



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE  
AGUAS Y LODOS RESIDUALES GENERADOS POR  
SPV, PROVEEDOR DE LAVADO, RENTING  
COLOMBIA.**

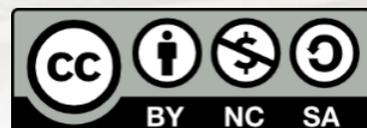
**Mariana Hincapie Henao**

**Universidad de Antioquia**

**Facultad de Ingeniería, Escuela ambiental**

**Medellín, Colombia**

**2021**



ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE AGUAS Y LODOS  
RESIDUALES GENERADOS POR SPV, PROVEEDOR DE LAVADO, RENTING  
COLOMBIA.

**Mariana Hincapie Henao**

Informe final para proyecto de practica presentado como requisito parcial para optar al  
título de:

**Ingeniera ambiental**

Asesores (a):

Benjamín Atehortúa Trujillo, Ingeniero ambiental

Laura Franco Bermúdez, Ingeniera Industrial, Máster en administración de empresas

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Escuela ambiental  
Medellín, Colombia  
2021.

## Contenido

1. Resumen.....	4
2. Introducción .....	5
3. Objetivos .....	8
3.1 General.....	8
3.2 Específicos.....	8
4. Marco Teórico .....	9
5. Metodología.....	18
5.1 Diagnóstico de la empresa y tecnologías existentes .....	18
5.1.1 Alcance.....	18
5.2 Investigación y cotización de alternativas .....	21
5.3 Análisis de alternativas .....	22
5.3.1 Suposiciones .....	22
5.4 Socialización del proyecto .....	23
6. Resultados.....	23
6.1 Presentación de alternativas.....	23
6.1.1 Reducción del consumo de agua.....	23
6.1.2 Tratamiento y manejo de aguas residuales .....	30
6.1.3 Tratamiento y manejo de lodos residuales.....	34
6.2 Análisis de alternativas .....	41
6.2.1 Análisis técnico .....	41
6.2.2 Análisis financiero.....	44
7. Conclusiones.....	45
8. Referencias .....	47

## 1. Resumen

Renting Colombia alquila y realiza la logística de vehículos pesados y livianos a corto y largo plazo. Al ser propietarios de estos vehículos se encargan de la parte administrativa y de mantenimiento. Dentro de dicho mantenimiento está el proceso de lavado, el cual tercerizan con un proveedor llamado SPV. SPV tiene como actividad económica el lavado y alistamiento de todo tipo de vehículos. En el proceso de lavado el mayor elemento necesario es el agua, un recurso muy necesario no solo para los seres humanos sino también para el resto de los seres vivos. El agua proporciona alimento, hábitat y en el caso de los humanos, es un recurso muy importante en el desarrollo económico y social, pero al usarla se contamina y por eso se busca implementar proyectos como este para mantener y mejorar su calidad por nuestro propio bien y el del medio. El objetivo principal es diagnosticar que alternativas se pueden implementar para mejorar la generación y manejo de agua y lodo residual que se producen por esta actividad, además tiene la intención de aportar en el camino de la sostenibilidad y economía circular para ambas empresas. A partir de la recolección de información se obtuvo una línea base sobre el manejo del agua que tiene esta empresa, posteriormente, se investigaron alternativas, separándolas según su función (lavado de vehículo, manejo de agua residual y manejo de lodo residual) y se cotizó su costo. Finalmente, en base a la información obtenida, línea base e investigación de alternativas, se realizaron los análisis técnico y financiero. Según los análisis se logró recomendar cuales serían las mejores alternativas para cada sede, se sugiere que se podría replicar en otras sedes y se deja la consiga de que se podría ampliar la investigación teniendo este estudio inicial. Aunque uno de los objetivos era iniciar a implementar una de las alternativas, por el tiempo limitado, se logró llegar al punto de la socialización de este estudio con todos los interesados tanto de SPV como de Renting Colombia, sin embargo, se mostró interés entre ambas partes y se dejó en análisis para una futura implementación.

