

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO Y RECIRCULACIÓN DEL AGUA RESIDUAL GENERADA EN LA LUBRICADORA JOB”

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN AGUA
Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

KATTY JOSELYN LLUMIQUINGA MANCHENO

kathyjosslyn@hotmail.com

KAREN ESTEFANIA MINTA FIGUABE

stefylu2013@gmail.com

DIRECTOR

ING. NATHALY AMENDAÑO

nathaly.amendaño@epn.edu.ec

CO-DIRECTOR DEL PROYECTO

ING. LUIS JARAMILLO

luis.jaramillo@epn.edu.ec

Quito, marzo 2018

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Katty Joselyn Llumiquinga Mancheno y Karen Estefania Minta Piguabe, bajo mi supervisión.

Ing. Nathaly Amendaño

DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Luis Jaramillo

CODIRECTOR DE PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotros, KATTY JOSELYN LLUMIQUINGA MANCHENO y KAREN ESTEFANIA MINTA PIGUABE, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Katty Joselyn Llumiquinga
Mancheno

Karen Estefania Minta Piguabe

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES.....	8
1.1 Introducción.....	8
1.2 Definición del problema	8
1.3 Justificación.....	9
1.4 Objetivos	10
1.4.1 Objetivo general	10
1.4.2 Objetivo específico	10
1.5 Alcance	11
1.5.1 Alcance geográfico	11
1.5.2 Alcance técnico.....	11
1.6 Agua Residual.....	11
1.6.1 Clasificación de las aguas residuales	11
1.6.2 Características generales de las aguas residuales.	12
1.7 Efectos contaminantes de las aguas residuales de las lubricadoras	13
1.8 Caudal.....	14
1.9 Marco de referencia legal ambiental	15
1.9.1 Ley de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua	15
1.9.2 Texto Unificado de Legislación Secundaria.....	16
1.9.3 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2266	17
1.10 Sistemas de tratamiento convencionales de agua residual.....	18
1.10.1 Tratamiento preliminar para aguas residuales	18
1.10.2 Tratamiento primario para aguas residuales	24
1.10.3 Tratamiento Secundario	34
1.10.4 Tratamiento terciario avanzado.....	36
1.11 Sistemas de recirculación de agua	36
2. METODOLOGÍA.....	41

2.1	Descripción de actividades de la Lubricadora “Job”	41
2.2	Descripción de la infraestructura de la lubricadora “Job”	42
2.2	Plan de monitoreo para la caracterización del agua generada en la lubricadora “Job”	43
2.3	Plan de caracterización del agua residual de la lubricadora “Job”	45
2.4	Sistema de recirculación de agua	51
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
3.1	Resultados de la medición de caudales	53
3.2	Resultados de caracterización de aguas residuales.	54
3.3	Resultados del sistema de tratamiento.	57
3.3.1	Canal de llegada.....	57
3.3.2	Rejillas finas.....	58
3.3.3	Sedimentador circular.....	59
3.3.4	Trampa de grasas	60
3.4	Resultados del sistema de recirculación.....	62
3.5	Evaluación del costo beneficio del diseño	63
4.	CONCLUSIONES.....	66
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	68
6.	ANEXOS.....	LXXI
6.1	ANEXO 1: Lectura de medición de caudales	LXXII
6.2	ANEXO 2: Cálculos para el diseño del sistema de tratamiento de agua residual.	LXXIII
6.3	ANEXO 3: Evidencias del plan de muestreo	LXXX
6.4	ANEXO 4 Diagrama de flujo del sistema de tratamiento y recirculación de agua residual de la lubricadora “Job”	LXXXIII

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de las aguas residuales	13
Tabla 2 Clases de sedimentación en aguas residuales	25
Tabla 3 Velocidad de sedimentación de partículas	28
Tabla 4 Dimensionamiento recomendado para la trampa de grasas según el caudal de diseño.	34
Tabla 5 Dimensiones del pozo colector de la lubricadora "Job"	43
Tabla 6 Envase, tipo y tamaño de muestra, preservación y almacenamiento.	44
Tabla 7 Caudal máximo horario para el sistema de recirculación de agua	51
Tabla 8 Caudal máximo diario (l/min)	51
Tabla 9 Datos de medición de caudal.....	53
Tabla 10 Caudales de diseño	54
Tabla 11 Dimensionamiento del Canal de Llegada	58
Tabla 12 Dimensionamiento de rejillas finas	59
Tabla 13 Dimensiones para el diseño del sedimentador circular	60
Tabla 14 Dimensiones para el diseño de la trampa de grasas	61
Tabla 15 Diámetro del tanque de almacenamiento	62
Tabla 16 Consumo de agua	63
Tabla 17 Costo general del sistema de tratamiento	64
Tabla 18 Costo general del sistema de recirculación	64
Tabla 19 Registro de medición de caudales.....	LXXII
Tabla 20 Datos para el cálculo de rejillas finas de limpieza manual.....	LXXIV

RESUMEN

El presente proyecto se enfocó en el diseño de un sistema de tratamiento y recirculación del agua residual generada del lavado de vehículos de la lubricadora "Job". Mediante el plan de muestreo, se realizó la medición de los caudales vertidos por la lubricadora, así como la recolección de muestras para la caracterización de parámetros físicos y químicos de las aguas residuales generadas, para compararlas con el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULSMA), Libro VI, Anexo 1, Tabla 8, determinando la calidad del efluente que está siendo vertido al sistema de alcantarillado público.

Los resultados obtenidos de la caracterización de agua mostraron que los parámetros: aceites y grasas, agentes tenso activos, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos se encuentran fuera de los límites establecidos en la Normativa correspondiente, encaminando el desarrollo del diseño de las unidades de tratamiento y recirculación.

A partir del diseño del sistema de tratamiento y recirculación se llevó a cabo la evaluación del costo beneficio del proyecto, considerando aspectos ambientales y económicos que se generarán en caso de que se lleve a cabo su implementación.

Palabras clave: agua residual, caracterización, dimensionamiento

ABSTRACT

The current project focuses on the design of a system of treatment and recirculation of waste water generated from the washing of vehicles of the lubricadora "Job". Using the sampling plan, the measurement was performed of the Flows dumped by the lubricadora, as well as the collection of samples for the characterization of physical and chemical parameters of the wastewater generated, to compare with the "Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULSMA), Libro VI, Anexo 1, Tabla 8", determining the quality of the effluent being discharged.

The results obtained from the water characterization showed that the parameters: oils and fats, active tense agents, chemical oxygen demand and suspended solids are outside the limits established in the corresponding regulations, The development of the design of the treatment and recirculation units.

Based on the design of the treatment and recirculation system, the cost-benefit assessment of the project was carried out, considering the environmental and economic aspects that will be generated in the event of its implementation.

Key words: wastewater, characterization, dimensioning.

1. GENERALIDADES

1.1 Introducción

En la ciudad de Quito es común encontrar lubricadoras de vehículos, que entre sus servicios ofertan el lavado de vehículos, representando uno de los sectores económicos más significativos en la provincia de Pichincha; según el estudio realizado por la Secretaria del Ambiente en todo el DMQ existen doscientas treinta y ocho micro empresas dedicadas al servicio de lavado y lubricación de vehículos (Ministerio del Ambiente, 2014). Al ser una de las actividades con mayor éxito económico, también surgen preocupaciones a nivel ambiental, basadas en la cantidad de residuos producidos por esta industria que, al no poseer un adecuado control y tratamiento de sus actividades tal como lo exige la legislación actual de nuestro país, representa un problema de carácter ambiental (Ministerio del Ambiente, 2014).

Según lo establece la Superintendencia de Servicios Sanitarios de Chile (Espinosa Sarria, 2011) se estima que el volumen de agua utilizado para lavar un vehículo es de 400 a 500l. El agua residual, producto del lavado de los vehículos es vertida a un cuerpo receptor, que puede ser la alcantarilla, río, quebrada, lago, etc. Cuando se realiza el proceso del lavado, el agua entra en contacto con residuos de aceite que, al ser descargados sin un tratamiento previo, causan la degradación de las propiedades de agua, ya que generan una capa impenetrable para el oxígeno, originando impactos negativos en las especies que habitan en este medio, así como animales y seres humanos que empleen las fuentes para su consumo (Ramos Olmos, Sepúlveda Marqués, & Villalobos Moreto, 2003).

1.2 Definición del problema

La regularización ambiental mediante el Sistema Único de Información Ambiental (SUIA) clasifica a la actividad de Construcción y/u operación de lubricadoras, lavadoras y venta de lubricantes como una actividad productiva de bajo impacto, las cuales deberán regularizarse ambientalmente a través de la obtención de un certificado de registro ambiental (Sistema Único de Información Ambiental, 2015). Sin embargo, al ser negocios de emprendimiento minoritario, en la mayoría, no cuentan con permisos de funcionamiento, legalización de tierras, regularización ambiental, entre otros; lo que puede afectar al desenvolvimiento de la actividad.

Al no contar con los permisos respectivos, el funcionamiento inadecuado de esta actividad puede afectar los servicios que brinda la municipalidad a la ciudad, tal es el caso del sistema de alcantarillado. Las descargas generadas durante el lavado de los vehículos, servicio de lubricación, cambio de aceite y revisión mecánica en general afecta a la red de alcantarillado, el consumo irracional del agua durante el proceso de lavado genera un gran desperdicio del recurso. En caso de no contar con permisos de funcionamiento la población aledaña se vería afectada por una alteración al paisaje, presencia de olores por el uso de lubricantes, detergentes y aditivos, y un alto riesgo por la presencia de instalaciones eléctricas y combustible, lo que afectaría a la comunidad circundante y el ornato de la ciudad.

Según investigaciones se establece “1 litro de aceite usado puede contaminar un millón de litros de agua y en el suelo provocaría una mancha de hasta 4.000 metros cuadrados. Así como cinco litros de este lubricante quemado pueden llegar a contaminar el aire que una persona respira en tres años” (Secretaría del Ambiente, 2016).

En base a los problemas antes mencionados, el presente estudio tiene como finalidad obtener un diagnóstico de la situación actual de los efluentes que son descargados por la “Lubricadora JOB” hacia el sistema de alcantarillado, el cual incluye el diseño de un sistema de tratamiento y recirculación del agua residual producto del proceso de lavado de vehículos, así como también el consumo responsable del recurso agua, acciones que a largo plazo representarán un rédito económico al negocio mencionado.

1.3 Justificación

En los últimos años el parque automotriz ha tenido una alta demanda a nivel mundial, según las investigaciones realizadas por la consultora Wards Auto, el número de vehículos en circulación es alrededor de 15 mil millones de unidades de acuerdo a las estadísticas realizadas hasta el 2015 (Cantera, 2011). Dicho factor ha incrementado el nivel de contaminación en los recursos naturales. En la actualidad se conoce que el parque automotriz en el Distrito Metropolitano de Quito tiene alrededor de 465.000 vehículos en circulación, según información de la Agencia Metropolitana de Transito, 2015. Debido a este fenómeno, así como también al incremento de los vehículos en la ciudad y la necesidad de darles mantenimiento, la industria de cambio de aceites y lavado de vehículos, mecánica en general se ha incrementado.

En concordancia con las estadísticas realizadas por el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) “reflejan que el 80% de las empresas patentadas en el Ecuador no registran algún gasto o inversión en protección ambiental y no cuentan con un estudio de impacto ambiental” (INEC, 2011), por lo que el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la lubricadora “Job” permitirá dar cumplimiento a la normativa planteada por el Ministerio del Ambiente en cuanto a descargas líquidas, a la vez que este sistema permitirá reducir la concentración de contaminantes y realizar una recirculación del caudal en este mismo proceso, ya que según (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1997) el consumo que registran las lavadoras de vehículos con agua tratada generan un costo elevado.

Desde un punto de vista integral y de vanguardia, la sociedad actual busca mantener un desarrollo sostenible en todas sus actividades, lo que involucra el control de los aspectos técnicos, sociales, económicos y ambientales. Desde esta perspectiva el presente proyecto se realiza en un establecimiento privado (Lubricadora “Job”), y busca controlar los aspectos ambientales generados en relación al recurso agua con el fin de reducir el consumo, mejorar la calidad del agua en la descarga; y mantener la eficiencia en el proceso de lavado de vehículos (Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2016); además promueve el uso eficiente del recurso hídrico mediante incentivos económicos que se lograrán a través de la reducción de gastos por el consumo de este recurso.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de tratamiento y recirculación de agua residual generada la lubricadora “Job”.

1.4.2 Objetivo específico

- Elaborar un plan de muestreo que abarque las variables físicas y químicas del agua, de acuerdo a la actividad industrial, sin alterar sus resultados.
- Caracterizar el agua residual de la Lubricadora “Job” procedente del lavado de vehículos para establecer el diagnóstico actual de su efluente.
- Diseñar un sistema de tratamiento y recirculación del agua residual de un proceso de lavado de vehículos.

- Evaluar el cumplimiento de la legislación que regula el agua de descarga de lavado de vehículos.
- Analizar el costo-beneficio del sistema de tratamiento del agua residual y de recirculación propuesto.

1.5 Alcance

1.5.1 Alcance geográfico

El trabajo de investigación se desarrolló en la Lubricadora “JOB”, ubicada en la Provincia de Pichincha, Cantón Quito, Parroquia de Chimbacalle, localizada a 2.942 m de altitud, entre las coordenadas geográficas 0°14'26.939" de latitud Sur, y 78°29'32.066" de longitud Oeste.

La lubricadora Job alcanza una extensión de 120 m² (0,012 hectáreas), empleando 84 m² de este espacio para el desarrollo de las actividades de lavado de vehículos.

1.5.2 Alcance técnico

La presente investigación se realizó mediante el levantamiento de información de caudales considerando las nueve horas laborables que emplea la lubricadora “Job” en un horario de 8:00 am hasta las 17:00 pm durante tres semanas, además se realizó un muestreo simple en el que se recolectaron muestras considerando las cargas contaminantes que se obtienen en los diferentes tipos de lavado.

Las muestras se recolectaron en botellas de plástico y de vidrio (ámbar) de 1l para luego ser analizados en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional.

1.6 Agua Residual

El agua residual es aquel efluente que resulta de las diferentes actividades antropogénicas o que por una u otra razón se alteró sus características naturales (Romero Rojas, 2008).

1.6.1 Clasificación de las aguas residuales

Según (Ramalho, Mayo de 2003) desde la década de los 60 se tomó en cuenta términos como la contaminación del agua, suelo y aire, debido a la constante

autodestrucción de la humanidad por conseguir un progreso material, sin embargo el impacto negativo que ha ocasionado a los diferentes factores ambientales, ha impulsado a la humanidad a corregir el deterioro del medio ambiente antes de que sea demasiado tarde.

- **Agua residual domestica**

Son aquellos líquidos que provienen de las viviendas, residencias, instituciones y edificios comerciales. Esta agua esta compuestas generalmente por materia orgánica biodegradable, nutrientes y organismos patógenos (Romero Rojas, 2008).

- **Agua residual grises**

Son aquellas aguas provenientes de inodoros, duchas, lavamanos y lavadoras; tienen presencia de sólidos suspendidos, demanda bioquímica de oxígeno, fósforos, grasas, detergentes, entre otros (Romero Rojas, 2008).

- **Agua residual negra**

Son aquellos efluentes provenientes de inodoros los cuales están compuestos de orina y excremento humanos, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno, coliformes fecales (Romero Rojas, 2008).

- **Agua residual industrial**

Son aquellos efluentes provenientes de las descargas industriales de manufactura, su composición depende del tipo de actividad (Ramalho, Mayo de 2003).

