenamiento	2	1800.00	3600.00
Sedimentador primario	1	1405.00	1405.00
Reactor	1	2890.00	2890.00
Sedimentador secundario	1	2580.00	2580.00
Tanque de lodos	1	805.00	805.00
Equipo de aireación	1	1500.00	1500.00
Tuberías y accesorios		3000.00	3000.00
Bomba (3 hp)	1	280.00	280.00
Total			20410.0

Fuente: Propia

f. Accesorios necesarios para el funcionamiento del sistema

En la siguiente tabla se detallan los accesorios que se encuentran en el plano (Anexo 6.6). En el empleo de tuberías de PVC de 3 pulg, se consideran para la propuesta por los siguientes motivos:

-Los tubos de PVC y sus conexiones tienen una superficie lisa lo cual permite el fluido sin complicaciones los residuos y evita que se generen las obstrucciones o los atascamientos.

-No se oxida evitando así el constante mantenimiento de las conexiones.

Accesorios	Unidades	Cantidad	Especificaciones	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Tuberías	m	38	Ø= 2"	11.00	418.00
Válvula check	Unidades	1	Ø= 2"	50.00	50.00
Válvula Gate	Unidades	13	Ø= 2"	40.00	520.00
Codos	Unidades	7	Ø= 2"	30.00	210.00
Conductor varios	Unidades	7	Ø= 2"	30.00	210.00
Tee estandar	Unidades	9	Ø= 2"	6.50	58.50
Total					1466.50

3.14.2.2. Inversiones intangibles.

En la tabla 50 se observa la inversión intangible la cual se entiende como la información mínima necesaria para que la empresa pueda funcionar y que incluye en el caso del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales: estudio y proyectos de ingeniería, costos de aprendizaje de personal, auxilio técnico entre otros.

Tabla 50: Inversiones intangibles

Descripción	Costos (\$)
Estudio y proyectos de ingeniería	2500.00
Costos de entrenamiento personal	500.00
Asistencia técnica	600.00
Costo de preparación o puesta en marcha	1,200.00
Total	4800.00

Fuente: Propia

3.14.2.3. Capital de trabajo

El capital de trabajo es el monto de dinero circulante que prestará la operatividad normal de esta infraestructura productiva de la propuesta. Para calcular el monto de capital de trabajo son considerados los costos variables y los costos fijos tal como se muestra en la tabla 51:

Tabla 51: Capital de trabajo

Descripción	Costos (\$)
Servicios de la energía	400.00
Costos de los materiales	250.00
Capacitaciones	400.00
Comunicaciones	250.00
Total	1300.00

Fuente: Propia

La inversión requerida para la puesta en marcha del presente proyecto se observa en la gráfica la cual asciende a la suma de US \$ 46 966.50 producto del cálculo sumando las inversiones tangibles, las inversiones intangibles y el capital de trabajo.

Inversión total (\$)	
Inversión Tangibles	40 866.50
Trabajos preliminares	1 520.00
Movimientos de tierras	1 480.00
Obras de concreto	13 550.00
Estructuras metálicas	2 440.00
Equipos y maquinaria	20 410.00
Accesorios	1 466.50
Inversión Intangible	4 800.00
Capital de Trabajo	1 300.00
Imprevistos (5%)	2 348.32
Total	46 966.50

3.14.3. Gastos administrativos para implantar los cambios

Se fundamenta en los costos para garantizar la continuidad del sistema operativo y administrativo del sistema de tratamiento de agua residual vehicular. El supervisor tiene como función la operatividad y el mantenimiento del sistema de tratamiento de agua residual.

Sueldo:

Los trabajadores que realizaran las operaciones en el sistema de tratamiento de agua residual se presentan a continuación:

Tabla 52: Áreas y puestos

Área	Puesto
Tratamiento	Supervisor

Fuente: Propia

En la tabla 53 se considera el sueldo para el supervisor de forma anual, considerando el 51 % de beneficio, los cuales incluyen los siguientes: vacaciones

de 30 días, gratificaciones, CTS. Para el supervisor se estableció el sueldo en tomando como base al comportamiento del mercado de labores.

Tabla 53: Sueldos anuales

Cargo	Cantidad	Sueldo (\$ / mes)	Beneficios 51%	Sub Total	Total (\$/año)
Supervisor	1	450	229,50	679,50	8 154.00

Fuente: Propia

Tabla 54: Inversión diferida

Descripción	Costo (\$)
Sueldos	8 154.00
Servicio de la energía	500.00
Costo de los materiales	500.00
Total	9 154.00

Fuente: Propia

3.14.4. Costos por multas, sanciones y desatoro de redes de alcantarillado

Este análisis se basa en un presupuesto global que considera la necesidad de invertir en proyectos para cumplir con la normativa peruana y evitar posibles sanciones, así como los beneficios de reutilizar esta agua para el lavado de vehículos.

3.14.4.1. Multas debido a la contaminación del agua

Se puede afirmar que si existe la infracción a las disposiciones contenidas en el reglamento de recursos hídricos- Ley 29338, la Autoridad Nacional de Agua (ANA) tiene la facultad de sancionar. Sumado a ello se tiene en cuenta los requerimientos y exigencias de la Empresa de Saneamiento y Agua Potable de Lambayeque (EPSEL). En la siguiente tabla se detallan los tipos de infracciones y sus consecuencias.

Tabla 55: Sanciones y multas

Ejemplo de infracción			Multa
Detalle			Notificación
Denuncia	Leve	Contaminar fuentes naturales de agua, superficiales o subterráneas	0,5 - 2 UIT
	Grave	Derramado 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	Lanzar residuos sólidos o cuerpos de agua natural o artificial	5 - 10 000 UIT

Fuente: ANA

3.14.4.2. Costos por multas

El análisis del sistema propuesto tiene una inversión de, la mejora de la calidad de agua que se reutilizara se ajusta a la normativa, para evitar infracciones con la ley impidiendo sanciones con futuras multas, clausuras o demolición de la empresa.

Las autoridades ANA y EPSEL al inspeccionar y verificar la empresa, se darán cuenta que el actual sistema de tratamiento de agua residual es ineficiente y no cumple con los parámetros establecidos por la legislación, por lo que enviarán notificaciones y posteriormente demandas en el poder judicial demandando el cumplimiento y que notificando las sanciones se realice el pago obligatorio. La ley de procedimiento normativo legal – ley 27444 establece que para la infracción muy grave sobre el vertido de aguas residuales industriales son de 40 – 60 UIT.

La siguiente tabla indica que el tipo de infracción de la empresa Servicentro Martínez es leve muy grave, se realizó un análisis de promedio máximo, mínimo y medio respecto a las multas donde se terminó el monto a pagar por el tipo de infracción.

Tabla 56: Montos de pago por multas

	Infracción	Multa UIT	Costo 1 UIT (S/.)	Sub Total (S/.)	Sub Total (S/.)	Total (\$)
Máximo	Leve	2	4 150.00	8300.00	257300.00	78926.38
	Muy grave	60	4 150.00	249000.00		
Medio	Leve	1,25	4 150.00	5187.50	212687.50	65241.56
	Muy grave	50	4 150.00	207500.00		
Mínimo	Leve	0,5	4 150.00	2075.00	168075.00	51556.75
	Muy grave	40	4 150.00	166000.00		

Fuente: Propia

La tabla 56 nos presenta el comparativo entre la inversión de US \$ 46 966.50 para el tratamiento de aguas residuales y las multas por pagar si se contamina la calidad del agua que son valor máximo de US \$78 926.38, valor medio de US \$65 241.56 y valor mínimo de US \$ 51 556.75, generando un ahorro monetario de respecto a los valores máximos.

Tabla 57: Comparación de multas e inversiones

Infracción	Multa (\$)	Inversión (\$)
Máximo	78,926.38	46 966.50
Medio	65,241.56	46 966.50
Mínimo	51,556.75	46 966.50

Fuente: Propia

3.14.5. Flujo de caja

Para la realización del flujo de caja este proyecto en primer lugar se hace un cálculo de los ingresos (pronóstico de vehículos a lavar-2018-2022) consecutivamente los egresos para determinar en qué periodo (año) el dinero es recuperado.

3.14.5.1. Ingresos

Para los ingresos se hizo una evaluación de los 5 años pronosticados (2018-2022) de los vehículos que ingresarían a lavarse, el número de vehículos fue

calculado de las tablas 19 y 24 donde se divide el volumen de agua residual entre el volumen que se usa por vehículos, y finalmente se multiplica las unidades por el monto que se debería pagar por cada lavado de vehículos US \$ 8.00. Generando como resultados los posibles ingresos en la siguiente tabla:

Tabla 58: Precios anuales de vehículos lavados (2018 – 2022)

Servicios proyectados					
Años	2018	2019	2020	2021	2022
Unidades	11 500	11850	12 480	12 780	13 010
Precio por lavado (\$)	8	8	8	8	8
Ingresos Anuales (\$)	92 000	94 800	99 840	102 240	104 080

Fuente: Propia

3.14.5.1. Egresos

Como egresos está considerada la inversión en su totalidad aquella que considera la instalación de este sistema de tratamiento de aguas residuales para la reutilización, se encuentran en la tabla que equivale a US \$ 46 966.50.

Tabla 59: Flujo de caja (2018 – 2022)

Periodos – años (2018 – 2022)					
Años	2018	2019	2020	2021	2022
SALDO INICIAL CAJA (\$)	0	0	0	0	0
<u>INGRESOS</u>					
VENTAS	92 000	94 800	99 840	102 240	104 080
1.TOTAL INGRESOS (\$)	92 000	94 800	99 840	102 240	104 080
<u>EGRESOS</u>					
Inversión tangibles (\$)	40 866.50	40 866.50	40 866.50	40 866.50	40 866.50
Inversión intangibles (\$)	4 800.00	4 800.00	4 800.00	4 800.00	4 800.00
Capital de trabajo (\$)	1 300.00	1 300.00	1 300.00	1 300.00	1 300.00
Inversión diferida (\$)	9 154.00	9 154.00	9 154.00	9 154.00	9 154.00
GASTOS GENERALES (\$)	1 500.00	1 500.00	1 500.00	1 500.00	1 500.00
TRIBUTOS (\$)	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
2.TOTAL DE EGRESOS (\$)	57 740.50	57 740.50	57 740.50	57 740.50	57 740.50
3.FLUJO DE CAJA OPER. (\$)	34 260.50	37 060.50	42 100.50	44 500.50	46 340.50

Fuente: Propia

Al ejecutar el flujo de caja de esta propuesta mediante los cálculos se puede afirmar que desde el primer año ya se puede recuperar la inversión generando ganancias en los años siguientes, por tanto, podemos decir que es viable ejecutar la implementación del sistema de reutilización de agua residual vehicular.