## 2. Introducción

Desde la llegada del primer auto a Colombia en Medellín en 1899 el sector automotriz ha crecido en el país, generando más de 24.000 empleos y moviendo gran parte de la economía del país (Colombia, s.f.). Después de la llegada del “caballo del demonio”, ya que a los pocos días estalló la Guerra de los Mil Días (Mitsubishi motors, 2018), comenzaron a llegar más vehículos al resto de las ciudades del país. Así entonces la industria automotriz comenzó a evolucionar en Colombia, desarrollando diferentes tipos de vehículos, cada uno con una función distinta, desde transporte de personas hasta transporte de diferentes elementos para satisfacer las necesidades de las personas. No solo el diseño, manufactura y venta de vehículos comenzaron a generar empresa, la utilización de los vehículos con sus diferentes fines, crearon y siguen creando empresas que prestan servicios con los diferentes tipos de vehículos, derivándose así la industria del transporte, esta industria tiene como fin facilitar el acercamiento de las personas e intercambio de mercancías, lo que es una gran contribución en las diferentes industrias (Min Transporte, 2005).

El cambio climático y deterioro ambiental es un tema que ha tomado importancia en los últimos años, con esto se comenzó a analizar todas las actividades realizadas por el ser humano, a estudiar cual es el impacto tanto negativo como positivo de estas actividades, por ejemplo la industria automotriz y de transporte, además de su impacto social positivo al generar empleo, los vehículos trajeron consigo impactos ambientales negativos, tanto durante su fabricación como en su utilización, algunos de estos son: la utilización de diferentes recursos, como minerales, combustibles fósiles, agua y energía, la emisión de gases de efecto invernadero, la generación de contaminación auditiva y deforestación para construcción de vías. Y otros impactos generados en su mantenimiento o lavado, como la generación de residuos sólidos y líquidos, por lo tanto, la contaminación de agua y suelo por la utilización de diferentes productos en dichos procesos. (Min interior (España), 2014).

Por lo anterior la industria automotriz, como muchas otras, ha ido implementando medidas preventivas, de mitigación y adaptación para reducir su impacto negativo en el ambiente como mejoramiento de la tecnología, para que los automóviles tengan mejor rendimiento, pero también se ha iniciado a implementar los vehículos eléctricos, tanto livianos como pesados, para reducir significativamente el consumo de combustibles fósiles y por lo tanto las emisiones atmosféricas. Respecto a al manejo del recurso agua, la utilización de productos biodegradables ha sido una de las apuestas de la industria para disminuir este tipo de contaminación, además de mejorar el rendimiento a la hora de realizar el lavado.

Renting Colombia es una empresa que le apuesta a la renta de vehículos, a cambiar la cultura de posesión de vehículos, facilitarle la formalidad de tener un

vehículo a los usuarios y prestarle este servicio tanto a empresas como a personas, por esta razón alquilan vehículos livianos y pesados, teniendo actualmente una flota de más de 25.000 vehículos, prestándole dicho servicio a empresas como Coca-Cola, Argos y Grupo Éxito. Renting presta diferentes servicios según su público y necesidades, dos de los servicios son Transportempo y Localiza, la primera es especializada en operación logística y transporte terrestre de carga y la segunda es una franquicia brasileña, adquirida en el año 2006, que alquila autos a personas naturales. Al ser propietarios de los vehículos, Renting se encarga del mantenimiento y tramites como certificados y seguro (Renting Colombia S.A.S, s.f.). Para el sostenimiento del vehículo Renting tiene proveedores, los cuales realizan reparaciones, mantenimiento, comercio de partes, lavado, entre otros. Este proyecto se verá enfocado en el proveedor de lavado más importante para ellos, SPV, esta empresa colombiana limpia, asea y embellece vehículos livianos y pesados (SPV, s.f.).