- **Agua de lluvia**

La esorrentía generada por aguas de lluvias es menos contaminada que las aguas residuales domésticas e industriales (Romero Rojas, 2008).

1.6.2 Características generales de las aguas residuales.

El agua residual está formada por diferentes contaminantes, que depende de la actividad industrial. Los principales constituyentes presentes en el agua residual pueden ser clasificados como:

Tabla 1 Características de las aguas residuales

Parámetros físicos	Parámetros químicos	Parámetros biológicos
Solidos totales	Inorgánicos	Organismos coliformes, Bacterias, protozoos, virus.
Solidos sedimentables	Amonio	
Solidos suspendidos	Nitritos	
Solidos disueltos	Nitratos	
Turbiedad	Fosforo Inorgánicos	
Color	Fosforo total	
Olor	Alcalinidad	
Temperatura	Sulfatos	
Densidad	Metales	
	Orgánicos	
	Demanda bioquímica oxígeno	
	Demanda química de oxígeno	
	Carbono orgánico total	

Fuente: Elaboración propia

1.7 Efectos contaminantes de las aguas residuales de las lubricadoras

Los problemas ambientales generados por parte de esta actividad productiva engloban diferentes tipos de contaminación, de esta manera tenemos: contaminación atmosférica causada principalmente por gases de combustión, contaminación del recurso agua originada por las descargas de efluentes residuales a sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua natural, contaminación del suelo por la generación y manejo inadecuado de residuos (Rigola Lapeña, Tratamiento de Aguas Industriales, 2003).

- **Efectos sobre el suelo**

La contaminación del suelo es ocasionada por el inadecuado almacenamiento, derrames o vertidos de los residuos, los mismos que pueden producir la degradación en la calidad del suelo, pérdida total o parcial de su productividad y la destrucción del equilibrio ecológico (Ministerio del Ambiente, 2012).

- **Efectos sobre el agua**

En la actualidad se conoce que el parque automotriz genera alrededor del 65% del total del aceite usado y que son considerados como potencialmente peligrosos para el ambiente debido a su capacidad de persistencia y su habilidad para expandirse en grandes áreas de agua, formando un film que impide el ingreso de oxígeno, produciendo rápidamente una significativa degradación de la calidad del ambiente (Ministerio del Ambiente, 2012)

- **Efecto sobre el aire**

Los efectos provocados al aire por los diferentes tipos de lubricantes se deriva por la emisión de gases peligrosos y su alta toxicidad; además de que algunos negocios dedicados a dicha actividad, optan por la incineración del aceite usado, contaminando el aire que una persona respira en tres años (Ministerio del Ambiente, 2012).

1.8 Caudal

El caudal es el volumen de agua que fluye en un segundo por un determinado lugar (METCALF & EDDY, 2003).

Se determina con la siguiente formula:

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

Ecuación 1 Cálculo del caudal

Donde:

Q=Caudal (lt/s)

V=Volumen (Lt)

T= Tiempo (s)

La determinación de los caudales resulta importante en el diseño hidráulico de redes de alcantarillado, así como en instalaciones de tratamiento de agua, de esta manera se determina los caudales de diseño (Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, 2003).

- **Caudal medio diario**

Es el caudal promedio determinado en 24 horas a partir de los valores obtenidos de todo un año. Su determinación es importante ya que define al caudal de diseño y los costos de inversión (Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, 2003).

- **Caudal máximo diario**

Es el caudal máximo obtenido a partir de 24 horas de análisis durante un día. Su estimación es esencial para el diseño de estructuras que requieran un tiempo de retención (Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, 2003).

- **Caudal mínimo diario**

Es el caudal mínimo obtenido en 24 horas. Su determinación es importante en estructuras que requieran sedimentación en caso de presentar caudales pequeños (Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, 2003).

1.9 Marco de referencia legal ambiental

Con la finalidad hacer cumplir el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación, Ecuador se sustenta en diversos cuerpos legales para establecer directrices de política ambiental que ayuden a preservar, controlar y sancionar actividades causantes de impactos en los recursos naturales (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008), de esta manera se detalla a continuación aquellos cuerpos legales aplicables a la preservación de la calidad ambiental y descarga de efluentes al sistema de alcantarillado:

1.9.1 Ley de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua

Elaborada por la Comisión de Legislación y Codificación, de acuerdo con lo dispuesto en la Constitución Política de la República. Publicada en el Registro Oficial 305 del miércoles 6 de agosto de 2014.

A continuación se hace referencia a los acápites más relevantes para el desarrollo de esta investigación.

Capítulo II De la contaminación

Art. 22. Se hace referencia a la conservación del agua evitando de esta manera su degradación y por ende la afectación a la salud humana, así como a la fauna y flora.

Art. 79. e) Referente a la prohibición, prevención, control y si es necesario hasta la sanción a aquellos entes que arrojen vertidos contaminantes que alteren el equilibrio de la vida.

Art. 80. Hace referencia a la prohibición del vertido directo o indirecto de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento y sean susceptibles de contaminar las aguas de dominio público.

1.9.2 Texto Unificado de Legislación Secundaria

Acuerdo No. 387 Reforma del Libro VI del texto Unificado de Legislación Secundaria aprobado en Quito el miércoles 4 de noviembre de 2015

A continuación se hace referencia a los literales más importantes para el desarrollo de la presente investigación.

4.2 Prevención de la contaminación del suelo

4.2.2 Sobre las actividades que generan desechos peligrosos y especiales

Menciona la responsabilidad de los generadores de desechos peligrosos y especiales de devolver o entregar a proveedores o gestores ambientales calificados para su adecuada disposición final.

Además actividades como manejo, almacenamiento, transporte y disposición final de este tipo de desechos deberá ser realizado de acuerdo a lo establecido en la presente norma.

5.2 Criterio para la descarga de efluentes

5.2.1 Principios básicos para la descarga de efluentes

5.2.1.2 En el artículo se hace referencia al cumplimiento de la normativa al que deberán acogerse las descargas de agua arrojadas a cuerpos receptores.

5.2.3 Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado

5.2.3.1 Menciona la prohibición de descarga de residuos líquidos que se encuentran sin tratamiento hacia el sistema de alcantarillado, mismos que deben cumplir con la Tabla 8 de la presente normativa.

5.2.3.4 Hace referencia a la prohibición de descargar sustancias que puedan causar bloqueos entre los colectores o accesorios del sistema de alcantarillado sanitario. Esto incluye: gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, aceites minerales usados, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis.

1.9.3 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2266

Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos, requisitos.

6.1 Requisitos especiales

6.1.1.1. Menciona que aquellas personas que manejan materiales peligrosos deberán sujetarse a Reglamentos nacionales vigentes, así como a convenios internacionales que se vinculen con el país.

6.1.1.3 Hace referencia a los procedimientos que deben existir en los distintos establecimientos para el manejo correcto de desechos peligrosos, cuyo objetivo es permitir manejar de manera segura estos procesos.

6.1.5.1 Etiquetas para la identificación de embalajes

a) Hace mención al material de etiquetas a emplear, los cuales deben ser resistentes a manipulación y a condiciones ambientales, indelebles y legibles según la norma respectiva.

6.1.7.10 Almacenamiento

B10. Referente a que toda persona que almacene materiales peligrosos deberá evitar la producción de accidentes y daños que puedan causarse por manejo o mezcla de productos incompatibles.

6.1.7.11 Envases

i) Menciona que toda persona que almacene o maneje algún tipo de material peligroso deberá ser responsable de que los envases se encuentren y sean óptimos para soportar las características de dicho material.

1.10 Sistemas de tratamiento convencionales de agua residual

1.10.1 Tratamiento preliminar para aguas residuales

El tratamiento preliminar para aguas residuales se basa en operaciones físicas que tienen como objetivo la separación de partículas constituyentes de las aguas residuales, evitando que se ocasionen daños mecánicos en bombas y otros equipos que conforman el sistema de tratamiento (Metcalf & Eddy, 1999).

Dentro de los constituyentes a eliminar mediante tratamiento preliminar, se encuentran: sólidos de gran tamaño, sólidos suspendidos, grasas y compuestos orgánicos volátiles, que separan las partículas presentes según su tamaño (Crites, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones, 2000).

A continuación se detallan los equipos empleados en el tratamiento preliminar de aguas residuales.

1.10.1.1 Canal de llegada

El canal de llegada es una estructura abierta o cerrada, cuyo objetivo es conducir el agua de un lugar a otro por acción de la gravedad (Villón Béjar, 2007). Pueden existir dos tipos de canales que se detallan a continuación:

a) Canal natural

Son cursos de agua que presentan forma irregular y variable a lo largo de su recorrido, entre las principales formas de canales naturales se destacan arroyuelos, ríos pequeños, lagos, lagunas y corrientes subterráneas (Rodríguez Ruiz, 2008).

b) Canal artificial

Es una estructura diseñada por el hombre, construida generalmente de materiales como madera, concreto y roca, cuyas funciones han sido aprovechadas principalmente en sistemas de riego, alcantarillado, centrales hidroeléctricas, entre otros.

Un canal de agua artificial puede presentar formas geométricas variables y estar construidas con una sección transversal que considera la forma perpendicular de la dirección del flujo, de tal manera que pueden ser trapezoidales, rectangulares, triangulares y parabólicas (Rodríguez Ruiz, 2008).

Parámetros de diseño de un canal rectangular

A continuación se detallan las consideraciones para diseñar un canal rectangular de agua.

- Ecuación de continuidad

$$Q = V \times A$$

Ecuación 2 Ecuación de continuidad

Donde

V= Velocidad, (m/s)

A= Área, (m)

- Área Hidráulica

$$A = b \times d$$

Ecuación 3 Área hidráulica

Donde

A= Área hidráulica, (m²).

b= Ancho del canal, (m).

d= Tirante de agua, (m).

- Perímetro mojado

$$d = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

Ecuación 4 Perímetro mojado

- Borde libre del canal

$$H = 1.2 (d)$$

Ecuación 5 Borde libre del canal

- Radio hidráulico

$$R = \frac{bd}{b + 2d}$$

Ecuación 6 Radio hidráulico

- Ecuación de Manning

$$V = \frac{1}{n} \times R h^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 7 Formula de Manning

Donde

n = Coeficiente de rugosidad

R_h = Radio Hidráulico

I = Pendiente

1.10.1.2 Tamizado grueso

Los tamices son generalmente las primeras unidades de operación encontradas en las plantas de tratamiento, tienen como función retener e impedir el paso de sólidos gruesos presentes en el agua residual a través de alambres, barras, mallas, varillas y telas (Crites, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones, 2000).

Dentro de las unidades comprendidas como tamiz se encuentran:

- **Rejillas**

Las rejillas se componen por barras o varillas ubicadas de forma paralelas, generalmente con separaciones de 15 mm o superiores a dicho diámetro. Son unidades empleadas para evitar y proteger daños ocasionados por obstrucciones en unidades tales como: bombas, válvulas, tuberías y demás accesorios que componen los sistemas de tratamiento (Metcalf & Eddy, 1999).

En estas unidades se logran la separación de residuos grandes como: piedras, ramas, trapos, trozos de chatarra, raíces de árboles, plásticos, entre otros.

Las rejillas según el método de limpieza empleado se dividen en:

Rejillas de limpieza manual

Son empleadas generalmente en pequeños sistemas de tratamiento para aguas residuales, deberán ser construidas con una longitud no excedente a los 3 m y sus barras tendrán dimensiones no mayores a 10 mm de ancho por 50 mm de profundidad para no afectar su adecuada limpieza (Metcalf & Eddy, 1999)

Rejillas de limpieza mecánica

Las rejillas con limpieza mecánica son unidades conformadas por cadenas sin fin, cables o mecanismos con ruedas dentadas accionadas a un rastrillo, comúnmente se usan en sistemas a gran escala de tratamiento de aguas residuales con la finalidad de reducir problemas de mantenimiento y aumentar la separación de residuos (Crites, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones, 2000).

1.10.1.3 Tamiz fino

En la antigüedad las unidades de tamices finos comúnmente diseñadas eran las de disco inclinado, construidas de plato de cobre o bronce con miles de perforaciones, lo que dificultaba la limpieza de sustancias como grasas y aceites, quedando rezagadas en su uso. En la actualidad la aplicación de tamices finos en sistemas de tratamiento ha sido nuevamente restituida, construyendo mejores diseños con materiales de mayor calidad, empleándolos para la remoción de sólidos tanto gruesos como finos, así como también para la eliminación de sólidos suspendidos. La aplicación de este tipo de tamices ha llegado incluso a reemplazar el uso de unidades de sedimentación primaria, por presentar características de remoción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólidos suspendidos totales (SST) semejantes (Crites, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones, 2000).

Los tamices finos están formados de orificios con diámetros que van desde 0.25 mm a 3.2 mm, por su parte los tamices muy finos poseen orificios desde 0.15 mm a 0.38 mm lo que provoca un aumento en la eficiencia de la remoción de arenas. Entre los más empleados dentro de la clasificación de tamices finos se encuentra el tamiz de malla inclinada con forma de cuña, tamiz de tambor rotatorio y tamiz de disco rotatorio (Crites, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones, 2000).

Parámetros de diseño para rejillas

- Ubicación

Las rejillas deben ser ubicadas de manera inclinada evitando la acumulación de arenas y material que obstruyan el paso del flujo antes y después de la unidad, con una resistencia adecuada que impida su ruptura en caso de que se llegaran a taponar completamente. Además el canal en el que circula el flujo deberá ser recto y perpendicular a la reja, consiguiendo de esta manera una distribución uniforme de sólidos (Crites, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones, 2000).

- Área libre al paso de agua (al)

Dicho parámetro muestra la cantidad de flujo presente en el canal. Para permitir el paso de partículas pequeñas a lo largo de las barras, se recomienda que la velocidad del flujo al pasar por la unidad no se exceda de 0,3 a 0.5 m/s (Secretaría del agua, 2003).

Para el cálculo del área libre al paso del agua se emplea la ecuación:

$$al = \frac{Q}{V_b}$$

Ecuación 8. Área libre al paso de agua

Donde:

al= Área libre al paso de agua

Q= Caudal de diseño, (m³/s)

Vb= Velocidad mínima a través de las barras, (m/s)

- Tirante de agua en el canal (h)

Muestra la altura a la que se encuentra el agua en el interior del canal (Real academia de ingeniería, 2012). Se puede calcular a través de la siguiente ecuación:

$$h = \frac{Al}{b}$$

Ecuación 9. Tirante de agua en el canal

Donde

h= Tirante de agua en el canal

b= Ancho del canal de llegada, (m)

- Altura total del canal (H)

Es determinada como la suma entre la altura de seguridad (valor propuesto) y la altura de agua presente en el canal (Real academia de ingeniería, 2012). Puede ser determinada mediante la ecuación:

$$H = h_s + h$$

Ecuación 10. Altura total del canal

Donde

H = Altura total del canal

Hs = altura de seguridad, (m)

- Longitud de las barras (Lb)

Deberá ser determinada de manera que no presente inconvenientes al momento de realizar la limpieza de la estructura. El ángulo de inclinación recomendado para las barras, oscila entre 25° y 50° respecto de la horizontal (Metcalf & Eddy, 1999).

Puede calcularse a través de la siguiente ecuación:

$$Lb = \frac{Hs}{\sin \alpha}$$

Ecuación 11. Longitud de las barras

Donde

Lb= Longitud de las barras

α = Ángulo de inclinación con respecto a la horizontal del canal.