Para manifestar que esta propuesta de mejora es viable y óptima se tendrá que utilizar el método de costo- beneficio, el cual viene por la fórmula siguiente:

$$\text{Costo - Beneficio} = \frac{\sum \text{Ingresos}}{\sum \text{egresos}} > 1$$

Tabla 60: Análisis costo - beneficio (2018 – 2022)

Periodos – años (2018 – 2022)						
	2018	2019	2020	2021	2022	TOTAL
Ingresos (\$)	92 000.00	94 800.00	99 840.00	102 240.00	104 080.00	492 960.00
Egresos	57 740.50	57 740.50	57 740.50	57 740.50	57 740.50	288 702.50

Fuente: Propia

$$\text{Costo} - \text{Beneficio} = \frac{\text{US \$ 492 960.00}}{\text{US \$ 288 702.50}} > 1$$

$$\text{Costo} - \text{Beneficio} = 1,70 > 1$$

Como puede ver, la relación de costo/beneficio tiene un resultado superior a 1, por lo que el proyecto debe implementarse.

3.15. Financiamiento

Este proyecto tendrá el financiamiento totalmente por la empresa Servicentro Martínez SAC.

IV. Conclusiones

1. La calidad del agua residual vehicular de la empresa Servicentro Martínez SAC para los parámetros de DBO₅ (1654, 7 mg /L), DQO (2144, 3 mg/L), SST (600 mg/L), aceites y grasas (149,7 mg/L), es muy contaminante ya que superan los límites máximo permisibles dados por el ministerio de vivienda y construcción a diferencia del pH que si está dentro de los límites máximos permisibles que equivale a 7,4. El actual sistema de tratamiento de agua residual de la empresa Servicentro Martínez SAC tiene los siguientes porcentajes de remoción: DBO₅ (28,21 %), DQO (9, 53%), SST (50 %), aceites y grasas (16,30%). Los cuales nos dicen que el actual sistema no cumple operativamente para reducir el impacto que ocasiona el agua residual vehicular de la empresa.
2. La propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales vehiculares está conformado por tres etapas, un pre tratamiento (cribado, desarenado, desengrasado), un tratamiento primario (sedimentación) y un tratamiento secundario por lodos activados (compuesto por un reactor biológico y un sedimentador secundario) el cual contribuye a reducir los valores de DBO₅ a 29,78 mg/L, de DQO a 75, 26 mg/L, de SST a 18 mg/L, de aceites y grasas a 3,37 mg/L y cumplen así con los límites máximos permisibles respecto a la reutilización de agua residual en la operación de prelavado. En el servicio de lavado de vehículos, es factible reutilizar parte del agua que se utiliza, disminuyendo su consumo, lo cual representa una mayor certidumbre en la disponibilidad del agua. Para un manejo adecuado de los residuos se contará con un espacio o área que permita su secado y facilite la posterior disposición final, los cuales serán clasificados y entregados a empresas terceras.
3. El costo para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales vehiculares asciende a US \$ 46 966.50, valor relativamente bajo respecto a las multas a pagar por las infracciones respecto al valor máximo de US \$78 926.38, valor medio de US \$65 241.56 y valor mínimo de US \$ 51 556.75 y en el transcurso del tiempo amortizará el costo de inversión del sistema y así reducirá los costos que conllevan al consumo de agua.

4. Utilizando el flujo de caja de esta propuesta mejorada, se determina que la inversión necesaria (sistema de purificación de agua e implementación de máquinas en el servicio de lavandería) se amortizará en un año y generará utilidades en años posteriores. Para demostrar que el proyecto es factible, se implementó la fórmula costo-beneficio, la cual recibió una puntuación de 1,70, lo que indica que el proyecto es recomendable para su ejecución.

V. Referencias

- [1] Ahmad y Hisham, “Design of a modified low cost treatment system for the recycling and reuse of laundry waste water”, *Conservation and Recycling. Sci.*, vol. 52, pp. 973-78, 2008 [En línea]. [Accedido: 03-abril-2013]
- [2] Almeida, Borges, Bonilla y Giannetti. “Identifying improvements in water management of bus-washing stations in Brazil”, *Conservation and Recycling. Sci.*, vol. 54, pp. 821–831, 2010 [En línea]. [Accedido: 15-abril-2013]
- [3] Boussu, Kindts, Vandecasteele and Brugge. “Applicability of nanofiltration in the carwash industry”, *Separation and Purification Technology. Sci*, vol 54, pp 139-146,2007 [En línea]. [Accedido: 03-abril-2013]
- [4] Brasino, and Dengler. 2007. “Practical” Fish Toxicity Test Report, first ed. Environmental Partners, Washington.
- [5] Canavoso, Sebastián, *Buenas Prácticas Ambientales en lavaderos de automotores, servicentros mecánicos y lubricentros*. Rosario: Universidad Católica Argentina, 2010.
- [6] Casanova, Rubén., and Barrera, *Logística y comunicación en un taller de vehículos*. Madrid: Paraninfo SA, 2011.
- [7] Corcho, Freddy. *Acueductos: Teoría y diseño*. Medellín: Universidad de Medellin, 2005.
- [8] Correa, Arturo. *Fenómenos químicos*. Medellín: Fondo editorial Universidad EAFIT, 2004.
- [9] Elías, Xavier. *Reciclaje de residuos industriales*. Madrid: Díaz Santos, 2000.
- [10] Elías, Xavier. *Tratamiento y valorización energética de residuos*. Madrid: Díaz Santos, 2005.
- [11] Hernando, Bernardo. *Seguridad en el Mantenimiento de vehículos*. Madrid: Paraninfo SA, 2008.
- [12]


- Jiménez, Domingo. *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona: Reverte, 2003.
- [13] Marín, Rafael. *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos: Tratamiento y control de calidad de aguas*. Madrid: Díaz de Santos, 2003.
- [14] Menéndez, Carlos., y Jesús Perez. *Procesos para el tratamiento biológico de aguas residuales industriales*. Habana: Félix Varera, 2007
- [15] Metcalf & Eddy. *Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. 3a ed. Editorial McGraw-1998. Hill
- [16] Metcalf and Eddy, 2006. *Water Reuse: Issues Technologies, and Applications* (New York, USA).
- [17] Nemerow, Nelson. *Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos*. Madrid: Díaz de Santos, 1998.
- [18] Panizza, and Cerisola. 2010. Applicability of electrochemical methods to carwash wastewaters for reuse. Part 2: electrocoagulation and anodic oxidation integrated process". *Journal of Electroanalytical Chemistry* 638, 236-240. Accessed April 10, 2013.
- [19] Osorio, Francisco. *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes*. Madrid: Díaz de Santos, 2010.
- [20] Pedraza, Gustavo. *Guía para la gestión y manejo integral de residuos en el servicio de lavado de vehículos*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2010.
- [21] Prieto, Carlos. *El agua: sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación*. Bogotá: Ecoe, 2004.
- [22] Ramos, Rauden., and Sepúlveda. *El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis*. México, D.F: Plaza y Valdés, 2003.
- [23] Rubio, Carissimi, and Rosa JJ. "Flotation in water and wastewater treatment and reuse: recent trends in Brazil. *International Journal of Environment and Pollution. Sci*, vol. 30, pp. 193-207, 2007 [En línea]. [Accedido: 25-abril-2013]
- [24] Rigola, Miguel. *Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales*. Barcelona: Marcombo, 1990.
- [25] Seoáñez. Mariano. *Ecología industrial: ingeniería aplicada a la empresa*. Barcelona: Mundi Prensa, 1997.
- [26] Seoáñez, Mariano. *Manual de tratamiento, reciclado, aprovechamiento y gestión de las aguas residuales de las industrias agroalimentarias*. Madrid: Mundi-Prensa, 2002.
- [27]

Sierra, Carlo. *Calidad del agua, evaluación y diagnóstico*. Medellín: Universidad de Medellín, 2011.

- [28] Tratamiento De Aguas Residuales Industriales. Analiza Calidad Consultores. Consultado el 31 de mayo del 2013. Disponible en: <http://www.analizacalidad.com/aguas.pdf>
- [29] Zaneti, Etchepare, and Jorge Rubio, “Car wash wastewater reclamation. Full-scale application and upcoming features”, *Conservation and Recycling. Sci*, vol. 55, pp. 953-59, 2011 [En línea]. [Accedido: 03-abril-2013]
- [30] Zaneti, Etchepare, and Jorge Rubio, “More environmentally friendly vehicle washes: water reclamation”. *Journal of Cleaner Production. Sci*, vol. 37, pp. 115-24, 2012 [En línea]. [Accedido: 03-abril-2013]

VI. Anexos

Anexo 6.1: Carta emitidas por EPSEL S.A.



**ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS
DE SANEAMIENTO DE LAMBAYEQUE S.A.**

*"TRABAJAMOS PERMANENTEMENTE PARA LLEVARLE AGUA DE
LA MEJOR CALIDAD, CUIDELA NO LA DESPERDICIE"*

Carta N° 205-2009 EPSEL SA/GC 01 JUL, 2009

Señor(a):
Martinez Coronado Dario.
Calle Colombia N° 901
Urb. Barsallo

Ciudad

Asunto: Mantenimiento Preventivo Redes Agua y Alcantarillado.

Ref: Carta N° 131-2009 EPSEL SA/GG/GC

Como es de su conocimiento, personal de nuestra representada procedió a realizar la inspección Interna y externa de su predio, contando ésta con dos códigos, determinándose lo siguiente:



- La primera conexión ubicada en la calle Colombia N° 901-Urb. Barsallo y registrada en el sistema con código 01.01.08.189.200, tiene Tarifa COM II A, tipo de servicio Agua y Desague, cuenta con Pozo Tubular, se observa que su actividad comercial es un lavadero de vehículos y uso doméstico. La descarga del servicio de desagüe no cuenta con trampa para sólidos ni tampoco con los filtros adecuados para grasas y aditivos, lo que puede llevar a la obstrucción o atoro de las redes de alcantarillado disminuyendo la vida útil de las mismas, así como también contribuye a la contaminación de las zonas adyacentes.
- La segunda conexión registrada en nuestro sistema con código 01.01.08.189.205, tiene tarifa COM II B, tipo de servicio sólo Desagüe.

Por lo tanto, mi representada procederá de acuerdo a la norma vigente, instalación de medidor según diámetro de conexión(01.01.08.189.200), instalación de medidor en la salida del pozo tubular para controlar su consumo y facturar lo que corresponda por el uso de alcantarillado(01.01.08.189.200).

Asimismo, usted deberá instalar trampas para sólidos y grasas en las descargas de su conexión de desagüe.

Sin otro particular, quedo de usted.


Atentamente,

ING° EVER GARCIA RODRIGUEZ
Gerente Comercial

C: S.M.B.F.C. S.G.C.U.C.

Anexo 6.2: Carta emitidas por EPSEL S.A.



**ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS
DE SANEAMIENTO DE LAMBAYEQUE S.A.**

*"TRABAJAMOS PERMANENTEMENTE PARA LLEVARLE AGUA DE
LA MEJOR CALIDAD, CUIDELA NO LA DESPERDICIE"*

CARTA N° 189 -2010-EPSEL S.A/GG/GC.

Chiclayo, 07 SET. 2010

Señor
DARIO MARTINEZ CORONADO
Calle Colombia N° 901 – P.J. Luján
DISTRITO JOSE L. ORTIZ
CIUDAD.-

ASUNTO : EVACUACION DE SÓLIDOS

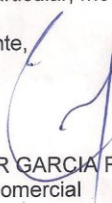

REF. : Informe N° 213-2010-EPSEL S.A/GC/SGCC.