SPV, junto a Renting, son muy conscientes de los impactos generados por estas actividades en el recurso agua, por esto, tienen en proceso un proyecto llamado Líderes del agua, este consiste básicamente en crear datos reales del consumo de agua, establecer personal de las operaciones para que sean guías de sus compañeros en el uso eficiente de este recurso y así garantizar la reducción del consumo de agua en estas actividades e implementar actividades. Además, en el método de lavado de SPV se consume menos agua comparado con otros métodos de lavado y utilizan productos de limpieza biodegradables para que al regresar el agua a los ecosistemas el impacto no sea tan grande.

Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) el planeta tierra es 70% agua, de esa agua solo el 2.5% es agua dulce y del agua dulce solo el 0.007% está disponible para el consumo humano. Este recurso es básico para el ser humano ya que para saciar las necesidades básicas es necesaria el agua, por ejemplo, la alimentación e higiene, pero en general el agua está relacionada con el correcto desarrollo de la población y es importante para tener ecosistemas saludables, aun así, muchas personas en el mundo no tienen acceso a agua potable. (Naciones Unidas, s.f.).

En contraste se tiene la población que si tiene acceso pero que con esas actividades que realizan la contaminan, quedando esta agua alterada o por fuera del ciclo natural, y sin utilidad. Se calcula que la mayoría de las residuales regresan al ecosistema sin ser tratadas, algo que representa un gran problema ya que esto reduce la cantidad de agua con buena calidad para ser usada, y hay que considerar que estamos en una población en constante crecimiento, lo que conlleva a que la demanda de agua crezca también.

Lo anterior nos permite apreciar lo importante que es cuidar este recurso tanto para la población presente como para la futura. Colombia a pesar de ser reconocida mundialmente por tener una gran oferta de agua, también hace parte de la problemática, ya que, respecto a la calidad, esta presenta grandes niveles de degradación gracias a los vertimientos generados por la industria y aguas

domesticas sin tratar, además de aquellos residuos sólidos, lodos, que se generan en el tratamiento, en ocasiones estos no tratados, dispuestos y/o manejados incorrectamente, representan también un factor contaminante no solo para el agua sino también para el suelo (Amador-Díaz, Veliz-Lorenzo, & Bataller-Venta, 2014).

En la búsqueda de solucionar la problemática del agua en el país mencionada, Colombia desde el Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, y alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), se propone implementar planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, inversión en cuencas críticas, optimización de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales y promoción de tecnologías apropiadas (USAID, 2016). Pero para aportar desde el interior de una empresa, se necesita que se implementen proyectos más específicos dependiendo de su actividad. En este caso, al realizar inspecciones ambientales a los diferentes proveedores de Renting Colombia, se encontró esta oportunidad de mejora, el manejo de aguas y lodos residuales, proponiendo alternativas preventivas y/o de mitigación al proveedor (SPV).

Conociendo entonces la industria, la empresa, el proceso y la situación del recurso agua actualmente, se plantea la posibilidad de estudiar y posteriormente implementar una o varias alternativas que contribuyan, desde la actividad de la empresa, a la problemática planteada del agua, ya que SPV y Renting Colombia dentro de sus procesos de lavado de vehículos están generando un gran impacto al ambiente, más específicamente al recurso agua, aportando a la disminución de la cantidad y calidad del recurso. Importante resaltar que SPV presta su servicio en las dos operaciones mencionadas, tempo (Lavadero las brisas) y localiza (sede Medellín y Sabaneta), en la primera se lavan vehículos pesados que transportan cemento, por lo tanto, en el proceso se genera gran cantidad de lodo, y respecto a localiza la utilización de agua es grande y la gran cantidad de agua residual a verter en el alcantarillado presenta una problemática.

El proyecto consiste en realizar el estudio de alternativas posibles a implementar, elegir en conjunto con los interesados de SPV y Renting Colombia la alternativa que mejor se adapte a las capacidades de las empresas y finalmente iniciar la implementación de la o las alternativas elegidas. En este escrito se describirá la teoría, metodología y finalmente resultados y conclusiones de este proyecto.

### 3. Objetivos

#### 3.1 General

Realizar un estudio de diagnóstico de alternativas de medidas de manejo de las aguas y lodos residuales que se generan por la actividad de lavado realizado por la empresa SPV, proveedor de Renting Colombia, e iniciar implementación de alguna de las medidas.