- Número de barras

La cantidad de barras a diseñar se encuentra definida por el criterio del diseñador, no obstante es recomendable la instalación de dos o más para facilitar el mantenimiento de la unidad (Crites, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones, 2000). Se puede calcular a través de la ecuación:

$$n = \left(\frac{b}{e + S} \right) - 1$$

Ecuación 12. Número de barras

Donde:

n= Número de barras

e = Separación de las barras, (m)

S= Espesor máximo de las barras.

- Pérdida de carga

También llamada pérdida de energía, dicho factor aparece a medida que el material se va acumulando sobre las rejillas y empieza a obstruir el paso de caudal, lo que genera que la pérdida de energía aumente. La pérdida de energía se encuentra en función de

la forma que poseen las barras, de la velocidad de aproximación del fluido, así como de la velocidad del flujo a través de los barrotes (Romero Rojas, 2008).

El cálculo de pérdida de carga en rejillas puede ser determinado por la siguiente ecuación:

$$hL = \frac{1}{0.7} \left(\frac{V^2 - v^2}{2g} \right)$$

Ecuación 13. Pérdida de carga

Donde:

hL = Pérdida de energía, pies (m)

0.7= Coeficiente empírico que incluye pérdidas por turbulencias y formación de remolinos.

V = Velocidad del flujo a través del espacio entre barras de la reja, pies/s (m/s)

v = Velocidad de aproximación del fluido hacia la barra, pies/s (m/s)

g = Aceleración de la gravedad, pies/ s² (m/s²)

1.10.2 Tratamiento primario para aguas residuales

El tratamiento primario de aguas residuales consiste en la separación de material insoluble como arena, espuma y grasas a través de unidades de separación física simple por efecto de la gravedad. Comúnmente son logrados a través de unidades como: desarenador, sedimentador, trampas de grasas, entre otros que logran producir un efluente clarificado (Staley, 2007).

1.10.2.1 Desarenadores

Los desarenadores son unidades de tratamiento usualmente ubicados después de los equipos de desbaste y antes de los tanques de sedimentación primaria, son empleados con el objetivo de brindar protección a los elementos mecánicos del sistema evitando su abrasión y desgaste, reducción de obstrucciones por arenas en accesorios como tuberías, canales y conductos, disminución de limpieza en los sistemas de digestión por acumulación de arenas y con la finalidad de eliminar partículas con pesos específicos que varían desde 1.3 y 2.7 mm. Entre los desarenadores comúnmente empleados se encuentran: desarenador rectangular de flujo horizontal y desarenador de flujo vertical (Metcalf & Eddy, 1999).

1.10.2.2 Sedimentadores

Son unidades de tratamiento cuyo objetivo es la separación por acción de la gravedad del fluido y las partículas presentes en el mismo, son capaces de separar los sólidos que poseen peso específico superior al del líquido depositándolos en el fondo de la estructura, mientras que las partículas con menor peso específico tienden a ascender.

Los tanques de sedimentación al ser empleados como único tratamiento en las aguas residuales son capaces de eliminar aceites libres, grasas y materiales flotantes, sólidos sedimentables y parte de la carga orgánica contenida en el agua residual. Investigaciones demuestran que son capaces de eliminar del 25 % al 40 % de sólidos suspendidos y entre el 24 % y 40 % de la DBO_5 . (Metcalf & Eddy, 1999)

Clases de sedimentación aplicada en el tratamiento de aguas residuales

Tabla 2 Clases de sedimentación en aguas residuales

Fenómeno de separación	DESCRIPCIÓN
Sedimentación de partículas discretas	Se da a través de fuerzas gravitatorias y aceleración constante que son ejercidas en efluentes con bajas concentraciones de sólidos, logrando la eliminación de arenas de las aguas residuales.
Sedimentación de partículas floculentas	Se refiere a la aglomeración de partículas floculentas que al aumentar su masa provocan una sedimentación mucho más rápida. Bajo estas características se logra la remoción de sólidos suspendidos, así como también flóculos químicos.
Sedimentación interferida o zonal	Se emplea cuando existen concentraciones intermedias de partículas, las fuerzas que actúan sobre las partículas también interfieren en la sedimentación de partículas cercanas. Comúnmente se manifiestan en tanques de sedimentación secundaria como parte del sistema del tratamiento biológico

Sedimentación por compresión	<p>El fenómeno de separación se presenta cuando existen concentraciones de partículas bastante altas, la separación de partículas solo se logra por la compresión de la estructura.</p> <p>Se manifiesta generalmente en la capa inferior de los lodos espesos generados.</p>
------------------------------	---

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1999)

- **Tanques rectangulares**

Los tanques rectangulares de sedimentación son aplicables a lugares con poca disponibilidad de terreno. Generalmente están compuestos por un sistema de recolección de lodos conformados por barredoras, canales de entrada con orificios sumergidos, desnatador y vertedero de salida (Romero Rojas, 2008).

- **Tanques circulares**

En los tanques circulares de sedimentación el flujo se direcciona de manera radial, consiguiendo la entrada de agua por el centro o por la periferia del tanque.

Al introducir el agua con alimentación central ésta pasa por una campana circular, la cual distribuye el flujo de manera uniforme en todas direcciones. Mientras tanto el diseño por alimentación perimetral, es construido a través de un deflector circular estableciendo un espacio anular en el que se descarga el agua residual con dirección tangencial, el agua dentro de esta unidad tiende a circular a manera de espiral alrededor del tanque y por debajo del deflector, mientras que el líquido decantado es retenido en vertederos ubicados a los lados del canal provocando que la grasa y la espuma queden retenidas en el espacio anular, lo que genera inconvenientes al usar esta unidad (Metcalf & Eddy, 1999).

La velocidad recomendada para la unidad oscila entre 0.15 m/s, evitando de esta manera la existencia de perturbaciones dentro del área de sedimentación, además la velocidad del flujo se encuentra relacionada con las dimensiones de altura y largo de la unidad (Secretaría del agua, 2003). Dicha relación se observa en la siguiente ecuación:

$$\frac{L}{H} = \frac{Vh}{Vs}$$

Ecuación 14 Relación altura y largo de la unidad

$\frac{L}{H}$ = Relación velocidad respecto a la altura y largo de la unidad

Parámetros de diseño de sedimentadores circulares.

Los parámetros de diseño a considerar se basan en el desarrollo de un tanque de sedimentación ideal, propuesto por Hazen y Camp, quienes definieron al tanque de sedimentación como *“el decantador hipotético en el cual la sedimentación se realiza exactamente en la misma manera que en un recipiente de igual profundidad que contenga un líquido en reposo”* (Arboleda Valencia, Teoría y Práctica de la Purificación del Agua, 2000).

En el tanque de sedimentación propuesto se identifican cuatro zonas específicas: entrada, sedimentación, retención de las partículas precipitadas y salida.

- Zona de entrada

Se caracteriza por lograr una distribución uniforme de las partículas. La zona de entrada generalmente esta provista de una pantalla difusora, ubicada entre 0,7 y 1 m de distancia de la pared de entrada y con una distancia mínima de 0.80 m de la pared interior del sedimentador, lo que permite llevar a cabo las operaciones de limpieza. Para el diseño de la pantalla difusora se preverá de orificios, los que deberán estar a 1/5 de altura a partir de la superficie en donde se encuentra el agua, mientras que los orificios más bajos deberán estar entre 1/4 o 1/5 de altura desde el fondo de la superficie (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

- Zona de sedimentación

En este punto el flujo toma una dirección horizontal, mientras que la velocidad permanece igual en todos los puntos (flujo pistón). En un tanque de sedimentación ideal el objetivo es lograr que el 100% de las partículas sean retenidas, de tal manera que las partículas que se encuentren en las zonas de a-a lleguen a depositarse en las zonas b-b de sedimentación (Organización Panamericana de la Salud, 2005), como lo muestra la imagen.

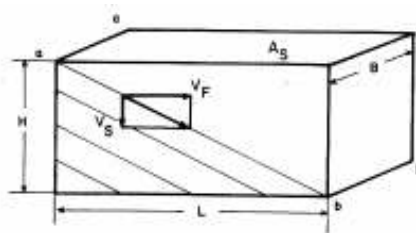


Figura 1 Sedimentación de partículas

Fuente: (Arboleda Valencia, Teoría y Práctica de la Purificación del Agua, 2000)

- **Velocidad de sedimentación**

Para el diseño de sedimentadores es importante determinar la velocidad de sedimentación que tendrán las partículas que se encuentran dentro de la unidad, como se observa en la siguiente tabla para la determinación de dicho parámetro se emplea la ley de Stokes la cual se detalla a continuación:

Tabla 3 Velocidad de sedimentación de partículas

Material	ϕ Límite de las partículas (cm)	Número de Reynolds	Vs	Régimen	Ley aplicable
Arena fina	0,010	0,8	0,8	Laminar	$V_s = \frac{g}{18} \left(\frac{P_p - P}{u} \right) d^2$
	0,008	0,5	0,6		
	0,006	0,24	0,4		
	0,005	1,0	0,3		
	0,004	1,0	0,2		
	0,003	1,0	0,13		
	0,002	1,0	0,06		
	0,001	1,0	0,015		

Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

$$V_s = \frac{g}{18} \left(\frac{P_p - P}{u} \right) d^2$$

Ecuación 15 Ley de Stokes

Donde:

Vs: Velocidad de sedimentación

g : Gravedad (cm/s^2)

Pp Densidad de la partícula, (g/cm^3)

P: Densidad del agua, (g/cm^3)

u : Viscosidad cinemática del agua, cm^2 .

- Área superficial de la zona de sedimentación

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

Ecuación 16 Área superficial de sedimentación

Dónde:

A: Área superficial de la zona de sedimentación.

Q: Caudal de diseño

Vs: Velocidad de sedimentación.

- Largo del tanque sedimentador

La determinación del largo de la estructura se encuentra estrechamente relacionada con el ancho y la profundidad con el que se diseñara el tanque sedimentador (Arboleda Valencia, Teoría y Práctica de la Purificación del Agua, 2000), de esta manera se deberá asegurar una relación de dimensiones de:

Largo – ancho (L/B): 3-6.

Largo – profundidad (L/H): 5 – 20.

A continuación se detalla la ecuación empleada para su determinación:

$$L2 = \frac{A}{B}$$

Ecuación 17 Largo del tanque de sedimentación

Donde:

L2: Largo del tanque sedimentador.

A: Área superficial de la zona del sedimentador

B: Ancho del sedimentador

- Largo total de la unidad

Para el cálculo del largo total que tendrá la unidad de sedimentación se deberá considerar el diámetro de separación entre la entrada del flujo de agua y la pantalla difusora, el cual comúnmente va desde los 0,7 a 1 m. (Organización Panamericana de la Salud, 2005). Dicha determinación se encuentra definida por la ecuación:

$$L = L1 + L2$$

Ecuación 18 Largo total de la unidad

Donde:

L: Largo total de la unidad.

L1: Diámetro considerado desde la entrada del flujo hasta la pantalla difusora.

L2: Largo del tanque sedimentado.

- Velocidad horizontal

La determinación de la velocidad horizontal se encuentra definida por:

$$Vh = \frac{100 * Q}{B * H}$$

Ecuación 19 Velocidad horizontal

Donde:

Vh: Velocidad horizontal

Q: Caudal de diseño, (m³/s).

B: Ancho del sedimentador, (m).

H: Profundidad del sedimentador, (m).

- Volumen del tanque

El cálculo para determinar el volumen que poseerá el tanque se define a través de siguiente ecuación:

$$V = A \cdot H$$

Ecuación 20 Volumen del tanque

Donde:

V: Volumen

A: Área del sedimentador, (m²).

H: Profundidad del sedimentador, (m).

- Tiempo de retención

El tiempo de retención también denominado como tiempo de permanencia, es definido como el tiempo teórico que toda partícula aislada y discreta del líquido duraría en el sedimentador con un flujo de tipo pistón (Romero Rojas, 2008).

Generalmente los tanques de sedimentación para un caudal medio de agua residuales son diseñados con un tiempo de retención de entre 1.5 y 2.5 horas, debido a que tiempos inferiores representan una eliminación menor de sólidos suspendidos. Sin embargo dicha condición se ve afectada por las zonas muertas existentes y por la afluencia de partículas floculentas generando que varias de las partículas salgan antes de cumplir dicho período y otras permanezcan por más tiempo (Romero Rojas, 2008).

El tiempo de retención se encuentra definido por la ecuación:

$$Tr = \frac{V}{Q} \quad \text{o bien} \quad Tr = \frac{\text{Profundidad}}{\text{Carga superficial}}$$

Ecuación 21 Tiempo de retención

Donde:

T_r = Tiempo de retención, (s)

V= Volumen, (m³)

Q= Caudal, (m³/s)

- Carga superficial

Dicho parámetro se encuentra en función de las características que presenta el agua residual y la cantidad de sólidos sedimentables contenidos en ella. Las cargas superficiales deben ser mínimas con el objetivo de asegurar la eficiencia y rendimiento del sistema. La carga superficial recomendable para la unidad es de 2 a 10 m³/m²/día (Metcalf & Eddy, 1999).

- Zona de retención de partículas

Las partículas que han llegado a esta sedimentarse son almacenadas en tolvas de sedimentación, las cuales están provistas de una tubería y válvula para evacuación constante de los mismos. Las partículas que han sido removidas bajo estas condiciones se comportan como partículas discretas, logrando un tipo de clarificación primaria (Romero Rojas, 2008).

Según (Organización Panamericana de la Salud, 2005) *“las partículas alcanzan su sedimentación en la parte inicial de la longitud de la unidad, por lo que la tolva de almacenamiento deberá presentar características”* como:

La pendiente en el área de entrada al sedimentador deberá ser poseer del 5 al 10% de inclinación, mientras que en la zona de salida al sedimentador la pendiente deberá oscilar entre el 2.5 y 5 % de inclinación.

El diámetro para las tuberías de drenaje deberá tener de un diámetro de 12 pulgadas o mayor a esta magnitud.

- Zona de salida

Para la salida del agua a través de la unidad de sedimentación se pueden emplear canaletas, vertederos o tubos perforados que colectan el agua tratada sin alterar a las partículas que han logrado la sedimentación. El vertedero de salida de agua a diseñar, deberá poseer un diámetro igual al del ancho del sedimentador (Romero Rojas, 2008).

La altura de agua sobre la cresta del vertedero puede determinarse a través de la ecuación:

$$Ha = \left(\frac{Q}{1.84 * B} \right)^{2/3}$$

Ecuación 22 Zona de salida

Donde:

Ha= Altura del agua sobre la cresta del vertedero

b= Ancho del sedimentador, (m).

1.10.2.3 Trampa de grasa

Generalmente las aguas residuales provenientes de lavanderías y estaciones de servicio contienen cantidades de aceites, detergentes y grasas considerables, provocando inconvenientes graves debido a su capacidad de persistencia, de esta manera el propósito de las trampas de grasas, es la retención de grasas flotantes o sustancias que presenten pesos específicos menores a las del agua (Crites, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones, 2000).

Según OPS/CEPIS (2003) para el diseño de trampas de grasa se recomienda que la unidad tenga una relación de 2:1 a 3:2 entre el largo/ancho del área superficial; la profundidad del tanque deberá encontrarse superior a 0.80 m y no menor a 2.00 m; su forma deberá ser de forma cónica o piramidal invertida, con una inclinación de la pendiente de 45° a 60° respecto de la horizontal; el sistema de trampa de grasa deberá estar conectado con el compartimiento de almacenamiento de grasas a través de un vertedero de rebose, construido a 0,05m por encima del nivel del agua.