Por el presente me dirijo a usted para solicitarle se sirva ejecutar las acciones correctivas para el sistema de limpieza y evacuación de sólidos, que debe realizar en las cajas donde se encuentran ubicadas las trampas para sólidos producto del lavado de carros que realizan en su propiedad, por cuanto de la inspección realizada por nuestra Sub Gerencia de Catastro de Clientes, se ha podido constatar que el sistema actual de limpieza origina el drenaje de líquidos hacia la parte externa afectando propiedad de terceros (pistas y veredas), por lo que en un plazo de 05 días deberá solucionar esta problemática, caso contrario se aplicará las sanciones establecidas en nuestro Reglamento de Calidad de Prestación de Servicios (Art. 126° de la Resolución de Consejo Directivo N° 011-2007-SUNASS-CD.)

Agradeciendo a usted se sirva comunicar a esta Gerencia las acciones correctivas adoptadas sobre este particular, en el plazo antes indicado.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,

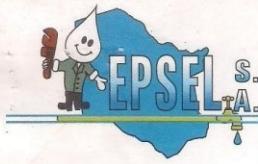



ING. EVER GARCIA RODRIGUEZ
Gerente Comercial

EGR/fm

OFICINAS: Av. Sáenz 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 - Pag. Web.: www.epsel.com.pe

Anexo 6.3: Resultados de laboratorio EPSEL S.A.



**ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS
DE SANEAMIENTO DE LAMBAYEQUE S.A.**

**"TRABAJAMOS PERMANENTEMENTE PARA LLEVARLE AGUA DE
LA MEJOR CALIDAD, CUIDELA NO LA DESPERDICIE"**

EPSEL S.A.
GERENCIA OPERACIONAL
OFICINA CONTROL DE CALIDAD

**RESULTADOS DE ENSAYOS FÍSICOS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS
SERVICENTRO MARTINEZ S.A.**

PARÁMETROS	CANAL DE LAVADO	CAJA DE AFORO
Código de la muestra	LCC-4386-13	LCC-4387-13
Fecha de Análisis:	26/10/2013	26/10/2013
PH	8.19	8.19
DBO5.mg/l	2171	1178
DOO.mg/l	2876	1940
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.7	0.3
COLIFORMES TOTALES, NMP/100	1.30E+06	5.40E+06

OBSERVACIONES:

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



Anexo 6.4: Resultados de laboratorio EPSEL S.A.


**ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS
DE SANÉAMIENTO DE LAMBAYEQUE S.A.**

"TRABAJAMOS PERMANENTEMENTE PARA LLEVARLE AGUA DE
LA MEJOR CALIDAD, CUIDELA NO LA DESPERDICIE"

EPSEL S.A.
GERENCIA OPERACIONAL
OFICINA CONTROL DE CALIDAD

RESULTADOS DE ENSAYOS FÍSICOS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS
SERVICENTRO MARTINEZ S.A.

PARÁMETROS	CANAL DE LAVADO	CANAL DE LAVADO
Código de la muestra	LCC- 4386 -14	LCC- 4387 -14
Fecha de Análisis:	23/12/2013	23/12/2013
PH	7.1	7
DBO5.mg/l	1482	1311
DOO.mg/l	1477	2080
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.6	0.4
COLIFORMES TOTALES, NMP/100	2.30E+06	1.40E+06

OBSERVACIONES:

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



Anexo 6.5: Resultados de laboratorio FIQIA-UNPRG



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



ANALISIS N° 085-2014-UST-FIQIA

26 de agosto del 2014

SOLICITANTE : MARTINEZ VEGA BRAYAN
ASUNTO : Análisis Físico Químico
MUESTRA : Agua Residual de lavados de vehículos
N° DE MUESTRAS : 01
PROCEDENCIA : Servicentro Martinez-Chiclayo
FECHA DE RECEPCIÓN : 19-08-2014
FECHA DE REPORTE : 22-08-2014

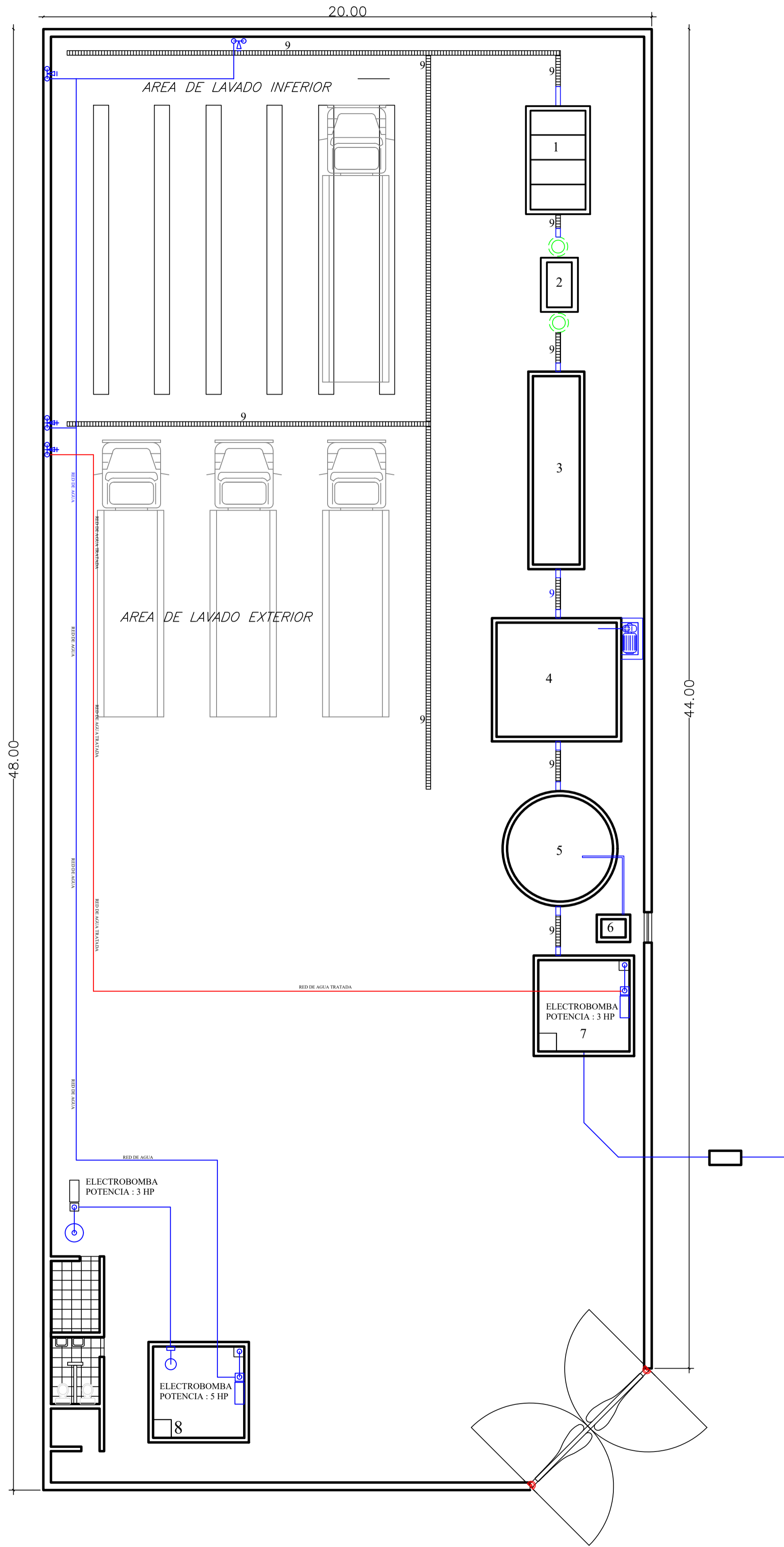
RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

DETERMINAR	MEDIDA	RESULTADOS		
Aceites y Grasas	mg/Lt de aceite	140	151	158


CONCLUSIONES:

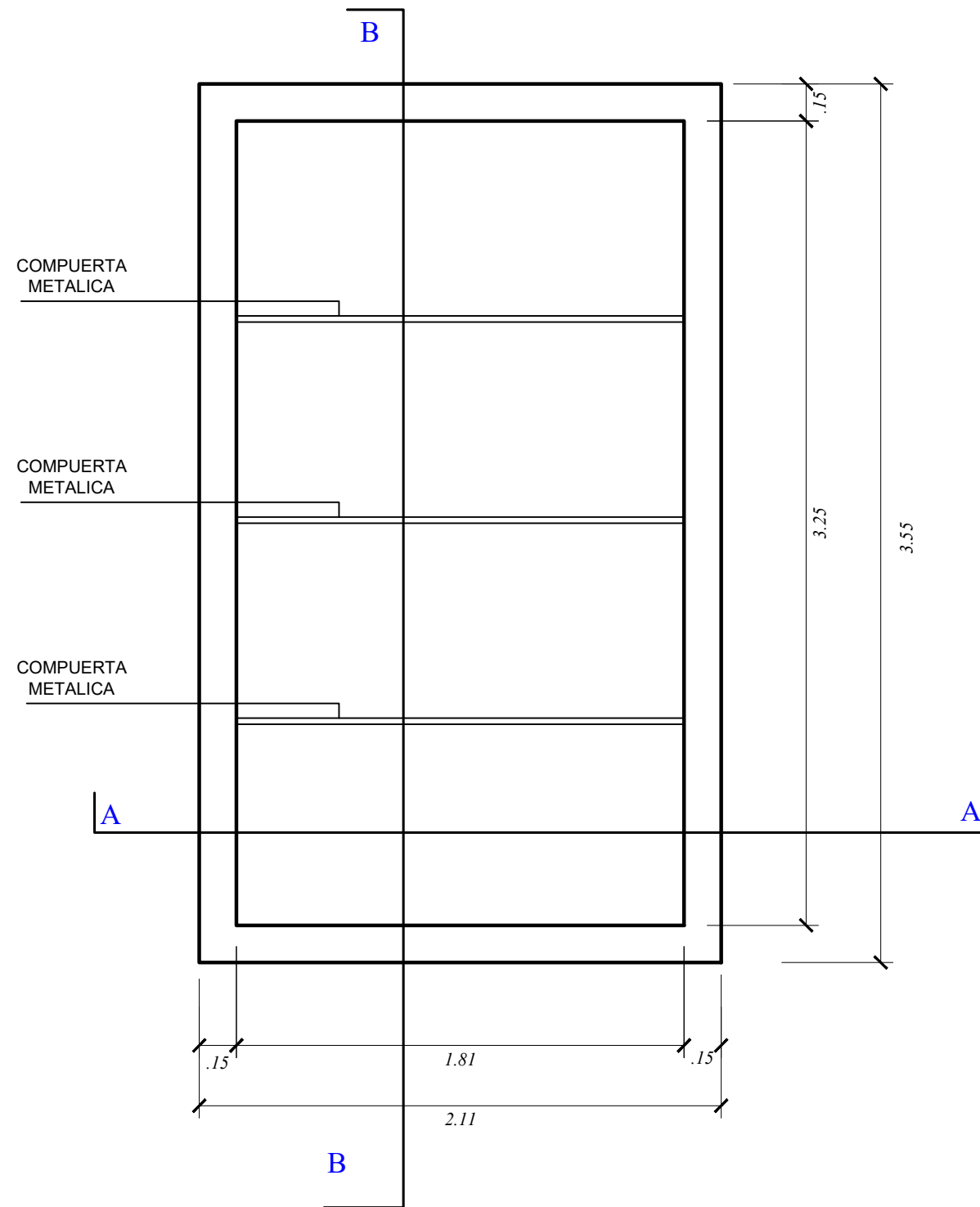
La muestra de Agua de Pozo Tubular analizada en este Laboratorio, no se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles, según Norma Técnica Peruana según D.S. 002-2008-MINAM.

Ing. M.Sc. IVAN P. CORONADO ZULOETA
 ANALISTA

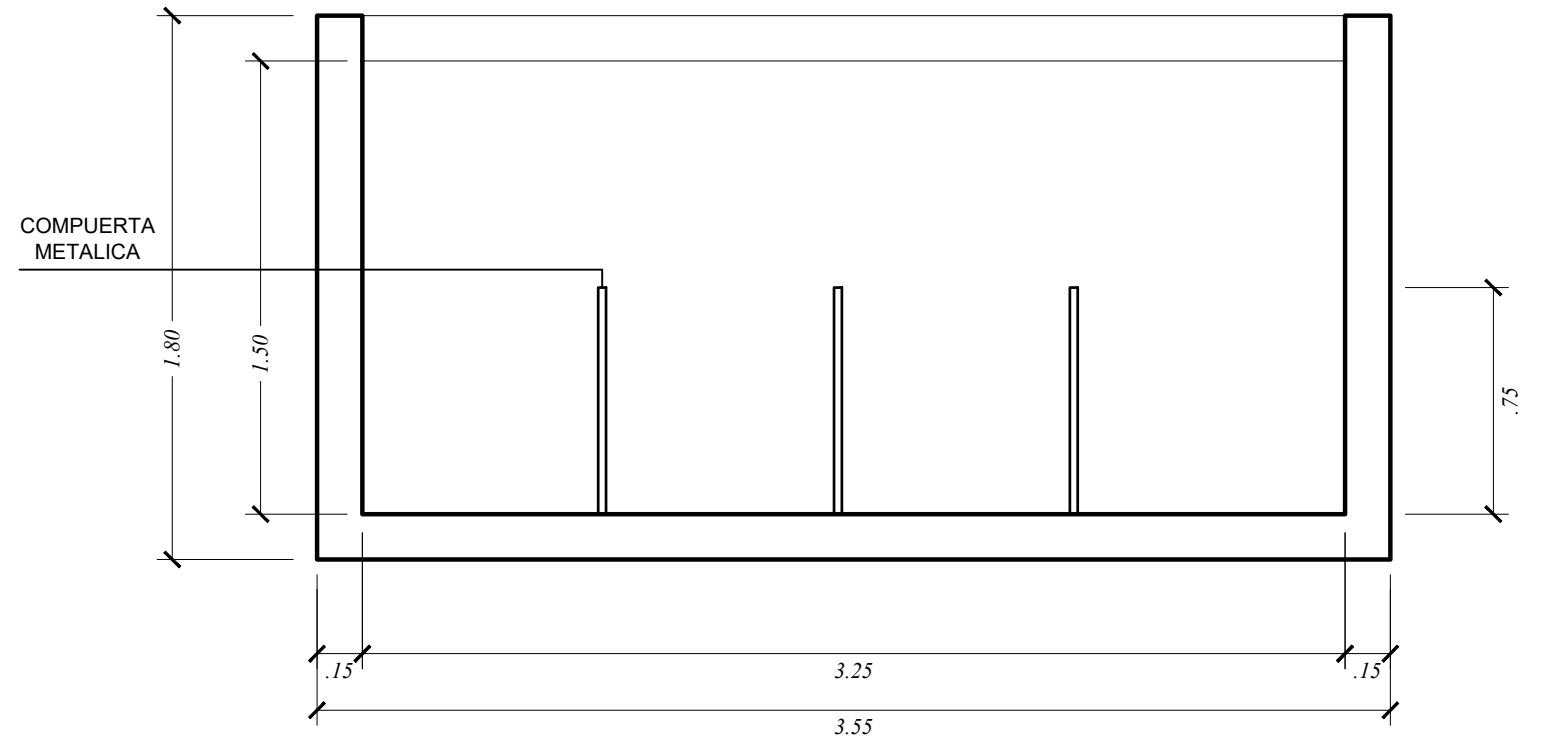


LEYENDA	
1	DESARENADOR
2	TRAMPA DE GRASA
3	SEDIMENTADOR PRIMARIO
4	REACTOR DE AIRE
5	SEDIMENTADOR SECUNDARIO
6	TANQUE DE LODOS
7	CISTERNA DE AGUA TRATADA 27 m3
8	CISTERNA DE AGUA LAVADO 27 m3
9	CANAL DE ENTRADA

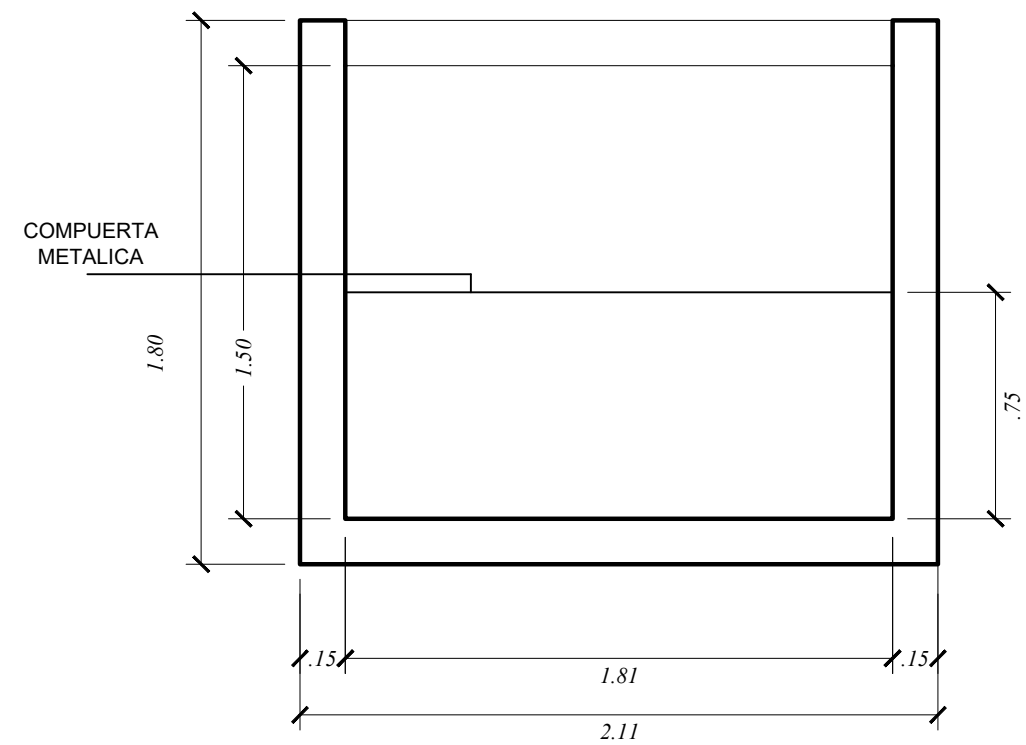
	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO			
	PROYECTO: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES, PRODUCTO DEL SERVICIO DE LAVADO DE VEHICULOS EN LA EMPRESA SERVICENTRO MARTINEZ SAC.			
DISEÑO: BRAYAN LIROILL MARTINEZ VEGA	PLATA GENERAL		PLANO N°:	REV.:
APROBADO POR: ING. EDITH ANABELLE ZEGARRA GONZALES	DIBUJO: B. MARTINEZ V.	FECHA: OCTUBRE 2018	ESC.: 1/100	01
			A	