El diseño de la trampa de grasas nunca debe realizarse con un volumen inferior a 300 l (UNATSABAR, 2003).

Entre más grande sea la trampa de grasas, más eficiente es el sistema. Normalmente los tiempos de retención son de 15 a 30 minutos y de un tamaño mínimo de 2,8m. (Romero Rojas, 2008)

La siguiente tabla muestra la relación ancho, largo y profundidad para el dimensionamiento de la trampa de grasas.

Tabla 4 Dimensionamiento recomendado para la trampa de grasas según el caudal de diseño.

Rango de Caudales (l/s)	Volumen de la trampa de grasas (m ³)	Dimensiones Estimadas (m)		
		Profundidad	Ancho	Largo
< 1	1.80	1.5	1	1.2
			1	1.8
1 a 2	3.60	1	1.1	2.2
2 a 3	5.40	1.5	1.13	2.4
3 a 4	7.20	2	1.45	2.5
4 a 5	8.10	2	1.5	2.7
5	9.12	2	1.6	2.85

Fuente: (UNAD, 2016)

Parámetros de diseño

El diseño de la trampa de grasas debe realizarse teniendo en cuenta las características y el caudal del agua residual, su capacidad mínima debe ser expresada en kg. de grasa debe ser de por lo menos una cuarta parte del caudal de diseño (caudal máximo horario). (Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento, Noviembre,2000)

El tanque debe tener 0.25m² de área por cada litro por segundo, una relación ancho/longitud de 1:4 hasta 1:18, una velocidad ascendente mínima de 4mm/s. (Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento, Noviembre,2000)

1.10.3 Tratamiento Secundario

En esta etapa de tratamiento se elimina la materia orgánica biodegradable, coloidal o disuelta del agua residual por medios preferentemente biológicos debido a su bajo costo y alta eficacia de remoción. Los contaminantes presentes en el agua residual son transformados por los microorganismos en materia celular, energía para su metabolismo y en otros compuestos orgánicos e inorgánicos como gases que se escapan a la atmosfera y en biomasa extraíble mediante sedimentación (Letón García , 2006).

De esta forma, una sustancia orgánica soluble se transforma en flóculos que son fácilmente retirados del agua. En el caso del agua residual industrial, el objetivo principal es reducir el contenido de los contaminantes que por su naturaleza química puede ser orgánico e inorgánico y, en ciertos casos, algunas industrias descargan efluentes con metales pesados, pero la mayoría de contaminantes están dentro de una definición amplia, en los que encontramos los siguientes:

- Materia orgánica soluble medida como DBO, DQO. CO
- Aceites grasas y material flotante
- Nutriente
- Color, turbiedad, y olor
- Acidez o alcalinidad
- Metales pesados, entre otros.

Los procesos biológicos generalmente se dividen en dos grupos: los anaerobios y los aerobios.

1.10.3.1 Tratamientos Anaerobio

El tratamiento anaerobio es un proceso biológico caracterizado por tener una tasa baja de síntesis bacteriana, es decir, una baja producción de lodos de desecho. Además de ser uno de los procesos más utilizados en aguas residuales que presentan alto contenido de carga orgánica, debido a su bajo costo, por realizarse en ausencia de oxígeno. Este proceso biológico se caracteriza por permitir eliminar la DQO y obtener como producto final Biogás, el cual está compuesto por metano y dióxido de carbono, a su vez puede ser utilizado para la generación de energía térmica o eléctrica (Letón García , 2006).

En el proceso anaerobio biológico es necesario diseñar reactores con alta carga de organismos, debido a la lentitud del proceso es obligatorio trabajar con tiempos de retención largos.

El tratamiento anaerobio presenta importantes ventajas entre ellas tenemos:

- Bajo consumo energético
- Reducido espacio de implantación
- Bajo consumo de productos químicos
- Reducción de los costes de tratamiento de fangos
- Pequeño requerimiento de nutrientes
- Aprovechamiento energético del biogás producido

En este complejo proceso actúan varios grupos de bacterias, tanto anaerobias como facultativas, en el que, a través de una serie de etapas y en ausencia de oxígeno, da a la formación de metano y dióxido de carbono.

1.10.3.2 Tratamientos Aerobios

El tratamiento biológico aerobio es un proceso de respiración de oxígeno en el cual una mayor cantidad de energía del sustrato es utilizada para la síntesis celular, por lo que hay una mayor generación de biomasa, cuyo tratamiento y disposición incrementa la dificultad técnica y el costo del tratamiento (Romero Rojas, 2008).

Este tratamiento esta seguido de una decantación secundaria, en el cual los microorganismos destruyen y metabolizan la materia orgánica soluble y coloidal, reduciendo el DBO y la DQO a valores inferiores a 100 mg/l, sin embargo aquellas sustancias de origen sintético presentan una mayor resistencia (Rigola Lapeña, Tratamiento de agua industriales, 2003).

Existen distintos tipos de tratamiento aerobio, cuya selección dependen del volumen, concentración de los contaminantes, variabilidad del vertido y del coste de energía.

Entre ellos tenemos los fangos activos, lagunas aireadas, filtros biológicos, biodiscos entre otros.

1.10.4 Tratamiento terciario avanzado

Este tipo de tratamiento se refiere a todo tratamiento hecho después del tratamiento primario y secundario con el objetivo de eliminar compuestos específicos que no han podido ser removidos. Por lo general, el tratamiento terciario es necesario cuando deben cumplirse con normas específicas de calidad o cuando el agua tratada está destinada a un uso en específico. El tratamiento terciario avanzado puede ser de tipo físico, químico, o biológico. Un ejemplo de aplicación es la adsorción con carbón activado, para la eliminación de compuestos organoclorados, o la desinfección para eliminar patógenos mediante cloración u ozonización, entre otros (Metcalf & Eddy, 1995).

1.11 Sistemas de recirculación de agua

Hoy en día personas en muchos lugares del mundo se han dado la tarea de buscar varias y nuevas alternativas para reducir el consumo y la contaminación del recurso agua, a su vez, poder recircular y reutilizar el agua residual teniendo en cuenta las exigencias presentes en las normativas vigentes.

Según estudios planteados por el INEC en Ecuador solo el 61,86% de los GAD Municipales cumplen con el tratamiento de las aguas residuales, mientras que el 38,14% no realiza ningún tipo de tratamiento, dichas estadísticas muestran también que el agua tratada en nuestro país no es reutilizada en algún otro fin, sino que es devuelta en un 55,30% a ríos, en un 26,32% en quebradas y el porcentaje restante es conducido hacia el mar o pantanos artificiales (Instituto Nacional de Estadística y censos, 2016).

Sistemas de reutilización-recirculación

Si bien el reciclaje es un término generalmente aplicado a las latas de aluminio, periódico, papel, cartón y botellas de vidrio y plástico, también se puede reciclar el agua. El reciclaje de agua, reutiliza las aguas residuales tratadas con fines beneficiosos, como el riego agrícola y paisajístico, los procesos industriales, el lavado de inodoros, entre otros. El reciclaje de agua ofrece recursos y ahorros financieros. El tratamiento de aguas residuales se puede adaptar para cumplir con los requisitos de calidad del agua de una reutilización planificada (EPA-United States Environmental Protection, 2017).

A menudo los sistemas de reutilización-recirculación se realizan cuando el agua residual presenta un grado de contaminación baja, el cual puede ser incorporado en procesos que no requieran agua de alta calidad. Su tamaño varía de acuerdo al proyecto. Estos sistemas de recirculación se pueden encontrar desde lo más simple y de bajos costos como por ejemplo, los sistemas para la reutilización del agua generada por la lavadora de ropa, hasta la más sofisticada y de alta tecnología utilizada en las grandes industrias con un costo elevado.

Las aguas residuales que han sido recuperadas se basan en criterios de calidad de acuerdo a la finalidad que se quiera otorgar posteriormente al agua. Actualmente las tecnologías aplicadas para la recuperación de agua son las mismas empleadas para el tratamiento de agua cruda y residual, sin embargo, al requerir de la eliminación de contaminantes específicos se pueden necesitar unidades de tratamiento complementarias. Las tecnologías de recuperación de agua deben asegurar aspectos fundamentales que aseguren confiabilidad en cada una de las unidades de tratamiento, así como el cumplimiento de la eficiencia total del sistema, cumpliendo con los requerimientos de calidad establecidos (Metcalf & Eddy, 1999).

El sistema de reutilización-recirculación es una parte fundamental en la actividad de lavado de vehículos, ya que, en dicha actividad, no se requiere agua de tan alta calidad para cumplir con su objetivo, a su vez se minimizará el consumo del agua potable y se evidenciará una disminución en el costo de la planilla de agua.

Planificación de la reutilización de las aguas residuales

El desarrollo de sistemas de recuperación y reutilización de las aguas ha encontrado considerables ventajas que han originado su desarrollo en las últimas décadas.

Para la planificación efectiva de la reutilización de aguas residuales debe determinarse la necesidad del tratamiento de aguas residuales y su recirculación, determinar la demanda de agua necesaria para el abastecimiento, así como los beneficios en función del potencial de reutilización, mostrar la viabilidad económica del sistema, análisis económico de las alternativas y el desarrollo del plan.

Determinación de la demanda de agua necesaria para la reutilización.

La conducción del agua es el transporté por medio de una tubería desde la fuente de abastecimiento hasta un tanque de almacenamiento. Toda tubería o canal debe diseñarse para llevar el flujo máximo horario esperado (Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento, Noviembre,2000).

El almacenamiento del agua debe cumplir con los siguientes objetivos:

- Tratar el agua
- Distribuir el caudal necesario para la actividad
- Regular el agua de entrada y salida.

El consumo de la actividad tiene un periodo máximo, medio y mínimo durante 10 horas del día, el tanque de almacenamiento debe permitir abastecer el consumo cuando la conducción sea menor o almacenar el agua en las horas de bajo consumo (Pongutá Hurtado, 2003).

Sistemas de bombeo

“Las estaciones de bombeo son un conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios, que toman el agua directa o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la impulsan a un reservorio de almacenamiento o directamente a la red de distribución” (UNATSABAR O. P., 2005).

Las estaciones de bombeo pueden impulsar cualquier tipo de efluente, ya sea potable o residual, incluso los lodos generados en las plantas de tratamiento de agua residual. Son necesarios cuando no se puede suministrar o llevar el agua a algún punto por medio de gravedad (Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, 2003).

Los elementos necesarios para el funcionamiento eficiente del sistema de bombeo son: caseta de bombeo, equipo de bombeo, válvulas de regulación y control e interruptores de máximo y mínimo nivel para el control del nivel del agua.

Además de que su ubicación debe ser seleccionada de manera que permita un funcionamiento seguro y continuo, con el fin de que el agua tratada esté libre de contaminantes externos, tenga fácil acceso de construcción, operación y mantenimiento y tenga disponibilidad de energía eléctrica (UNATSABAR O. P., 2005).

Las características de las bombas son generadas en base a los diferentes catálogos, los cuales ofrecen una alta eficiencia de acuerdo a las condiciones de diseño requeridas.

Por razones económicas es necesario tener en cuenta el número de horas de bombeo y el número de arranques en un día, el cual depende del rendimiento de la fuente, el consumo de agua, la disponibilidad de energía y el costo de operación, por este motivo es recomendable adoptar un periodo de ochos horas diarias (UNATSABAR O. P., 2005).

Caudal de bombeo

Cuando el sistema de abastecimiento incluye un tanque o reservorio de almacenamiento; la capacidad de la tubería de succión, equipo de bombeo y tubería de impulsión deben ser calculadas con base en el caudal máximo diario y el número de horas de bombeo (UNATSABAR O. P., 2005).

$$Q_b = Q \text{ máx. d. } \frac{24}{N}$$

Ecuación 23 Caudal de bombeo

Donde:

Q_b = Caudal de bombeo, l/s.

$Q_{\text{máx. d}}$ = Caudal máximo diario, l/s.

N = Número de horas de bombeo.

Tanque de almacenamiento o cisterna.

La cisterna es un sistema de almacenamiento y distribución de agua potable, el cual se llena mediante la inducción o provisión del líquido (Harmsem, 2005).

La diferencia entre tanque de almacenamiento y cisterna radica en lo que almacena en cada uno de ellos; la cisterna es un depósito fabricado especialmente para ser colocado de manera subterránea, su función principal es el almacenamiento de agua, a diferencia de los tanques que son fabricados para no ser enterrados, son aptos para almacenar ácidos, cloruros, fosfatos, sustancias corrosivas y densas, los tanques de almacenamiento tienen una alta resistencia química (Rotoplast, 2013).

2. METODOLOGÍA

2.1 Descripción de actividades de la Lubricadora “Job”

Las actividades desarrolladas por los establecimientos dedicados a esta actividad productiva dependen mucho del nivel económico o del presupuesto para la inversión en el negocio, actualmente se puede encontrar en el DMQ lavadoras y lubricadoras de diferentes características. En el caso de la lubricadora de estudio se ofrecen servicios convencionales que abarcan:

- **Lavado express:** Este servicio ofrece el lavado de la carrocería de los vehículos con la utilización de shampoo y agua culminando con el secado y la aspirada interna del vehículo.
- **Lavada completa:** Este servicio brinda el lavado y eliminación de grasas de la carrocería y el chasis; brillo en los neumáticos, limpieza de la tapicería, moquetas y alfombras, concluyendo con la colocación de almoral.
- **Lubricado de vehículos:** Consiste en realizar el cambio de aceite y filtros de aceite a vehículos de distintos tamaños y características, además a esta actividad se adiciona el engrasado. Descripción de la infraestructura de la Lubricadora “Job”.

2.2 Descripción de la infraestructura de la lubricadora “Job”

La lubricadora “Job” posee una extensión de 120 m² (0,012 hectáreas) para el desarrollo de sus actividades, dicho espacio se encuentran repartidas en las siguientes áreas:

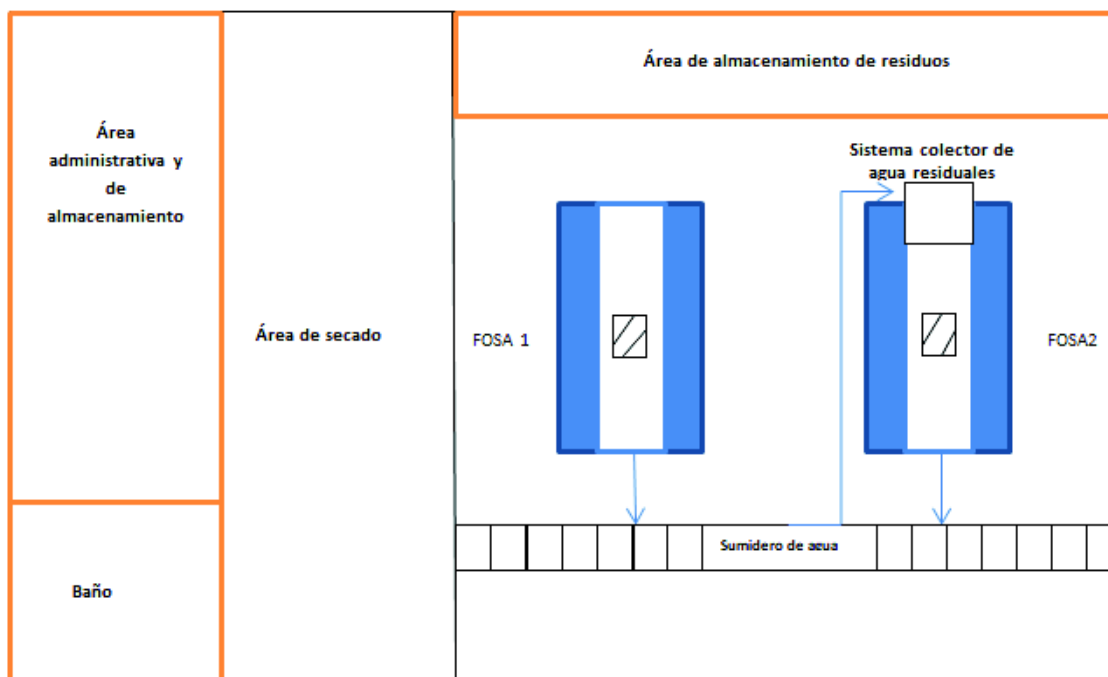


Figura 2 Áreas de la Lubricadora "Job"

Área administrativa y almacenamiento de materiales:

El área se encuentra conformada por una pequeña oficina en la que se realiza el cobro de los servicios que han adquirido los clientes, a la vez cumple la función de almacenar los materiales empleados para el desarrollo de las actividades (aceites, filtros, detergentes, desengrasantes, etc.).