PLANTA - DESARENADOR

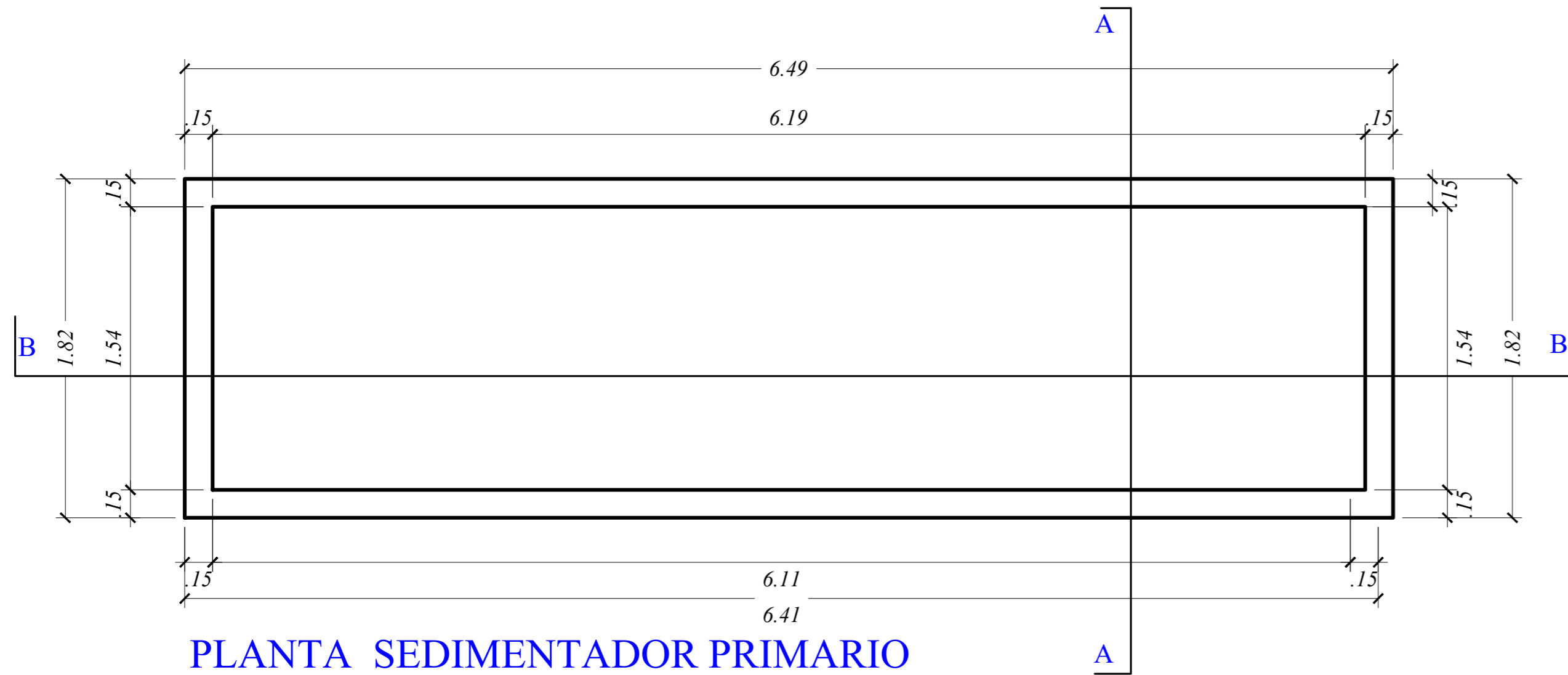


CORTE B - B

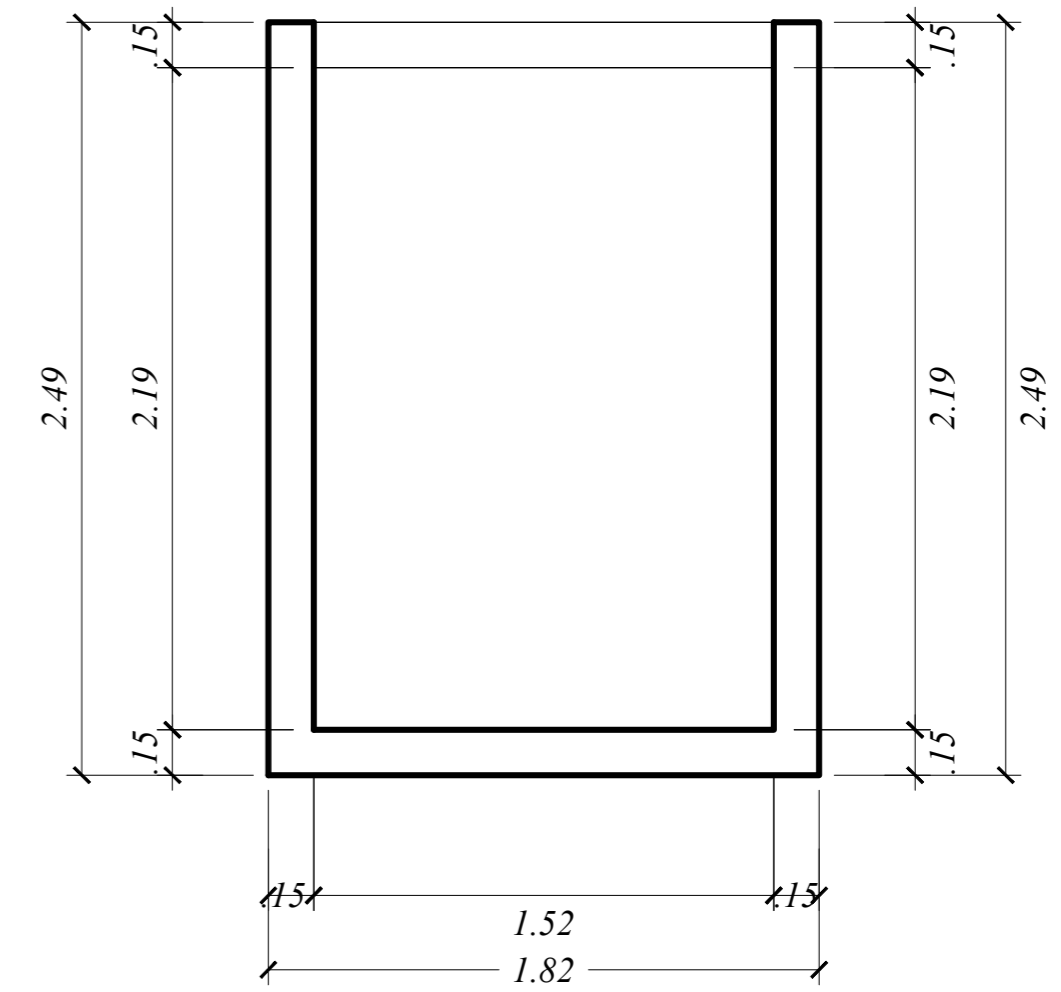


CORTE A - A

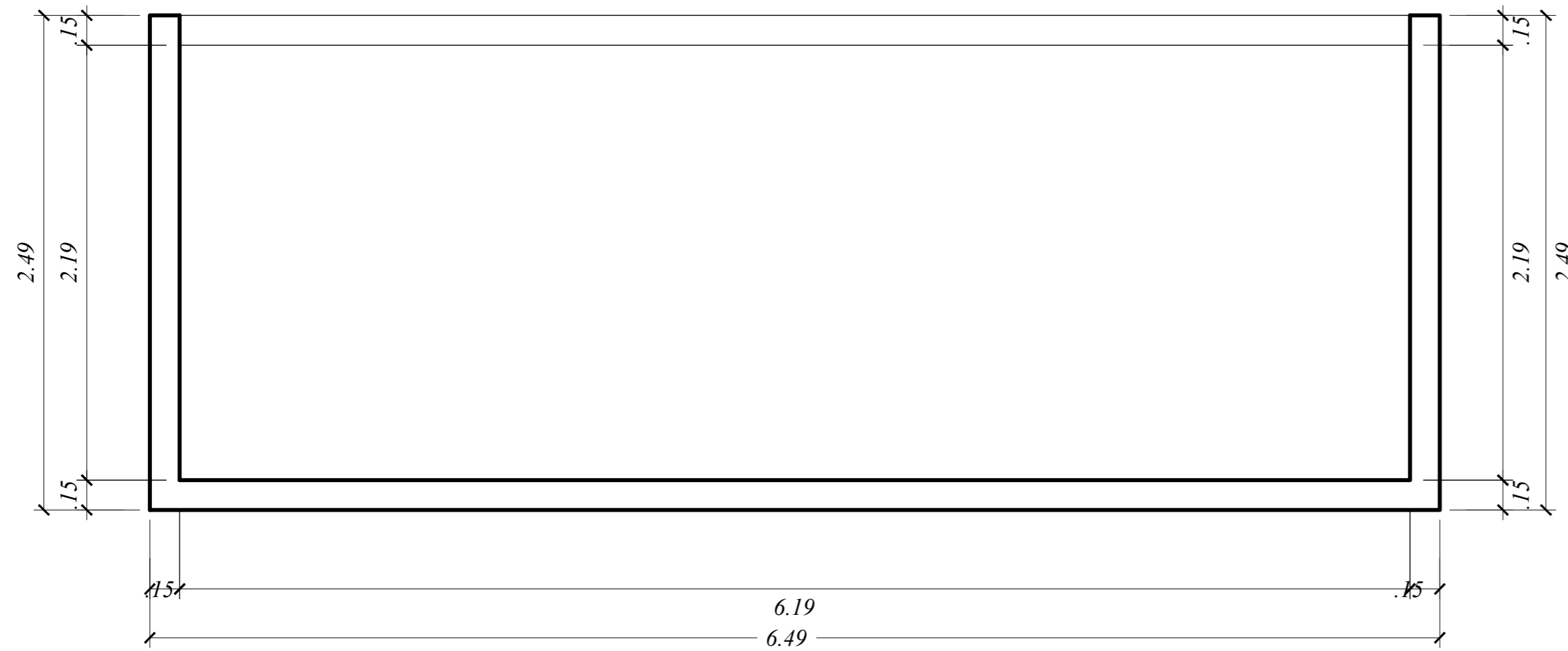
	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO			
	PROYECTO: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES, PRODUCTO DEL SERVICIO DE LAVADO DE VEHICULOS EN LA EMPRESA SERVICENTRO MARTINEZ SAC.			
DISEÑO: BRAYAN LIROILL MARTINEZ VEGA	PLANO: DESARENADOR		PLANO N°:	REV.:
APROBADO POR: ING. EDITH ANABELLE ZEGARRA GONZALES	DIBUJO: B. MARTINEZ V.	FECHA: OCTUBRE 2018	ESC.: 1/25	02 A



PLANTA SEDIMENTADOR PRIMARIO



CORTE A - A



CORTE B - B



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

DISEÑO:
BRAYAN LIROILL MARTINEZ VEGA

PROYECTO:
PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES, PRODUCTO DEL SERVICIO DE LAVADO DE VEHICULOS EN LA EMPRESA SERVICENTRO MARTINEZ SAC.

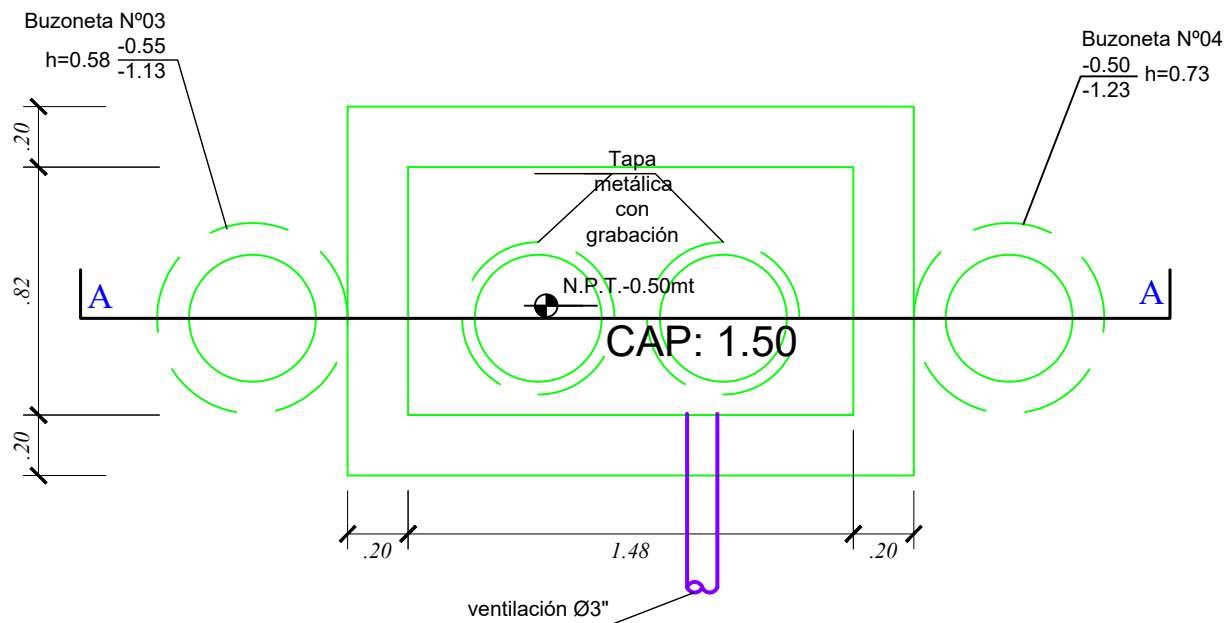
APROBADO POR:
ING. EDITH ANABELLE ZEGARRA GONZALES

PLANO:
SEDIMENTADOR PRIMARIO

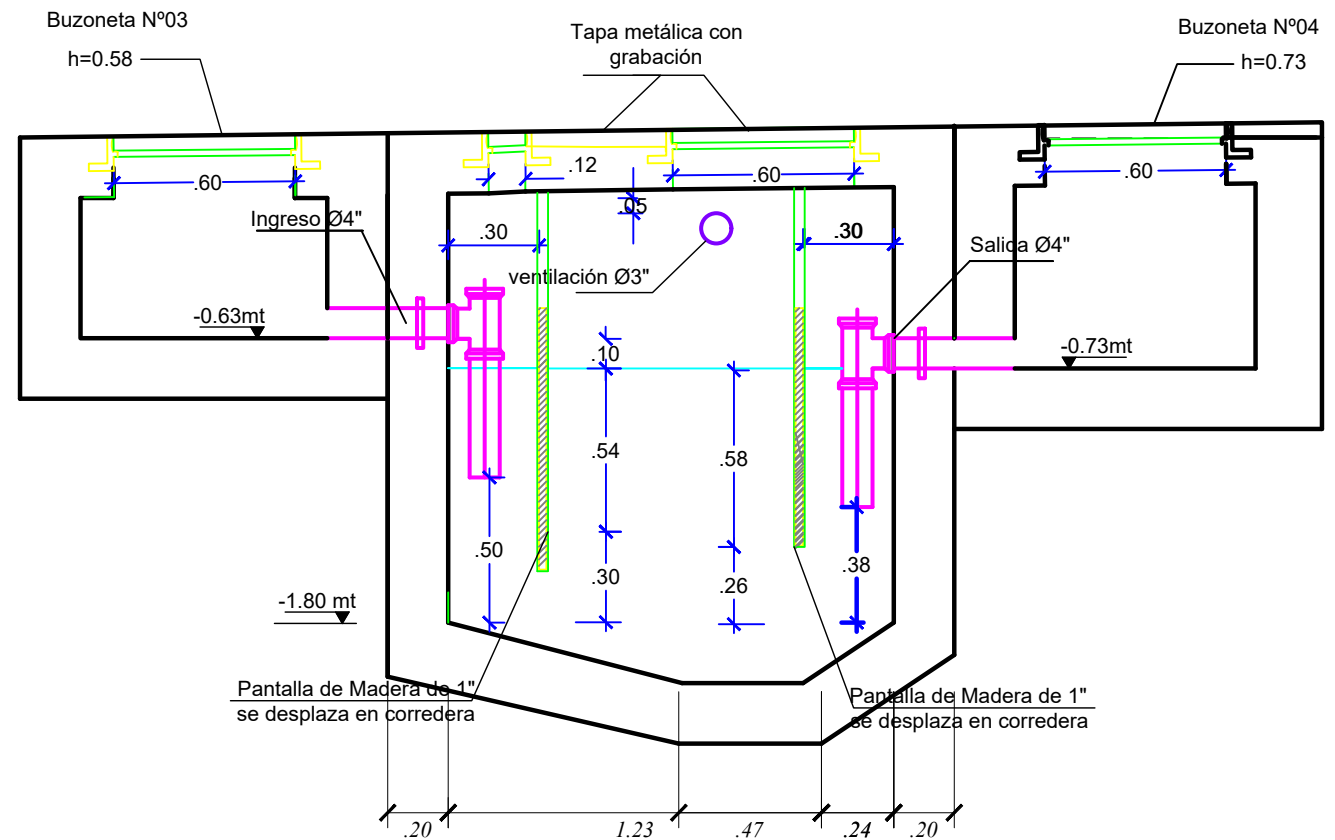
DIBUJO: B. MARTINEZ V. FECHA: OCTUBRE 2018 ESC.: 1/25