Área para el cambio de aceite y lavado de vehículos

Para el desarrollo de la actividad, la lubricadora cuenta con cuatro rampas conformadas cada una de ellas por canales que trasladan el agua empleada para el lavado de los vehículos y la descargan al pozo recolector de aguas residuales para luego conducirla al sistema de alcantarillado público sin previo tratamiento.

Área de almacenamiento de residuos:

Dentro de la lubricadora se encuentra un pequeño espacio empleado para ubicar los tanques de almacenamiento del aceite usado, así como aquellos implementos que han tenido contacto con la actividad. Sin embargo, este espacio no cuenta con la infraestructura correcta para el almacenamiento del residuo produciendo contaminación ya que muchas veces entra en contacto con el agua.

Área de secado

Luego de culminar con el lavado, el vehículo se traslada hacia al área de secado manual.

Pozo colector de agua residuales

La lubricadora cuenta con canaletas y desagües que dirigen las aguas residuales obtenidas a un pozo colector.

El pozo colector posee las siguientes medidas:

Tabla 5 Dimensiones del pozo colector de la lubricadora "Job"

Parámetros	Medidas	Unidad de Medida
Profundidad	0,90	Metro
Largo	0,69	Metro
Ancho	0,51	Metro
Diámetro de tubería de desagüe	4,72	Pulgada

2.2 Plan de monitoreo para la caracterización del agua generada en la lubricadora “Job”

El plan de muestreo tuvo como finalidad el conocimiento de la calidad física y química de las aguas vertidas por la lubricadora Job, que al arrojar descargas continuas de agua sin tratamiento previo generan un problema de contaminación rutinaria, de esta manera el alcance del programa de monitoreo abarca un periodo de análisis de tres semanas, considerando las condiciones de operación de la lubricadora, en el proceso de lavado de vehículos. El tipo de muestra que se manejó en el plan de estudio fueron muestras simples tomadas a diferentes intervalos de tiempo, que permitieron conocer los cambios de concentración de los parámetros a analizar (Jurado, 1998).

Punto de muestreo

El lugar de la toma de muestra del agua residual se realizó en el pozo recolector que posee la lubricadora, ya que en este punto afluye el agua de todos los diferentes procesos que se realiza en ella.

Frecuencia

La frecuencia de la recolección de las muestras se realizó durante tres semanas considerando las diferentes formas de lavado de los vehículos, variaciones significativas en cuanto al volumen, concentraciones o tipos de contaminantes.

Etiquetado de muestras

Las muestras recolectadas fueron identificadas de la siguiente manera:

A.T.1 = Lavada express

A. T.2=Lavada completa

A. T.3=Combinación lavada express y completa

Muestreo

Los métodos utilizados en el muestreo y la preservación de muestras antes de ser analizados son de suma importancia para asegurar la confiabilidad y representatividad de las muestras.

A continuación se detallan la metodología empleada para la determinación de los parámetros determinados:

Tabla 6 Envase, tipo y tamaño de muestra, preservación y almacenamiento.

Parámetro a analizar	Unidades	Volumen mínimo requerido, ml	Conservación	Tipo de preservantes	Tiempo de almacenamiento de la muestra.	Tipo de envases
Temperatura	°C	1000	-	-	Análisis Inmediato	Plástico / Vidrio
Potencial de hidrogeno	pH	25	-	-	6 horas	Plástico / Vidrio
Sólidos sedimentables	mg/l	1000	-	-	24 horas	Plástico / Vidrio

Sólidos suspendidos	mg/l	100	Refrigeración a 4 °C	-	7 días	Plástico / Vidrio
Aceites y grasas	mg/l	1000	Refrigeración	Adicionar HCl a pH < 2.0,	24 horas	Vidrio Ámbar
Tenso activos	Sustancias activas al azul de metileno	250	Refrigeración a 4 °C	-	24 horas	Plástico / Vidrio
DQO	mg/l	50	Analizar tan pronto sea posible y refrigerar	H2SO4 a pH < 2.0,	7 días	Plástico / Vidrio

Fuente: (Methods for Chemical Analysis of wáter and wastes., 1974)

2.3 Plan de caracterización del agua residual de la lubricadora “Job”

Determinación del caudal

La determinación del caudal máximo, medio y mínimo del agua residual, se llevó a cabo en un periodo de análisis de una semana, de manera in situ, analizando el comportamiento que toma el flujo por la actividad del lavado de vehículos, determinando las horas en que se alcanzan estos tres tipos de caudales.

La determinación del parámetro indico el comportamiento que caudal sufre a lo largo del día y semanas, permitiendo obtener el dimensionamiento y elección de las unidades de tratamiento.

La medición de los caudales máximo, medio y mínimo diario se determinó a través del método volumétrico utilizando instrumentos tales como: cronómetro, recipiente con volumen de 6 l, tubos o bolsas.

La medición de caudal se determinó al colocar el recipiente en la parte inferior de la corriente, al mismo tiempo que se activó el cronómetro deteniéndolo en el momento que se ha llenado por completo el recipiente. Para lograr la estimación promedio del caudal, se tomaron varios tiempos de llenado.

Durante la semana de análisis del caudal no hubo cambios bruscos en las condiciones climáticas, debido a que no hubo presencia de precipitaciones, siendo días soleados con pocas nubes.

Determinación del pH

La medición del pH se llevó a cabo de manera in situ inmediatamente después de haber sido recolectada la muestra, evitando de esta manera variaciones ocasionadas por el transcurso del tiempo.

La medida del pH fue determinada empleando los siguientes instrumentos: tiras indicadoras de pH, vaso de precipitación.

A través de la utilización de indicadores que cambian de color según la disociación del medio, se procedió a introducir el indicador en la muestra a analizar, esperando que transcurra el tiempo indicado por el fabricante hasta observar el cambio de tonalidad del indicador. A continuación, se procedió a comparar la tonalidad adquirida con la carta de colores procedentes de la caja que indican los valores de pH obtenidos.

Durante la caracterización del potencial de hidrógeno se observó el uso de agentes desengrasantes empleados por la lubricadora al momento de realizar el lavado completo de los vehículos, lo que podría causar cambios en la concentración del parámetro.

Temperatura

La determinación de la temperatura se llevó a cabo de manera in situ inmediatamente después de haber sido recolectada la muestra para obtener una lectura real del parámetro.

La temperatura fue medida empleando como instrumento el termómetro, consistió en introducir el elemento de medida en la muestra de agua y dejarlo reposar por pocos minutos, después de haber culminado el tiempo se procede a tomar la lectura del termómetro.

Durante la caracterización del parámetro se observó que el agua usada para la actividad del lavado de vehículos se encuentra contenida en un tanque de reserva sobre la terraza del establecimiento expuesto a las condiciones climáticas de sitio. De la misma manera la temperatura del agua se ve afectada por el lavado de motores de los vehículos causando una ligera elevación de esta característica

Demanda química de oxígeno

El método de análisis para la determinación de DQO Espectrofotómetro HACH DR 2800, se lleva a cabo mediante el uso de equipos de laboratorio como: espectrofotómetro, digestor HACH, tubos de digestión y pipetas, así como reactivos agua destilada y viales para DQO (Rango alto: 1000 - 15000 mg/l).

El ensayo se efectuó preparando el blanco de la muestra colocando una cantidad de 2 ml de muestra en el tubo de digestión de rango alto, el vial preparado es colocado en el digestor por un periodo de 2 horas a 150°C. Posteriormente se procede a colocar por segunda vez la solución en el digestor, bajo los mismos parámetros de tiempo y temperatura.

Durante la caracterización de la DQO se observó variaciones en las características del agua residual del lavado de vehículos, ligadas a los diferentes tipos de lavadas que se realizan en el establecimiento. Bajo esta condición se observó que las aguas procedentes de las lavadas completas presentan un color más intenso, mayor turbiedad, grasas, detergentes y sólidos, que aquellas que resultan de las lavadas express.

Sólidos sedimentables

La determinación de sólidos sedimentables se realizó a través del método gravimétrico, empleando materiales de laboratorio como: cono Imhoff, varilla de agitación y cronómetro.

Su determinación se logró al verter una cantidad de muestra de 1000ml en un cono Imhoff, proporcionando condiciones de reposo y tiempo aproximado de 60 minutos, después de dicho tiempo se procedió a remover los sólidos que han quedado en las paredes del cono con la ayuda de la varilla de agitación, dejando reposar por 10 minutos para su posterior lectura.

En la caracterización realizada se observó concentraciones elevadas de sólidos ocasionadas por las lavadas continuas de vehículos, así como por la diferencia entre las lavadas.

Sólidos suspendidos

Este parámetro es importante ya que permite determinar la calidad del agua residual, su eliminación del agua es importante ya que influye en las concentraciones de turbidez del agua. (Organización Panamericana de la Salud, 2008)

La determinación de sólidos suspendidos se realizó a través del método gravimétrico, empleando equipos como: filtros, equipo de filtración de vacío, estufa, desecador, balanza analítica, probetas.

La determinación de sólidos suspendidos, es llevada a cabo colocando un filtro previamente tarado y pesado en el embudo del equipo de filtración de vacío, para posteriormente verter un volumen de 250ml de muestra, después de finalizado el proceso de filtración se procedió a retirar el filtro colocándolo en el soporte y llevándolo a la estufa para dejarlo secar a temperatura de 105 °C, por un tiempo aproximado de 1 hora. Después de terminado el tiempo de secado se procedió a retirar el filtro de la estufa, colocándolo en el desecador, una vez que culminó el proceso de secado se retiró y se procedió a pesar.

El cálculo de sólidos suspendidos fue determinado por la ecuación:

$$SST = \frac{(P1 - P2) \times 1000}{V}$$

Ecuación 24 Determinación de sólidos suspendidos

Dónde:

P1= Peso inicial del filtro en mg.

P2= Peso final del filtro en mg.

V= Volumen de la muestra en ml.

Durante la caracterización se observó variaciones en la concentración de turbidez debido a la cantidad de materiales coloidales presentes en el agua. Además se evidenció la acumulación de sólidos dentro del pozo colector de agua originando la formación de fango.

Aceites y grasas

El propósito de determinar la concentración de aceites y grasas en las descargas de agua producidas, es diseñar un sistema de tratamiento que se adapte a las características del efluente permitiendo reducir las cargas de polución, así como el

aumento de la degradación de la calidad del agua, debido a la capacidad de persistencia que presenta este contaminante. (Ministerio del Ambiente, 2012)

La determinación de este parámetro fue llevada a cabo por el método de partición gravimétrica, el método consistió en acidificar la muestra con ácido sulfúrico hasta un pH menor a 2, posteriormente se encierro los balones de vidrio de 100 ml en una estufa a 103°C por 24 horas y se colocó en un desecador por tres horas. Se pesaron los balones para tener el peso inicial (W1). Posteriormente se colocó en un embudo de separación 200 ml de muestra y se aforo hasta 1000 ml con agua destilada, se tapó el embudo de separación y se homogenizó. Finalmente se añadió 30 ml de n-hexano y se agitó el embudo de separación con la muestra (por dos minutos aproximadamente), aumentando progresivamente la velocidad de agitación (primero suave y luego rápido).

Dentro de la Sorbona, se colocó la torunda de algodón en el pico del embudo de separación, luego se esperó una hora para la separación de las dos fases (Arriba: parte orgánica. Abajo: parte acuosa). Se recogió en el balón previamente encerado de 100ml la fase orgánica localizada en la parte superior del embudo de separación, desechando la fase acuosa, seguidamente se realizó la destilación para llevarla a la estufa a 103^o C durante doce horas, para su secado. Posteriormente fue colocado en el desecador por tres horas para pesarlo y obtener el peso final (W2).

Tenso-activos

Para la determinación de agentes tenso activos mediante el método SAAM, se emplea los siguientes equipos de laboratorio: espectrofotómetro, cabina de extracción de vapores, así como también materiales de laboratorio entre los que se encuentran: embudos de separación, embudos de filtración, balones aforados, pipetas, vasos de precipitación y algodón, como reactivos se emplea cloroformo, alcohol isopropílico, azul de metileno 01%, reactivo de azul de metileno y solución de lavado.

El ensayo consistió en verter una cantidad de 150ml de muestra en el embudo de separación y adicionar 2.5 ml de alcohol isopropílico para proceder a agitar, posteriormente se añade 12.5mL de reactivo de azul de metileno y 15 ml de cloroformo. A continuación, se agita vigorosamente el embudo por un tiempo de 30 segundos despresurizando el embudo después de cada extracción. Dejar reposar la muestra para lograr que las fases se separen.

Se separó la capa de orgánica lograda colocando un segundo un vaso de 100ml. Se enjuago el vástago del embudo con una cantidad mínima de cloroformo.

Se combinó las extracciones de cloroformo en un segundo embudo y se añadió 25 ml de solución de lavado agitando por 30 segundos, proporcionando condiciones de reposo, se extrajo la capa de cloroformo a través de un embudo de vidrio pequeño que contenga un obturador de algodón en un balón de 100ml. Se obtuvo por última vez la solución de lavado con 25 ml de cloroformo. Se almacenan los extractos de cloroformo en un balón de 100ml y aforar con cloroformo.

Para medir la cantidad de tenso activos se colocó en una celda cloroformo y se aforo empleándolo como blanco, determinar la absorbancia y concentración de SAAM en mg/L a 652nm.

2.4 Sistema de recirculación de agua

Para el sistema de recirculación de agua se diseñó un tanque de almacenamiento cuyo volumen de agua tiene que garantizar la presión en todos sus puntos, además se necesitó conocer el caudal máximo horario, con el fin de cubrir el consumo de un día.

El caudal máximo horario de recirculación de la lubricadora “Job” se calculó realizando el levantamiento de las actividades, el cual se realizó desde las 8 am hasta las 17 pm durante una semana, donde se calculó el número de vehículos que se lava por rampa, la cantidad de agua que se utilizaba por vehículo y el tiempo que se demoraba en lavar el mismo.

La siguiente tabla presenta el caudal máximo horario de recirculación, el cual es calculado en base a las cuatro rampas en las que se puede lavar dos vehículos en un tiempo máximo de 25 minutos considerados desde el ingreso y salida del vehículo, sin embargo el tiempo en el que se emplea agua es de 5 minutos.