PLANO N°:
03

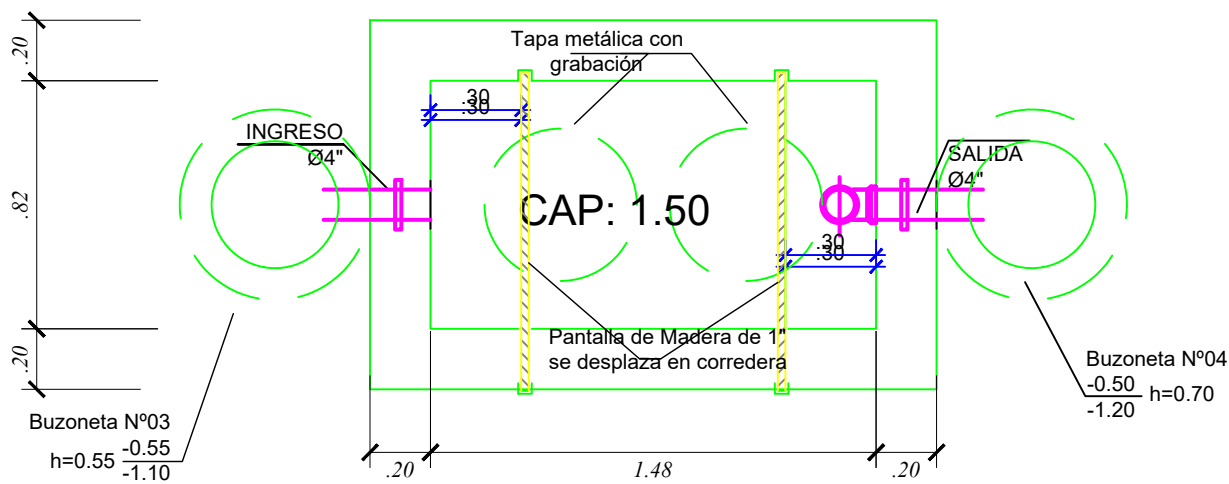
REV.:
A



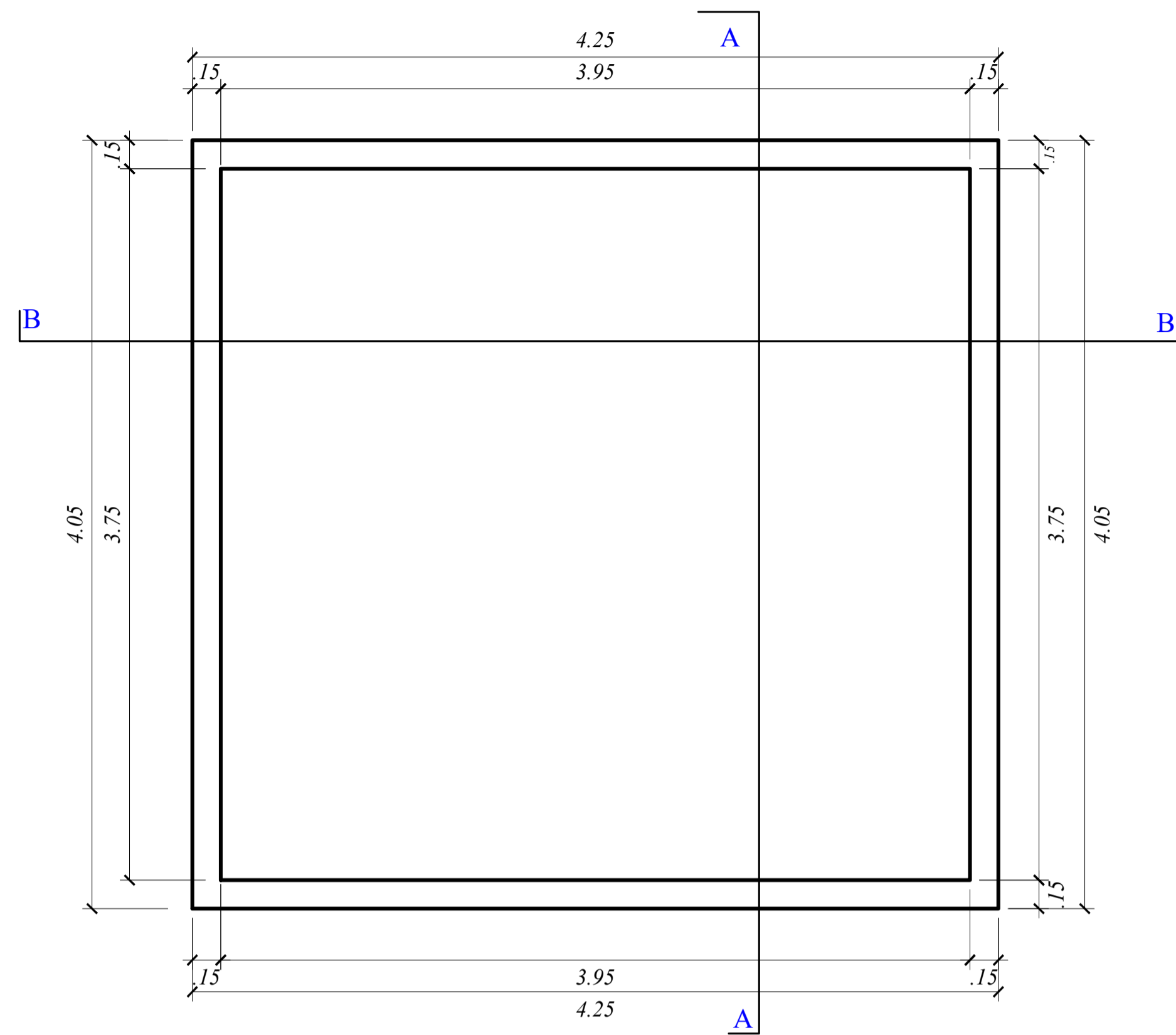
PLANTA
TRAMPA DE GRASAS



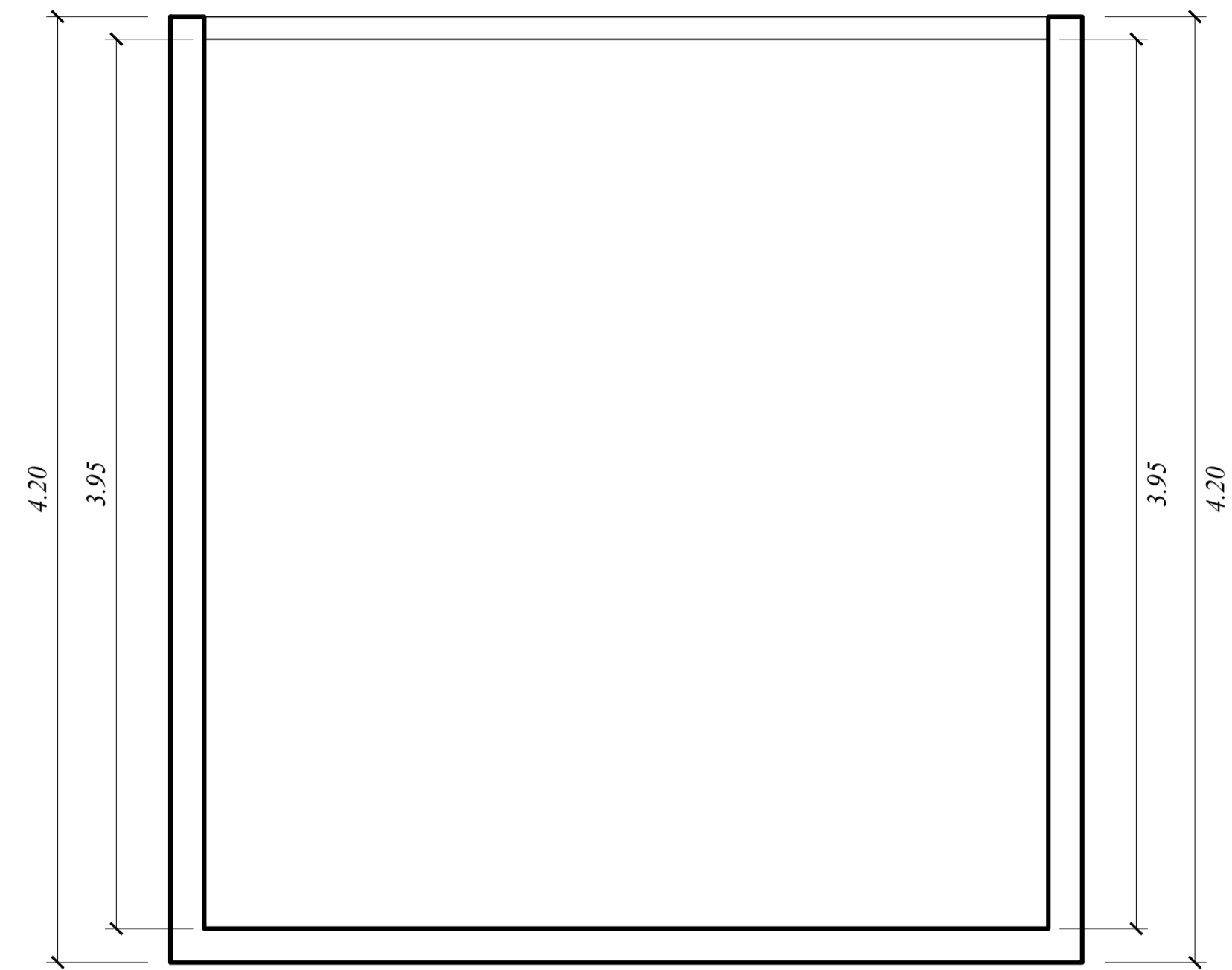
CORTE A - A



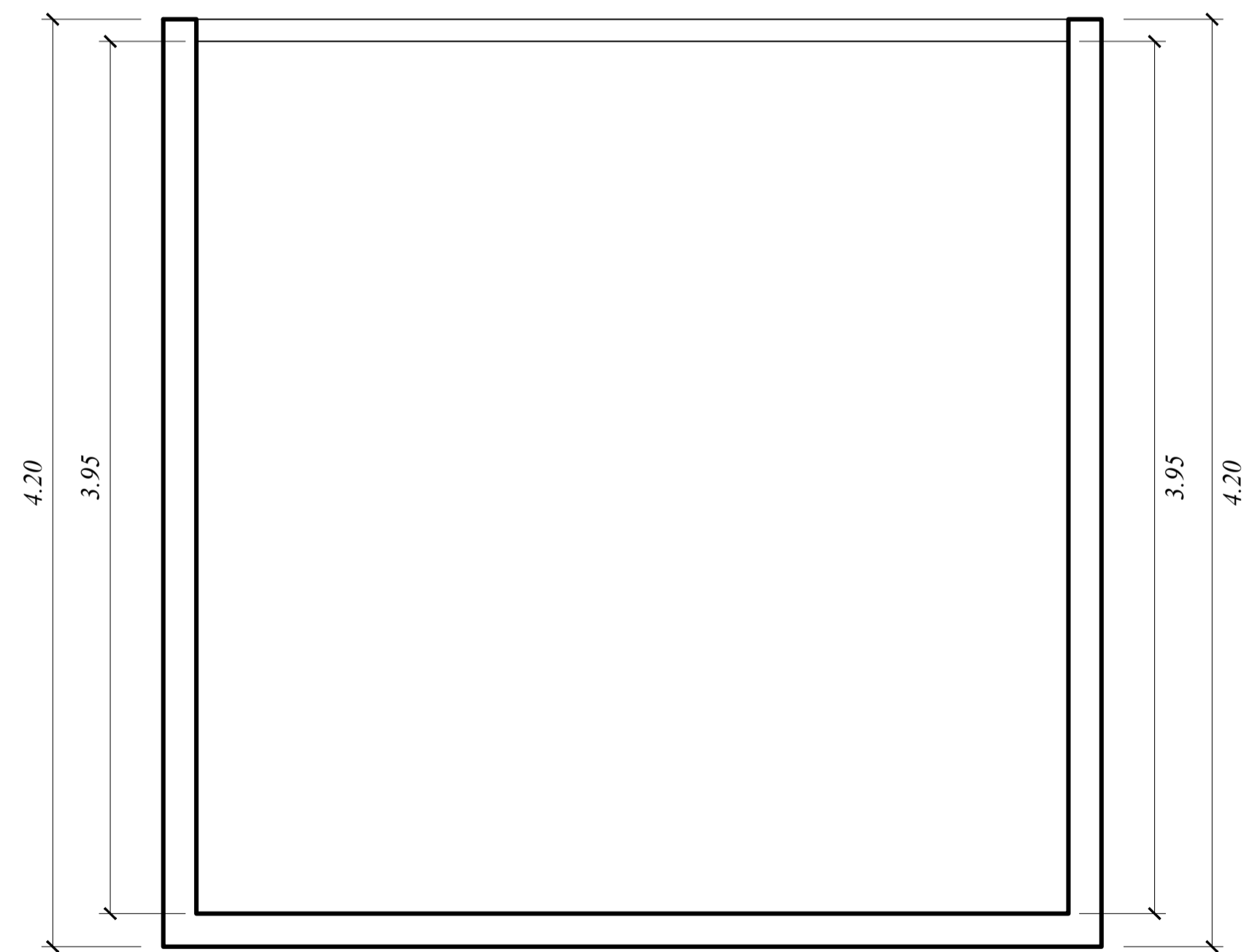
	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO			
	PROYECTO: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES, PRODUCTO DEL SERVICIO DE LAVADO DE VEHICULOS EN LA EMPRESA SERVICENTRO MARTINEZ SAC.			
DISEÑO: BRAYAN LIROILL MARTINEZ VEGA	PLANO: TRAMPA DE GRASAS		PLANO N°:	REV.:
APROBADO POR: ING. EDITH ANABELLE ZEGARRA GONZALES	DIBUJO: B. MARTINEZ V.	FECHA: OCTUBRE 2018	ESC.: 1/25	04
				A