Tabla 7 Caudal máximo horario para el sistema de recirculación de agua

Capacidad máxima de vehículos lavados por hora (unidad)	Volumen de agua utilizado por vehículo(l)	Tiempo promedio de lavado por vehículo(min)	Caudal máximo horario (l/min)
4	70	5	56

Para el diseño del tanque de almacenamiento también se necesitó estimar el valor máximo del volumen utilizada en la lubricadora “Job”, de manera que se pueda satisfacer la necesidad diaria de la actividad, la cual alcanza un valor máximo de lavado de 36 vehículos, con un volumen de 70 l por cada vehículo, sin embargo esto sucede dos veces al mes, por lo que se consideró tomar en cuenta el promedio de vehículos lavados comúnmente que es de 25 vehículos.

La siguiente tabla muestra el caudal máximo diario de recirculación que empleará la lubricadora cuando alcance su máximo funcionamiento.

Tabla 8 Caudal máximo diario (l/min)

Máxima capacidad de vehículos diarios. (unidad)	Volumen de agua utilizado por vehículo(l)	Tiempo promedio de lavado por vehículo(min)	Caudal máximo diario(l/min)
25	70	5	350

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

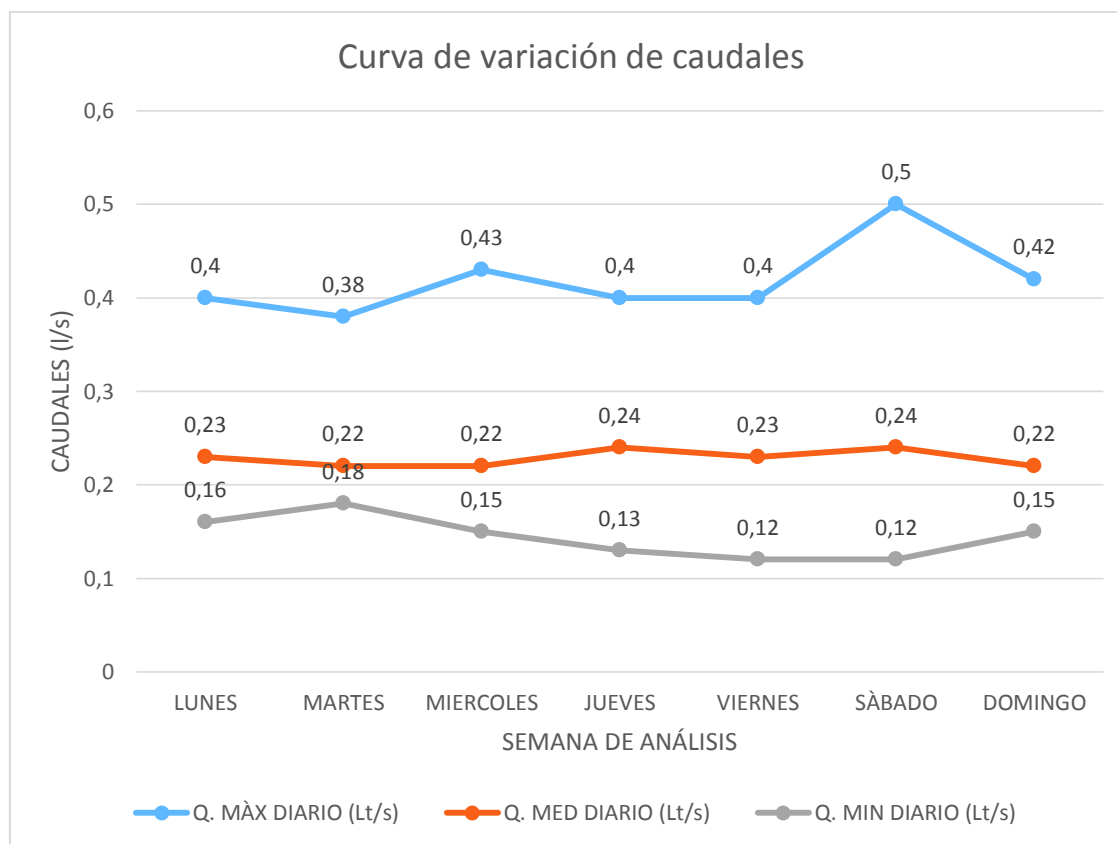
3.1 Resultados de la medición de caudales

Los resultados de la medición de caudales durante la semana de análisis se encuentran detallados en el Anexo 1, a partir de estos valores se concluyó que los días con mayor caudal son los jueves, viernes, sábados y domingos; mientras que los lunes, martes y miércoles presentan el caso contrario, a través de este análisis se pudo determinar también los caudales máximo, medio y mínimo diario.

Tabla 9 Datos de medición de caudal.

CAUDALES	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÀBADO	DOMINGO
Q. MÀX DIARIO (l/s)	0,4	0,38	0,43	0,4	0,4	0,5	0,42
Q. MED DIARIO (l/s)	0,23	0,22	0,22	0,24	0,23	0,24	0,22
Q. MIN DIARIO (l/s)	0,16	0,18	0,15	0,13	0,12	0,12	0,15

Los resultados obtenidos de la medición de caudales fueron empleados para obtener la curva de variación de caudales con el que trabaja la lubricadora al momento de desarrollar sus actividades.



El promedio de los valores de los caudales diarios permitió determinar los caudales de diseño para las unidades del tratamiento del agua residual los cuales son detallados a continuación:

Tabla 10 Caudales de diseño

CAUDAL DE DISEÑO	CAUDAL PROMEDIO
Q. MÁX SEMANAL (l/s)	0,42
Q. MED SEMANAL (l/s)	0,23
Q MÍN SEMANAL (l/s)	0,14

3.2 Resultados de caracterización de aguas residuales.

En base a la metodología de caracterización detallada en el literal 2.4 se presentan los siguientes resultados:

Muestra 1: Lavada Express

Parámetro	Unidad	Muestra 1	Tabla 8. límite de descarga al sistema de alcantarillado público	Cumplimiento
		A.T.1		
Potencial de hidrogeno		7	6—9	CUMPLE
Temperatura	°C	20	<40,0	CUMPLE
Sólidos sedimentables	mg/l	0,65	20	CUMPLE
Sólidos suspendidos	mg/l	314	220	NO CUMPLE
DQO	mg/l	834	500	NO CUMPLE
Tensoactivo	mg/l	21,3	2	NO CUMPLE
Aceites y grasas	mg/l	669,8	70	NO CUMPLE

Los parámetros medidos fueron comparados con el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario, Libro VI, Anexo I, tabla 8. De límites de descarga de agua al

sistema de alcantarillado público, evidenciando el cumplimiento e incumplimiento de cada de uno de los parámetros.

La muestra A.T.1 tomada de la lavada express presenta incumplimiento en los siguientes parámetros sólidos suspendidos, DQO, tenso activos y aceites y grasas. La concentración de tensos activos se debe al tipo de detergente empleado para la limpieza de vehículos que es de origen artesanal constituido de jabón base en un 90%, sosa caustica en 1%.fosfato trisodico en un 2% y agua en un 7%.En el caso de los sólidos suspendidos su concentración presenta un valor alto debido a las varias lavadas realizadas al mismo tiempo obteniendo una muestra turbia y con materiales con suspensión.

La presencia de aceites y grasas y DQO en el agua residual de la Lubricadora Job están relacionadas a la utilización de los diferentes tipos de aceites lubricantes de origen sintético, entre los más comunes tenemos: Pennzoil, Valvoline, Imperial, Amalie, entre otros, además de ceras para vehículos, agentes desengrasantes que al tener contacto con el agua originan un aumento en la concentración de estos parámetros.

Muestra 2: Lavada Completa

Parámetro	Unidad	Muestra 2	Tabla 8. límite de descarga al sistema de alcantarillado público	Cumplimiento
		A.T.2		
Potencial de hidrogeno		8	6--9	CUMPLE
Temperatura	°C	21	<40,0	CUMPLE
Sólidos sedimentables	mg/l	1,75	20	CUMPLE
Sólidos suspendidos	mg/l	400	220	NO CUMPLE
DQO	mg/l	2892	500	NO CUMPLE
Tensoactivo	mg/l	24,66	2	NO CUMPLE
Aceites y grasas	mg/l	1005,5	70	NO CUMPLE

Los parámetros medidos fueron comparados con el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario, Libro VI, Anexo I, tabla 8. De límites de descarga de agua al sistema de alcantarillado público, evidenciando el cumplimiento e incumplimiento de cada de uno de los parámetros.

La muestra A.T.2 tomada de la lavada completa de vehículos presenta incumplimiento en los siguientes parámetros sólidos suspendidos, DQO, tenso activos y aceites y grasas. Los valores que se obtienen en esta muestra alcanzan un nivel mayor en relación a A.T.1 debido a que en este tipo de lavado presenta mayor complejidad.

Muestra 3: Combinación de la lavada express y completa

Parámetro	Unidad	Muestra 3	Tabla 8. límite de descarga al sistema de alcantarillado público	Cumplimiento
		A.T.3		
Potencial de hidrogeno		8	6--9	CUMPLE
Temperatura	°C	21	<40,0	CUMPLE
Sólidos sedimentables	mg/l	1,1	20	CUMPLE
Sólidos suspendidos	mg/l	352	220	NO CUMPLE
DQO	mg/l	1846	500	NO CUMPLE
Tensoactivo	mg/l	24,25	2	NO CUMPLE
Aceites y grasas	mg/l	729,7	70	NO CUMPLE

Los parámetros medidos fueron comparados con el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario, Libro VI, Anexo I, tabla 8. De límites de descarga de agua al sistema de alcantarillado público, evidenciando el cumplimiento e incumplimiento de cada de uno de los parámetros.

La muestra A.T.3 tomada de la combinación de la lavada express y completa presenta incumplimiento en los siguientes parámetros sólidos suspendidos, DQO, tenso activos y aceites y grasas.

3.3 Resultados del sistema de tratamiento.

3.3.1 Canal de llegada

Los cálculos para el diseño del canal de llegada se encuentran detallados en el anexo 2, siendo escogidos según guías y normas de diseño. La siguiente tabla muestra las dimensiones que tendrá la unidad de tratamiento a diseñar:

Tabla 11 Dimensionamiento del Canal de Llegada

PARÁMETRO	DIMENSIÓN	UNIDAD
Q. diseño	0,00023	m^3/s
Área de tubería	0,011	m^2
Velocidad	0,02	m/s
Perímetro mojado o tirante de agua	0,07	m
Ancho del canal	0,15	m
Borde libre del canal	0,09	m
Altura del canal	0.16	M
Cálculo de pendiente	0,0000073	m

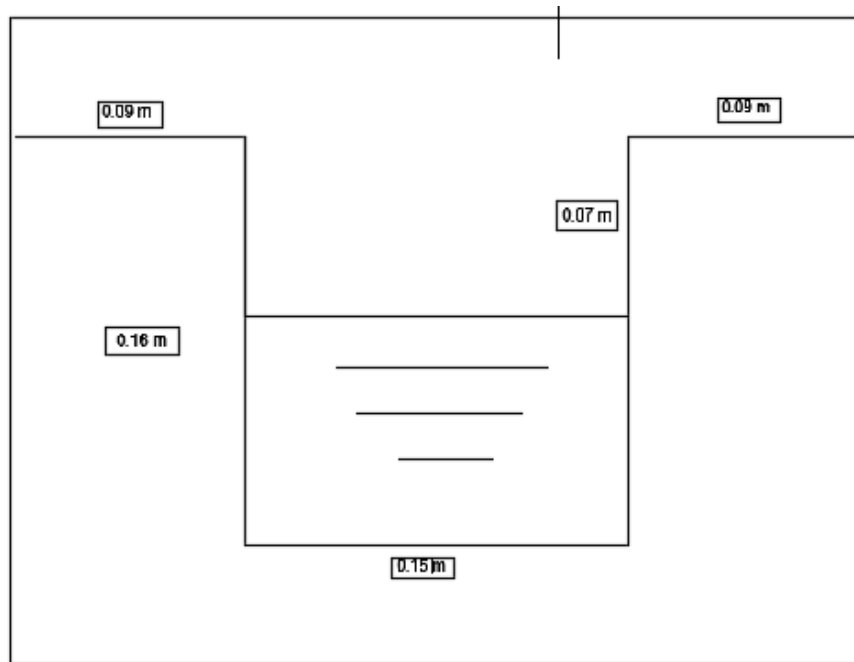


Figura 3 Canal de llegada

3.3.2 Rejillas finas.

Los cálculos para el diseño de rejillas finas se encuentran detallados en el anexo 2, siendo escogidos según guías y normas de diseño. La siguiente tabla muestra las dimensiones que tendrá la unidad de tratamiento a diseñar.

Tabla 12 Dimensionamiento de rejillas finas

PARÁMETRO	DIMENSIÓN	UNIDAD
Q. diseño	0,00023	m^3/s
Área libre al paso de agua	0,00075	m^2
Ancho	0,15	m
Altura o tirante de agua	0,005	m
Altura total del canal	0,12	m
Longitud de la rejilla	0,13	m
Número de barras	61	-
Separación entre barras	0,002	m
Espesor entre las barras	0,00038	m
Pérdida de energía en rejillas	0,012	m

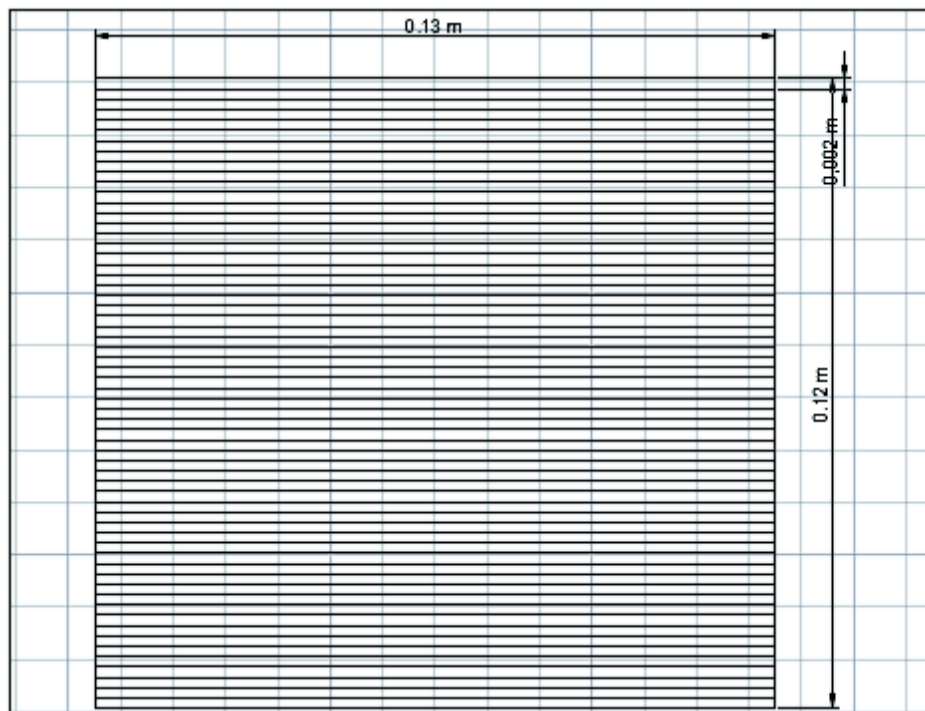


Figura 4 Rejillas finas

3.3.3 Sedimentador circular.

Los cálculos para el diseño del sedimentador circular se encuentran detallados en el anexo 2, siendo escogidos según guías y normas de diseño. La siguiente tabla muestra las dimensiones que tendrá la unidad de tratamiento a diseñar.

Tabla 13 Dimensiones para el diseño del sedimentador circular

PARÁMETRO	DIMENSIÓN	UNIDAD
Q. diseño	0,83	m^3/h
Área superficial de la zona del sedimentador	0,55	m^2
Ancho del sedimentador	0,53	m
Largo del sedimentador	1,05	m
Volumen del tanque	0,83	m^3
Tiempo de retención hidráulico	1	H
Pendiente de la zona de retención de sedimentos	5-10	%
Ubicación de la tubería de entrada de agua	1/3	-
Ubicación de la tubería de salida de agua	1/3	-

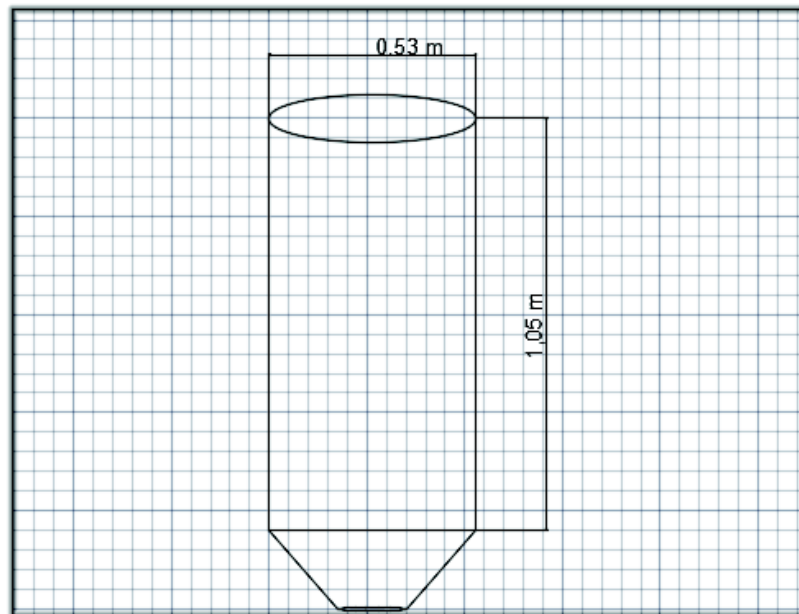


Figura 5 Sedimentador Circular

3.3.4 Trampa de grasas

Los cálculos para el diseño de la trampa de grasas se encuentran detallados en el anexo 2, siendo escogidos según guías y normas de diseño. La siguiente tabla muestra las dimensiones que tendrá la unidad de tratamiento a diseñar.

Tabla 14 Dimensiones para el diseño de la trampa de grasas

PARÁMETRO	DIMENSIÓN	UNIDAD
Área de la trampa de grasa	0.35	m^2
Largo	0.69	m
Ancho	0.51	m
Profundidad de la trampa de grasa	0.90	m
Tiempo de retención hidráulico	22	Min
TAS	90	$m^3/m^2/día$
# de celdas	1	U
Diámetro de tubería de desagüe	4,72	Pulgada

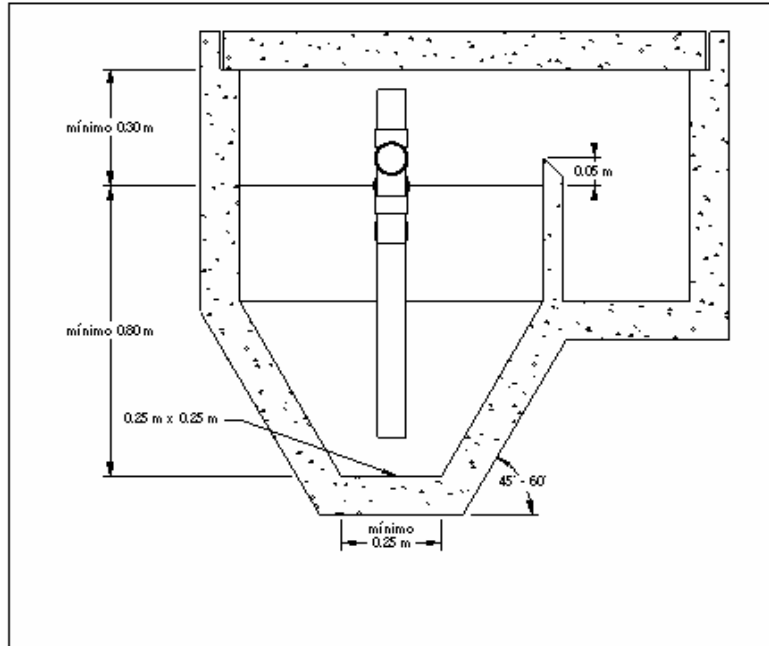


Figura 6 Trampa de grasas

3.4 Resultados del sistema de recirculación.

A partir de los valores del caudal máximo diario de recirculación se puede estimar el volumen del tanque de almacenamiento a emplear.

De tabla 8 ubicada en el apartado 2.6 se obtuvieron los siguientes resultados:

Caudal máximo diario= 350 l/min

Tiempo promedio de lavado de vehículos = 5min

$$V = Q * T$$
$$V = 350 \frac{l}{min} * 5min$$
$$V = 1750 l$$

El volumen de agua a almacenar fue aproximado al volumen de los tanques comerciales que ofrecen las diferentes empresas, considerando para su elección: costos, calidad, fácil manejo y transporte.

Tabla 15 Diámetro del tanque de almacenamiento

Volumen teórico (l)	Volumen comercial (l)	Diámetro del tanque(m)	Altura del tanque (m)
1750	2500	1.55	1.60

Modelo del tanque de almacenamiento para la Lubricadora “Job”:



Figura 7 Tanque de almacenamiento

Fuente: Catálogo de Rotoplas.

3.5 Evaluación del costo beneficio del diseño

La evaluación del costo beneficio es una herramienta importante para determinar la ejecución o no de un proyecto como es uno de los aspectos significativos en la teoría de decisión del mismo. A través de un análisis de valoración se enumeran todos los costos y beneficios que se derivan directa o indirectamente del proyecto considerando aspectos sociales y económicos.

Para las actividades de lavado de vehículos se ha determinado que la principal fuente de afectación es el recurso agua debido a la generación de efluentes residuales que se desprenden al momento de lavar la carrocería de los vehículos.

Análisis económico del recurso consumido

Según lo establecido por la Empresa Publica Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de la Ciudad de Quito, el valor generado en las planillas de agua considera: consumo de agua, servicio de alcantarillado y administración de clientes, catalogando a los usuarios como consumidores residenciales, comerciales e industriales.

Al momento la lubricadora se encuentra registrada como consumidor residencial, facturando \$ 0,41 por metro cubico consumido. En la siguiente tabla se detallan los valores de caudales consumidos durante seis meses.

Tabla 16 Consumo de agua

Meses/2017	Caudales m³	Valor a pagar
Junio	135	136,82
Julio	146	147,80
Agosto	150	151,85
Septiembre	157	153,87
Octubre	136	149,82
Noviembre	144	130,7

Presupuesto de la construcción del sistema de tratamiento y recirculación

Determinar los costos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales depende principalmente de los costos de material unitario y condiciones al momento de su construcción (Romero Rojas, Tratamiento de Aguas Residuales, 2008).

Las dimensiones teóricas obtenidas en el diseño del sistema de tratamiento fueron aproximadas a las dimensiones comerciales, obteniendo de esta manera el precio unitario de cada elemento.

Tabla 17 Costo general del sistema de tratamiento

Sistema de tratamiento			
Elementos	Unidad	Precio unitario	Precio total
Malla	5m	1,10	5,50
Tanque plástico cónico con base metálica	1	370,00	300,00
Válvula de extracción de lodos	1	40,00	40,00
Tuberías de PVC de entrada y salida por cada metro (2")	3 m	1,00	3,00
Cemento	1	8,25	8,25
Mano de obra semanal (trabajador)	1	60,00	60,00
Bloques de 10 cm	6	0,25	1,50
Tubería de PVC ¾	1	1,00	1,00
Codos ¾	2	0,70	1,40
Total \$			420,65

- Costos del sistema de recirculación

En la siguiente tabla se detalla los elementos que constituyen el sistema de recirculación:

Tabla 18 Costo general del sistema de recirculación

Elementos del sistema de recirculación	Precio unitario \$
Tanque de almacenamiento de agua	199,00
Electro Válvula 1/2 Agua	40,00
Multiconector y flotador	25,00
Filtro Estándar (incluye cartucho de filtro) agua-500	60,00
Válvula Esférica De Pvc 3/4	7,00
Tubería de pvc por metro	1,00
Bomba Para Agua Periférica 1/2	65,00
Total \$	402,00

Beneficios del sistema de tratamiento y recirculación del agua residual.

El valor promedio de consumo de agua potable en la lubricadora es 144,66 m³ facturando un costo en la planilla de \$ 145,14, la generación del beneficio del proyecto se obtendrá de la combinación de un 75% de agua potable con un 25 % de agua proveniente del sistema de tratamiento, generando un ahorro de \$36,03 correspondiente a 108,49 m³ mensuales en el consumo de agua que actualmente factura la lubricadora.

El valor de la inversión inicial será de \$ 822,65 los que serán recuperados después de 22 meses equivalentes a 1,87 años, a partir de esta fecha los valores recaudados serán de ahorro para el propietario.

Con la construcción de la planta de tratamiento propuesta se logra la conservación del medio ambiente mediante la reducción de carga contaminante en el sistema de alcantarillado público, además del cumplimiento de las normativas vigentes evitando el pago de multas

La implementación de la planta de tratamiento de agua residual cumple con el principio de sostenibilidad, ya que asegura la preservación y el aprovechamiento del recurso de manera razonable evitando afectar a las generaciones futuras.

4. CONCLUSIONES

- A través del desarrollo del plan de muestreo se determinaron las características físicas y químicas, permitiendo conocer la calidad del efluente generado por la Lubricadora, de esta manera se evidencio que los parámetros más críticos dentro de la caracterización son aceites y grasas, tenso activos y DQO.
- De los resultados de la caracterización realizada se puede decir que al momento de realizar la lavada completa de los vehículos la carga contaminante es excedente en cuanto a los límites permisibles establecidos en libro VI, Anexo 1, tabla 8 del texto Unificado de Legislación Ambiental, de manera que sobrepasa en el 82,71% en el parámetro DQO, 91,88% en cuanto a tenso activos y el 91,03% en cuanto a aceites y grasas.
- Partiendo de las características del agua residual analiza se plantea un sistema de tratamiento conformado por las siguientes unidades: rejillas, sedimentador circular y trampa de grasas, las cuales utilizan el principio de diferencia de densidades para la eliminación las cargas contaminantes
- El diseño propuesto concluyó con el planteamiento de un sistema de recirculación para el agua tardada, con la finalidad de incluirlo nuevamente en la actividad del lavado de los vehículos, reduciendo de esta manera el consumo de agua.
- El valor promedio de consumo de agua potable en la lubricadora es 144,66 m³ facturando un costo en la planilla de \$ 145,14, la generación del beneficio del proyecto se obtendrá de la combinación de un 75% de agua potable con un 25 % de agua proveniente del sistema de tratamiento, generando un ahorro de \$36,03 correspondiente a 108,49 m³ mensuales en el consumo de agua que actualmente factura la lubricadora.
- Con la determinación de la inversión inicial del sistema de tratamiento y recirculación del agua se pudo establecer que el ahorro anual en el consumo será de \$ 435,60 correspondientes a 434,16 m³, los cuales servirán para recuperar la inversión inicial dentro de 22 meses, después de su implementación, posterior a este periodo los valores recaudados serán de ahorro para el propietario.

Recomendaciones

- En caso de ser necesario se recomienda adicionar agentes químicos que conserven las propiedades de la muestra tomada, aumentando el tiempo establecido entre la recolección de la muestra y el tiempo de análisis.
- Para aumentar la fiabilidad de resultados se puede considerar un mayor número de análisis a diferentes intervalos de tiempo, obteniendo una estandarización de variación de concentraciones de los parámetros analizados.
- Para mejorar el sistema de tratamiento se recomienda adicionar una unidad de filtración con carbón activado, debido a que este proceso ayuda a reducir las concentraciones de materia orgánica a través de la adsorción. También se puede optar por un proceso de coagulación a través de sales de aluminio y hierro los cuales mejoran notablemente la aptitud química del agua.
- A medida que crecen las demandas de energía y las necesidades ambientales del agua, el reciclaje del agua jugará un papel más importante en el mundo y en la vida cotidiana del ser humano. El reciclaje del agua, junto con la conservación y la eficiencia del agua, pueden ayudarnos a administrar de manera sostenible nuestros recursos hídricos vitales.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. (2016).
- Aguinaga, S. (1996). *Manual de Procedimientos Analíticos para Aguas y Efluentes*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, & Water Environment Federation. (1915). *Standard methods for the examination of wastewater*. American Public Health Association.
- Arboleda Valencia, J. (2000). *Teoría y Práctica de la Purificación del Agua*. Santa de de Bogotá: Mc Graw Hill.
- Cantera, S. (19 de Agosto de 2011). *Expoknews*. Obtenido de <https://www.expoknews.com/el-numero-de-autos-que-circulan-en-el-mundo-equivale-a-cerca-de-una-sexta-parte-de-la-poblacion-global/>
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL AGUA. (2000). *Teoría y Práctica de la Purificación del Agua*. Santa Fe de Bogotá: Mc Grawk Hill. Recuperado el 16 de Mayo de 2017, de <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/Caracteristicas.PDF>
- Constituyente, E. A. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*.
- Crites, R. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*. Colombia: Mc Graw Hill.
- Eddy, M. &. (2003). *Ingeniería de Aguas Residuales*. Mc Graw Hill.
- EPA-United States Environmental Protection. (2017). *Water Recycling and Reuse; The Environmental Benefits*.
- González Valencia, A. (2014). *Manual Piraguero Medición de Caudal*. Medellín: Corantioquia.
- Harmsem, T. (2005). *Diseño de estructuras de concreto armado*.
- Hernández , L. (s.f.). *Manual de Depuración Uralita*. Ideasmares.
- Hernández Muñoz, A. (2015). *Depuración y desinfección de aguas residuales. 6 ta. Edición* . Madrid: Ibergarceta publicaciones, S. I.
- Instituto Nacional de Estadística y censos. (Octubre de 2016). *Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales*. Obtenido de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2015/Documento_Tecnico-Gestion_de_Agua_y_Alcantarillado_2015.pdf
- Jiménez Cisneros, B. E. (2001). *La Contaminación Ambiental en México*. México: Limusa.