PLANTA - REACTOR DE AIRE

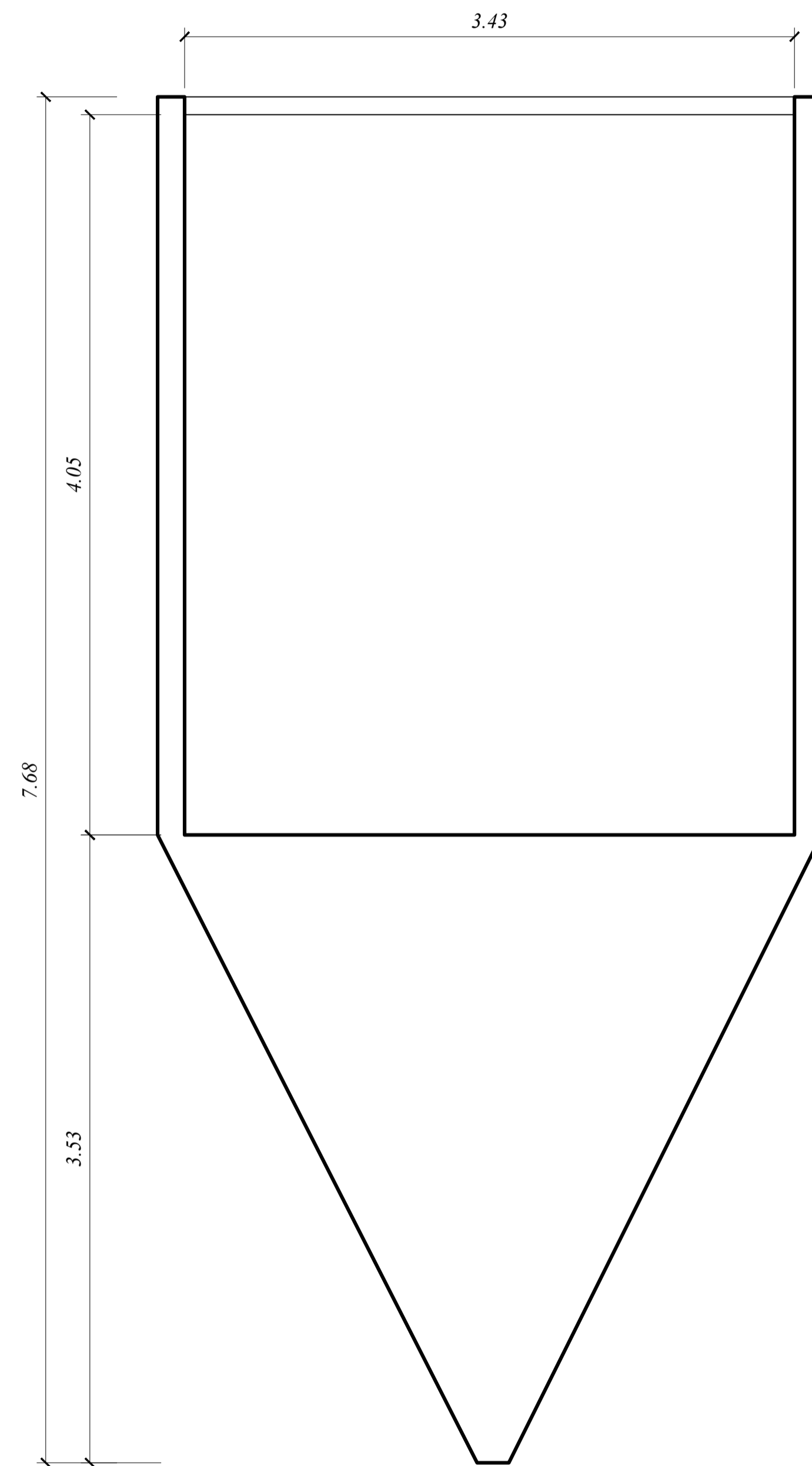


CORTE A-A

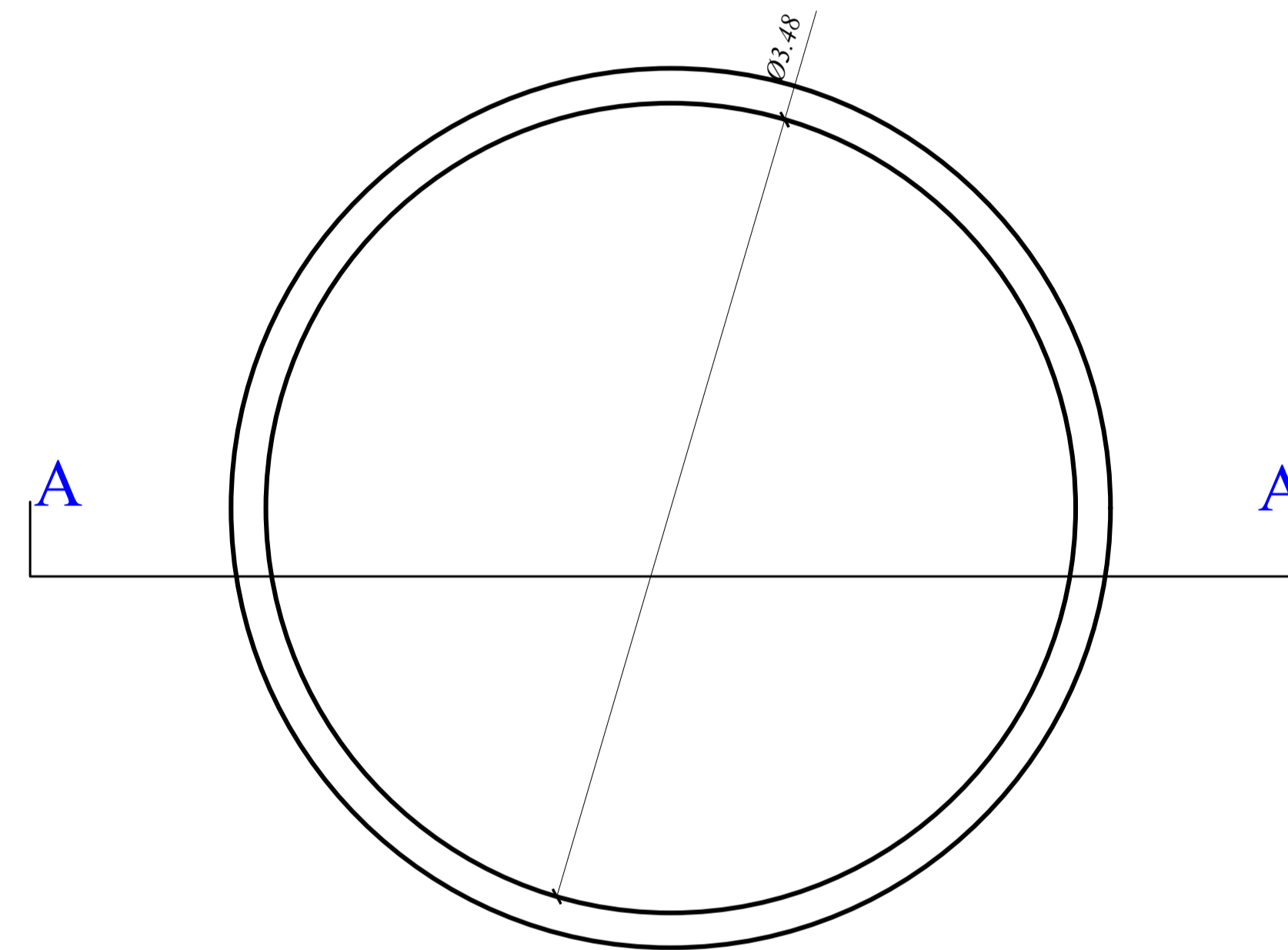


CORTE B-B


	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO		
	PROYECTO: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES, PRODUCTO DEL SERVICIO DE LAVADO DE VEHICULOS EN LA EMPRESA SERVICENTRO MARTINEZ SAC.		
DISEÑO: BRAYAN LIROILL MARTINEZ VEGA	PLANO: REACTOR DE AIRE		PLANO N°:
APROBADO POR: ING. EDITH ANABELLE ZEGARRA GONZALES	DIBUJO: B. MARTINEZ V.	FECHA: OCTUBRE 2018	ESC.: 1/25
			REV.: 05
			A

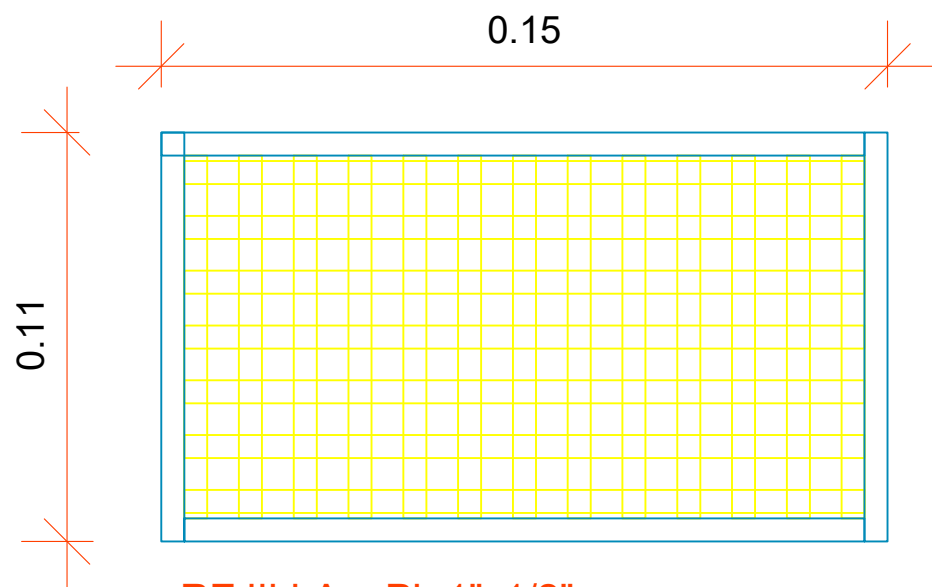


CORTE A-A



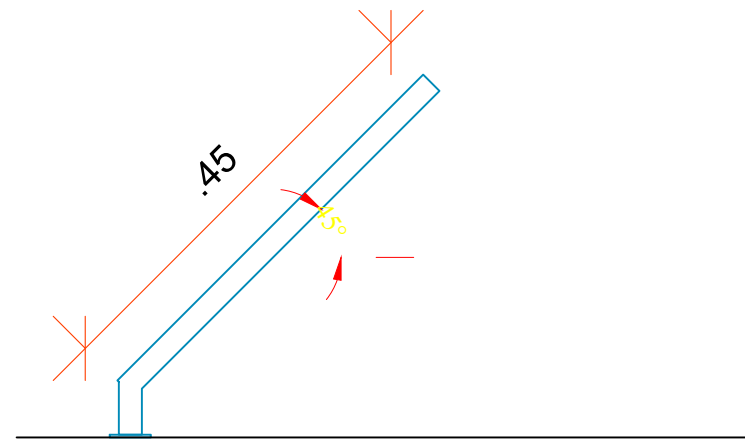
PLANTA - SEDIMENTADOR SECUNDARIO

	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO		
	PROYECTO: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES, PRODUCTO DEL SERVICIO DE LAVADO DE VEHICULOS EN LA EMPRESA SERVICENTRO MARTINEZ SAC.		
DISEÑO: BRAYAN LIROILL MARTINEZ VEGA	PLANO: SEDIMENTADOR SECUNDARIO	PLANO N°: 06	REV.: A
APROBADO POR: ING. EDITH ANABELLE ZEGARRA GONZALES	DIBUJO: B. MARTINEZ V.	FECHA: OCTUBRE 2018	ESC.: 1/25



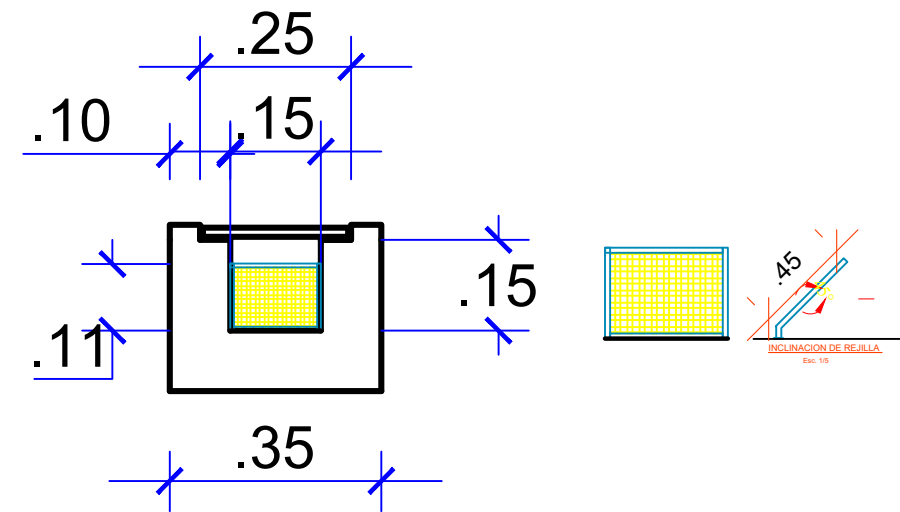
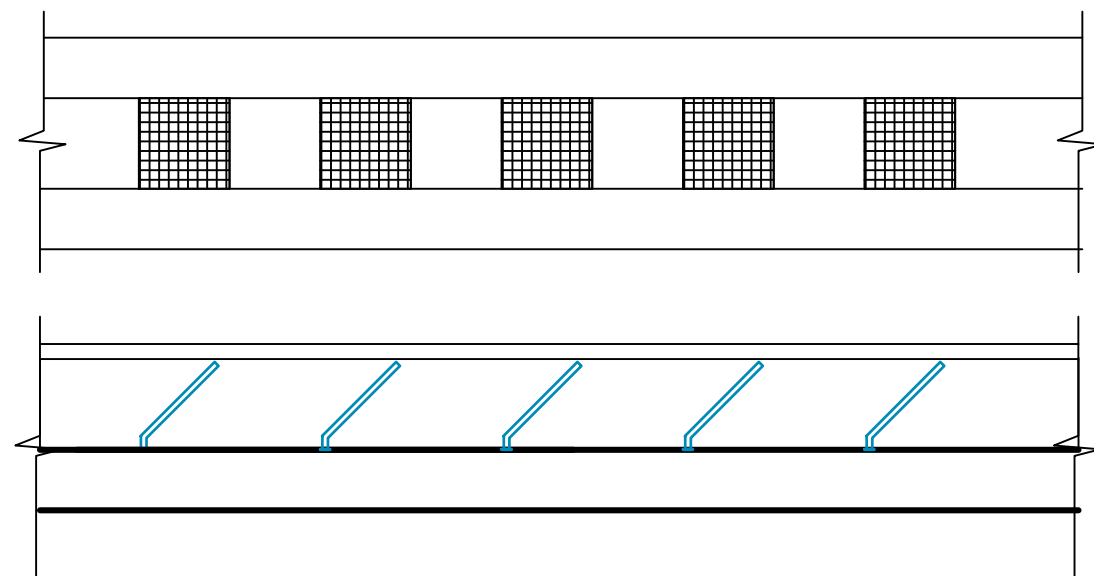
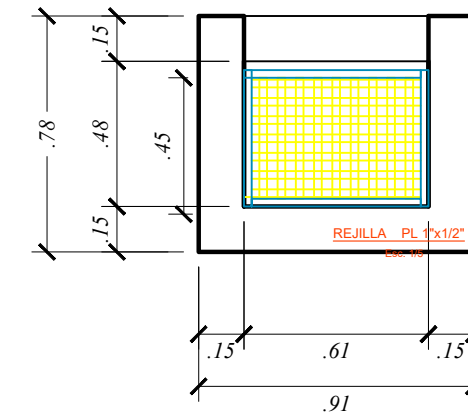
REJILLA PL 1"x1/2"

Esc. 1/5



INCLINACION DE REJILLA

Esc. 1/5



	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO			
	PROYECTO: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES, PRODUCTO DEL SERVICIO DE LAVADO DE VEHICULOS EN LA EMPRESA SERVICENTRO MARTINEZ SAC.			
DISEÑO: BRAYAN LIROILL MARTINEZ VEGA	PLANO: CANAL DE ENTRADA		PLANO N°:	REV.:
APROBADO POR: ING. EDITH ANABELLE ZEGARRA GONZALES	DIBUJO: B. MARTINEZ V.	FECHA: OCTUBRE 2018	ESC.: 1/25	07 A