- Jurado, J. (1998). *Manual para muestreo de aguas y sedimentos*. Quito: Facultad de Arquitectura y Diseño PUCE.
- Letón García , P. (2006). *Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales*. Madrid: Elecé Industria Gráfica.
- Mendoza, J. C. (12 de Abril de 2009). *Sistemas de tratamiento de agua*. Obtenido de <http://sistemadetratamientodelagua.blogspot.com/2009/04/desarenador.html>
- Metcalf & Eddy. (1999). *Ingeniería de Aguas Residuales*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Metcalf, & Eddy. (1995). *Tratamiento, vertido y reutilización*.
- Methods for Chemical Analysis of wáter and wastes*. (1974). U.S.
- Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento. (Noviembre,2000). *Tratamiento de aguas residuales municipales*.
- Ministerio del Ambiental. (2012). *Estudio para Conocer Potenciales Impactos Ambientales y Vulnerables Relacionada con las Sustancias Químicas y Tratamiento de Desechos Peligrosos en el Sector Productivo del Ecuador*. Quito: SAICM.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guía Para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores*. Obtenido de <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>
- Organización Panamericana de la Salud. (2008). *Tratamiento de Agua para Consumo Humano*. Lima: CEPIS.
- Organización Panamericana de Salud - Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental - Centro Panamericano de Ingeniería y Ciencias del Ambiente. (2005). *Guías para el Diseño de Plantas de Tratamiento para Aguas Residuales*. Lima: CEPIS.
- Orozco Jaramillo, A. (2014). *Bioingeniería de aguas residuales. Teoría y Diseño*. Arcodal Sección Occidente .
- Pongutá Hurtado, J. J. (2003). *Guía para el almacenamiento, manejo y conducción del agua*. Bogotá: Convenio Andrés Bello.
- Ramalho, R. (Mayo de 2003). *Tratamiento de agua residuales* . Barcelona: Reverté, S.A. .
- Ramos Olmos, R., Sepúlveda Marqués, R., & Villalobos Moreto, F. (2003). *El agua en el medio ambiente Muestreo y análisis*. México: Plaza y Valdés, S.A.
- Real academia de ingeniería. (2012). *Tirante Hidráulico* . Madrid, España.
- Rigola Lapeña, M. (2003). *Tratamiento de agua indusytriales*. Barcelona: Alfaomega S.A.
- Rodríguez Ruiz, P. (2008). *Hidráulica de canales*.

- Romero Rojas, J. A. (2008). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Colombia : Escuela Colombiana de Ingenieros.
- Rotoplast. (22 de Octubre de 2013). *Diferencias entre Tanque de Almacenamiento y Cisterna*. Obtenido de <http://cisternasytanques.com/2013/10/22/diferencias-entre-cisternas-y-tanque>
- Sainz Satre, J. A. (2005). *Tecnologías para la sostenibilidad. Procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales*. Madrid: EOI.
- Secretaría del agua. (2003). *Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes*. Obtenido de http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_disenos.pdf
- Sistema Único de Información Ambiental. (3 de Marzo de 2015). *Manual del ciudadano Licenciamiento ambiental por categorización*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/Manual-de-Regularizacion-Ambiental.pdf>
- Sistema Único de Información Ambiental. (s.f.). *Catálogo de Categorización Ambiental Nacional*. Obtenido de http://suia.ambiente.gob.ec/catalogo_ambiental
- Solís, J. J. (2016). *Manual del Pequeño Insustrial*. Índigo.
- Stanley, E. (2007). *Introducción a la Química Ambiental*. México: Editorial Reverté, S.A.
- Tchobannoglous, G., & Burton, F. L. (1991). *Water Quality; Characteristics, Modeling, Modification*. New York: McGrawHill.
- Toma de Muestras de Aguas Residuales*. (10 de septiembre de 2007). Obtenido de http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma_Muestras_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428
- UNAD. (2016). *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. Obtenido de http://datateca.unad.edu.co/contenido/358039/ContenidoLineal/leccion_37_trampa_de_grasas.html.
- UNATSABAR. (2003). *Unidad de Apoyo Tecnico para el Saneamiento del Área Rural. Especificaciones técnicas para el diseño de la trampa de grasas*. Lima.
- UNATSABAR, O. P. (2005). *Guia para el diseño de estación de bombeo de agua potable* . Lima: CEPIS. S.A.
- Villón Béjar, M. (2007). *Hidráulica de canales*. Lima: Villón.

6. ANEXOS

ANEXO 1

Lectura de medición de caudales

A continuación, se detallan los valores registrados durante la semana en que se realizó la medición de caudales:

Tabla 19 Registro de medición de caudales

HORA	LUNES			MARTES			MIERCOLES			JUEVES			VIERNES			SABADO			DOMINGO		
	TIEMPO (s)	VOLUMEN (Lt)	CAUDAL (Lt/s)	TIEMPO (s)	VOLUMEN (Lt)	CAUDAL (Lt/s)	TIEMPO (s)	VOLUMEN (Lt)	CAUDAL (Lt/s)	TIEMPO (s)	VOLUMEN (Lt)	CAUDAL (Lt/s)	TIEMPO (s)	VOLUMEN (Lt)	CAUDAL (Lt/s)	TIEMPO (s)	VOLUMEN (Lt)	CAUDAL (Lt/s)	TIEMPO (s)	VOLUMEN (Lt)	CAUDAL (Lt/s)
8:00:00				16	6	0,38	30	6	0,20	31	6	0,19				21	5	0,24	16	6	0,38
8:30:00	33	6	0,18							21	5	0,24	30	6	0,20	33,00	6,00	0,18	15	6	0,40
9:00:00	32	5	0,16				33	5	0,15	33	6	0,18	15,00	5,00	0,33	12,00	6,00	0,50	33	6	0,18
9:30:00	22	5	0,23	33	6	0,18	15	6	0,40	21	5	0,24				33,00	4,00	0,12			
10:00:00	16	6	0,38	31	6	0,19	15	6	0,40	33	6	0,18	32,00	6,00	0,19	21,00	5,00	0,24			
10:30:00	15	5	0,33				33	5	0,15	33	6	0,18	33,00	4,00	0,12	16,00	6,00	0,38	12	5	0,42
11:00:00	15	6	0,40	21	5	0,24	14	6	0,43	30	4	0,13	16,00	6,00	0,38	15,00	6,00	0,40	19	5	0,26
11:30:00	35	6	0,17	23	5	0,22	15	6	0,40	16	6	0,38	15,00	6,00	0,40	13,00	6,00	0,46	33	6	0,18
12:00:00	21	5	0,24	23	5	0,22				15	6	0,40	33,00	5,00	0,15	33,00	4,00	0,12	16	6	0,38
12:30:00				33	6	0,18	23	4	0,17	33	6	0,18	20,00	5,00	0,25	16,00	6,00	0,38	33	6	0,18
13:00:00				21	5	0,24	33	5	0,15	21	5	0,24	15,00	6,00	0,40	32,00	6,00	0,19	23	5	0,22
13:30:00							32	5	0,16	33	6	0,18				14,00	6,00	0,43	23	5	0,22
14:00:00	20	5	0,25	16	6	0,38	20	4	0,20	14	5	0,36				33,00	6,00	0,18	30	6	0,20
14:30:00	16	6	0,38	22	5	0,23							33,00	5,00	0,15	21,00	5,00	0,24			
15:00:00	33	6	0,18	23	5	0,22				16	6	0,38	16,00	6,00	0,38	33,00	6,00	0,18			
15:30:00	24	5	0,21	33	6	0,18	33	5	0,15	15	6	0,40	23,00	5,00	0,22	16,00	6,00	0,38	23	6	0,26
16:00:00	25	5	0,20				21	5	0,24	15	6	0,40	33,00	4,00	0,12	15,00	6,00	0,40	33	5	0,15
16:30:00				21	5	0,24	22	5	0,23	23	6	0,26	23,00	5,00	0,22	36,00	6,00	0,17	33	6	0,18
17:00:00				23	5	0,22				16	6	0,38	15,00	6,00	0,40	36,00	6,00		36	6	0,17
	307	71	0,25	339	76	0,24	339	73	0,25	419	102	0,27	352	80	0,26	449	107	0,29	378	85	0,25
	Q. prom. Total		0,23	Q. prom. Total		0,22	Q. prom. Total		0,22	Q. prom. Total		0,24	Q. prom. Total		0,23	Q. prom. Total		0,24	Q. prom. Total		0,22

ANEXO 2

Cálculos para el diseño del sistema de tratamiento de agua residual

Cálculos para el diseño del canal de llegada

Caudal de medio

$$Q_{med} = 0,23 \text{ lt/s}$$

Caudal de diseño

$$Q_{diseño} = 0,00023 \frac{m^3}{s}$$

Ecuación 25 Caudal de diseño para la lubricadora "Job

Ecuación de continuidad

$$Q = V \times A$$

Despejando

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

$$V = \frac{0,00023 \text{ m}^3/\text{s}}{0,011 \text{ m}^2} = 0,02 \text{ m/s}$$

Perímetro mojado

$$d = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

$$d = \sqrt{\frac{0,011 \text{ m}^2}{2}} = 0,07 \text{ m}$$

Borde libre del canal

$$H = 1,2 (d)$$

$$H = 1,2 * 0,074 \text{ m} = 0,09 \text{ m}$$

Ecuación de Manning

$$V = \frac{1}{n} \times R h^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

Despejando

$$I = \left(\frac{V \times n}{\left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}}} \right)^2 =$$

$$I = \left(\frac{\frac{0,020m}{s} \times 0,013}{\left(\frac{0,12}{4}\right)^{\frac{2}{3}}} \right)^2 = 0,000007$$

- **Cálculos para el diseño de una rejilla fina de limpieza manual**

Para el dimensionamiento del tamiz fino propuesto en la investigación se emplearán los siguientes datos, así también se hará referencia a la tabla 20 señalada a continuación:

Tabla 20 Datos para el cálculo de rejillas finas de limpieza manual

PARÁMETRO	LIMPIEZA MANUAL	UNIDAD
Tamaño de la barra		
Ancho	0,0015 – 0,015	<i>m</i>
Separación entre barras	0,025 – 0,05	<i>m</i>
Pendiente en relación a la vertical	25 – 50	Grados
Velocidad de aproximación a las barras	0,3 – 0,5	<i>m/s</i>
Velocidad del flujo a través de las barras	> 0,50	<i>m/s</i>
Pérdida de carga admisible	0,15	<i>m</i>

Fuente: (Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, 2003)

Además, se dispondrá de una malla tejida de acero inoxidable con un diámetro de 1,5 mm sobre la estructura a diseñar, con la finalidad de aumentar la eficiencia de la estructura.

A continuación, se detallan los cálculos empleados para el diseño de rejillas finas de limpieza manual:

Área libre al paso del agua

$$AL = \frac{Q}{Vb}$$

$$AL = \frac{0,00023 \text{ m}^3/\text{s}}{0,3048 \text{ m/s}} = 0,00075 \text{ m}$$

DATOS:

Q. Diseño	0,00023	<i>m</i> ³ / <i>s</i>
Velocidad mínima a través de las barras	0,3048	<i>m</i> / <i>s</i>

Altura o tirante de agua en el canal

$$h = \frac{Al}{b}$$

$$h = \frac{0,00075 \text{ m}^2}{0,15 \text{ m}} = 0,005 \text{ m}$$

DATOS:

Área libre al paso del agua	0,00075	<i>m</i> ²
Ancho del canal de llegada	0,15	<i>m</i>

Altura total del canal

$$H = h + H_s$$

$$H = 0,005 \text{ m} + 0,12 \text{ m} = 0,13 \text{ m}$$

Tirante de agua en el canal	0,005	<i>m</i>
Altura de seguridad	0,12	<i>m</i>

Longitud de la rejilla

$$Lb = \frac{Hs}{\sin \alpha}$$

$$Lb = \frac{0,12 \text{ m}}{\sin 70^\circ} = 0,13 \text{ m}$$

Altura de seguridad	0,12	m
Ángulo de inclinación de las barras	70	GRADOS

Número de barras

$$n = \left(\frac{b}{e + s} \right) - 1$$

$$n = \left(\frac{0,15}{0,00038 + 0,002} \right) - 1 = 61$$

Ancho del canal	0,15	m
Separación entre barras (se asume el valor medio planteado en la tabla 20)	0,002	m
Espesor máximo entre barras (se asume el valor medio planteado en la tabla 20)	0,00038	m

Pérdida de energía entre las rejillas

$$Hl = \frac{1}{0,7} \left(\frac{V^2 - v^2}{2g} \right)$$

$$Hl = \frac{1}{0,7} \left(\frac{\left(\frac{0,50m}{s} \right)^2 - \left(\frac{0,3m}{s} \right)^2}{2 \left(\frac{9,8m}{s^2} \right)} \right) = 0,012m$$

Velocidad de flujo a través de las barras (se asume el valor medio planteado en la tabla 20)	0,50	m/s
Velocidad de aproximación del flujo (se asume el valor medio planteado en la tabla 20)	0,3	m/s

Aceleración de la gravedad	9,8	m/s^2
----------------------------	-----	---------

- **Cálculos para el diseño del sedimentador primario**

Sedimentador circular

Área de entrada de agua

Cuenta con una zona de entrada de flujo ubicada por la parte superior de la estructura donde la caída del agua será de forma descendente.

Área de salida de agua

La salida del agua se ubica en el primer tercio de la unidad comenzando desde la parte superior de la misma, para lograr una separación en distintas fracciones de las partículas que se encuentran en el cuerpo de agua (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Área superficial de sedimentación

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

$$A = \frac{0,83 \frac{m^3}{h}}{1,5 m/h} = 0,55 m^2$$

Caudal a tratar	0,83	m^3/h
Velocidad de sedimentación	1,5	m/h

Ancho del sedimentador (diámetro)

$$B = \sqrt{\frac{A}{2}} =$$

$$B = \sqrt{\frac{0,55 m^2}{2}} = 0,53m$$

Largo del tanque sedimentador (altura)

$$L2 = \frac{A}{B}$$

$$L2 = \frac{0,55 \text{ m}^2}{0,53 \text{ m}} = 1,5 \text{ m}$$

Volumen del tanque

$$V = B \times L \times h =$$

$$V = (0,53 \times 1,05 \times 1,5) \text{ m} = 0,83 \text{ m}^3$$

Tiempo de retención

$$Tr = Q/V$$

$$Tr = \frac{0,83 \text{ m}^3}{0,83 \text{ m}^3} = 1 \text{ h}$$

- **Cálculos para el diseño de la trampa de grasas**

Para el dimensionamiento de la trampa de grasa se emplearán los siguientes datos, así también se hará referencia a la tabla 4 donde se indica las dimensiones de acuerdo al caudal.

Área de entrada del agua

EL ingreso del agua a la trampa de grasa se realizará por medio de un codo de 90° y un diámetro mínimo de 0.75 cm.

Zona de retención de retención de aceites y grasas

La retención de aceites y grasas se efectuará por medio de diferencias de densidades, donde las grasas flotarán en la superficie mientras que otros sólidos más pesados se depositan en el fondo de la trampa. El resto del agua pasa libremente por el sistema hacia el sedimentador primario.

Área de Salida del agua

La salida se realizará por medio de una tee con un diámetro mínimo de 0.75 cm.

Al tratarse de caudales inferiores a 1 l/s, el volumen recomendado para la unidad será de $2m^3$. La eficiencia de las unidades diseñadas para atrapar las grasas contenidas en el agua residual, se ven principalmente afectadas por tiempos de retención cortos.

Caudal de diseño para la trampa de grasas de la lubricadora “JOB”:

$$Q_{diseño} = 0,23 \frac{l}{s}$$
$$Q_{diseño} = 0,83 \frac{m^3}{h}$$

Tiempo de retención

El tiempo de retención hidráulico se define a través de la siguiente expresión:

$$TRH = \frac{V_{mínimo}}{Q_{med}}$$

$$TRH = \frac{0,3m^3}{0,83 \frac{m^3}{h}}$$

$$TRH = 0,36 h = 22 min$$

ANEXO 3

Evidencia fotográfica del plan de muestreo

Punto de muestreo:



Figura 8 Pozo colector de aguas residuales

- Recolección de la muestra de agua



- Etiquetado de las Muestras



- Preservación de la muestras de agua



ANEXO 4

Diagrama de flujo del sistema de tratamiento y recirculación de agua residual de la lubricadora “Job”