#### 3.2 Específicos

- Examinar diferentes medidas de manejo que se hayan implementado en otros lugares para minimizar o prevenir el impacto ambiental generado por el consumo de agua y la generación de aguas y lodos residuales.
- Evaluar las alternativas establecidas con anterioridad para el manejo de aguas y lodos residuales y determinar cuáles de estas serán implementadas en las tres operaciones de Renting en Antioquia establecidas.
- Componer cronograma de actividades para iniciar la implementación de la o las alternativas de manejo elegidas.

#### 4. Marco Teórico

El agua ha sido y sigue siendo un recurso básico para la supervivencia del ser humano y de las demás especies que habitan el planeta, es importante en el desarrollo socioeconómico, la producción de alimentos y energía, y según las Naciones Unidas “es un decisivo vínculo entre la sociedad y el medioambiente.” (Naciones Unidas, s.f.). Es tanto así que se acaba de publicar que el agua empezara a ser parte de aquellos recursos como el oro y el petróleo que se cotizan en el mercado de Wall Street, lo que significa que la preocupación de la escasez de agua en un futuro en muchos lugares del mundo, está creciendo cada vez más, esto, gracias al cambio climático, provocado por una población en crecimiento y causando que fenómenos, como las sequías, sean más extremos (Chipman, 2020).

En la actualidad con todo el estudio que se tiene sobre el cambio climático y sus impactos, el cuidado de los recursos ha tomado fuerza, pero mucho más el agua debido a que no solo el nivel del mar está creciendo por el deshielo, sino también porque el agua dulce se hace cada vez más escasa, ya que da a parar al mar o es contaminada. A pesar de que, como ya se mencionó, el 70% del planeta es agua, eso no indica que toda esa agua esté disponible para el consumo y todas las actividades necesarias del ser humano. Es importante resaltar que la falta de agua no es igual en todos los países del mundo, 2000 millones de personas viven en países que sufren escasez de agua, y no solo es la escasez en cantidad si no también en calidad, más de la mitad de la población carece de servicios de saneamiento y a raíz de esto se calcula que 297 000 niños menores de cinco años mueren cada año debido a enfermedades diarreicas causadas por consumir agua no potable (Naciones Unidas, s.f.).

Eso considerando solo la adquisición del agua y el problema social y de salud pública que se presenta, pero detrás del uso del agua también se muestra una problemática ambiental, ya que recordemos que toda actividad humana genera un impacto al ambiente y esta no es una excepción. Al utilizar el agua, esta ya no tiene su forma original, ya que se mezcla con diferentes componentes según el uso que se le dé, a este residuo líquido se le llama Agua Residual (AR), esta agua puede contener sólidos y compuestos orgánicos e inorgánicos en diferentes cantidades y dependiendo de la cantidad de estos elementos y del origen de su uso tienen una gran clasificación pero básicamente se dividen en Agua Residual Domestica (ARD) y Agua residual no Domestica (ARnD), las primeras son aquellas aguas resultantes de descargas de servicios sanitario, cocina, lavado de elementos de aseo, pisos y ropa, y las segundas se definen como las AR que vienen de actividades industriales, comerciales o de servicios diferentes a las mencionadas en ARD (MADS, 2015).

Las ARnD se clasifican según su origen. Por ejemplo, las aguas residuales provenientes de la industria agrícola tienen químicos como pesticidas ya que estos son usados en la actividad, posteriormente, por escorrentía, se junta con el agua y va a dar a algún cuerpo de agua natural. Procesos parecidos se dan en los otros tipos de industria, pero con otro tipo de productos químicos líquidos,

sólidos y/o gaseosos. Para dar más claridad de cómo se puede clasificar el AR y posteriormente realizar un tratamiento, mencionare a continuación cuáles son esas características principales que se deben medir para su correcto tratamiento:

- **Materia orgánica:** importante porque es la causante del agotamiento de oxígeno de los cuerpos de agua.
- **Oxígeno disuelto:** Es un parámetro fundamental que se contempla en el ecosistema acuático. El oxígeno se usa como indicador de la contaminación para los cuerpos hídricos. Para el correcto funcionamiento de los tratamientos aerobios de las aguas residuales, es necesario asegurar una concentración mínima de 1 mg/L.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Es una medida indirecta de la cantidad de materia orgánica contenida en una muestra de agua. La primera se usa para determinar el consumo de oxígeno que hacen los microorganismos para degradar los compuestos biodegradables, y en la segunda se emplea un oxidante fuerte para realizar la medición.
- **Sólidos:** Estos sólidos pueden ser suspendidos (SS) o disueltos (SD), los que también pueden ser volátiles (SV), los cuales se presumen orgánicos, o fijos (SF) que suelen ser inorgánicos. Parte de los sólidos suspendidos pueden ser también sedimentables (SSed).
- **Potencial de hidrógeno (pH):** Controla los procesos biológicos del tratamiento de las aguas residuales. La mayoría de los microorganismos responsables de la depuración de las aguas residuales se desarrollan en un rango de pH óptimo entre 6,5 y 8,5 unidades.
- **Nitrógeno:** Componente principal de las proteínas y es un nutriente esencial para las algas y bacterias que intervienen en la depuración del agua residual. Puede presentarse en forma de nitrógeno orgánico, amoniacal y formas oxidadas como nitritos y nitratos. Los valores excesivamente altos de nitrógeno amoniacal se consideran inhibitorios para los microorganismos responsables del tratamiento.
- **Fósforo:** Es un nutriente esencial para el crecimiento de los microorganismos. No obstante, valores elevados pueden causar problemas de hipereutrofización en los cuerpos de agua.” (Roa, Urrego, Tuta, Baron, & Cely, 2014).

Como lo mencionaba, las aguas residuales se caracterizan, es decir se miden los criterios anteriores, con la intención de realizarle el tratamiento más adecuado, pero no necesariamente siempre se realiza un tratamiento al AR antes de ser dispuesta en los cuerpos de agua nuevamente, incluso ni se miden los parámetros para conocer su condición. Se calcula que cerca del 80% de las aguas residuales en el mundo regresan al ecosistema sin haber recibido ningún tipo de tratamiento (Naciones Unidas, s.f.), lo que de nuevo conlleva a un problema de salud pública.

En Colombia, según el informe publicado por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (Superservicios) en 2017, solo el 48.2% de los municipios

registrados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (1.122) cuentan con algún tipo de sistemas de saneamiento, es decir, que menos de la mitad de las aguas residuales en Colombia son tratadas. Además, según datos aportados por el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), se calcula que el 96% de las aguas residuales no son tratadas correctamente (Saldaña, 2020). Como es de esperarse, la carga más grande de contaminantes (DBO, DQO y SS totales) se concentra en las ciudades más urbanizadas del país como Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, entre otras (SIAC, s.f.). Esto porque al tener una gran población e industria constantemente en actividad y crecimiento, se genera gran cantidad de ARD y ARnD, respectivamente.

Por todo lo anterior se vuelve necesario la gestión ambiental del agua, entiéndase por gestión como plantear e implementar acciones que puedan evitar o mitigar el impacto que genera una actividad humana, en este caso en el recurso agua. Esta gestión incluye tanto el tratamiento de agua para que sea consumible por el ser humano, es decir potable, como el tratamiento del agua residual que queda después de esta ser utilizada, y allí en esta segunda parte es donde se genera una nueva problemática como lo es la producción de lodo residual, el cual es un residuo sólido, semisólido o líquido. Se ha encontrado que no darles un correcto manejo a los lodos es una gran preocupación no solo por la contaminación al agua y suelo sino también de salud pública, ya que estos están cargados de diferentes microorganismos patógenos y materia orgánica. Pero hay que tener en cuenta que igual que el agua residual, los lodos tendrán diferentes características dependiendo de su origen, es decir, del origen del agua residual que los genero, además del tipo de tratamiento que se le dio a esa AR. Así mismo también se debe realizar una caracterización para conocer que contiene y como podría tratarse. Según el “Plan de gestión para lodos generados en las PTAR-D de los municipios de Cumaral y San Martin de Los Llanos en el departamento del Meta “, creado por Donado en el año 2013, las características principales que se deben medir en los lodos son:

- Contenido orgánico y de patógenos
- Nutrientes: Principalmente nitrógeno, fósforo y potasio
- Metales y materia orgánica

Todas las actividades humanas generan un impacto directo o indirecto en el recurso agua. Sin restar importancia a ninguna, en este proyecto es de interés el impacto en el agua que genera indirectamente la industria del transporte, más específicamente, el proceso de lavado de los vehículos en SPV, proveedor de lavado de Renting Colombia, empresa dueña de los vehículos que son utilizados en esta industria. Antes de hablar de sus impactos es necesario considerar su importancia. El transporte es determinante en la competitividad del país ya que hace un gran aporte en la producción industrial y agrícola, y a nivel individual, facilita la accesibilidad a las personas a los productos y servicios básicos como los alimentos, educación y salud, lo que en conjunto significa que juega un papel muy importante en el desarrollo social del país (Min Transporte, 2005).

SPV y Renting Colombia tienen una gran alianza, ya que SPV es el proveedor de lavado más importante para Renting, lavando alrededor de 4500 vehículos, de Renting, al mes en todo el país. Esto sin contar la operación de Transportempo, el otro servicio de Renting, donde incluso el lavado es un factor más importante ya que allí se manejan vehículos de carga en carretera, los cuales se exponen a mayor contaminación. Incluso en la actualidad se encuentran adelantando en conjunto una estrategia para mejorar el manejo del recurso. Una de las estrategias es líderes del Agua, la cual básicamente consiste principalmente en educar a los operarios para que tengan un mejor manejo del agua. Este proyecto se enlaza muy bien con esta estrategia, ya que haría parte de esas acciones para mejorar la gestión del recurso, antes, durante y después. Es relevante resaltar que, en sí, SPV tiene un buen manejo del recurso porque utiliza productos biodegradables y en el método de lavado que tienen se utiliza una cantidad pequeña de agua, comparada con otros métodos de lavado, ya que usan hidrolavadora. En promedio SPV se gastan 96 litros en el lavado de un automóvil, con otros métodos, se calcula que se puede gastar de 150 a 600 litros (Kumar & Chauhan, 2018).

Siendo la contaminación atmosférica, tanto en expulsión de gases como en generación de ruido, el impacto ambiental más relevante en la utilización de vehículos, existen otros impactos que indirectamente se crean en torno a los procesos de mantenimiento de estos. El lavado es uno de esos procesos que se lleva a cabo en el mantenimiento de los vehículos, allí no solo se crea impacto por la gran cantidad de agua que se utiliza, sino también por el agua residual que genera. Después de utilizarse el agua, esta sale cargada de grasa, aceite, detergentes y suciedad producida por contaminantes atmosféricos del tráfico y contaminantes de la superficie de las carreteras, por esta razón es importante realizar una caracterización, para conocer qué elementos son los que posee esta agua que puedan dañar el ecosistema al regresar a él, afectando de forma directa, envenenando la fauna, incluso aquellos detergentes biodegradables, como de forma indirecta, alterando concentraciones de los elementos en el cuerpo de agua, propiciando que este, ya no sea apto para la vida (Kumar & Chauhan, 2018).

Basándose en ese origen que tienen las aguas residuales derivadas del lavado de vehículos, un estudio recopiló a partir de diversas publicaciones, cuáles son esas características principales de estas aguas: pH, DQO y DBO, turbidez, SST, conductividad, grasas y aceites y sustancias activas al azul de metileno. Midiendo estos parámetros se llega a identificar y definir cuál sería el mejor tratamiento (Kumar & Chauhan, 2018). Además, estos parámetros también nos permiten identificar si el agua residual cumple con la norma de vertimiento establecida.

Más específicamente, respecto a normativa sobre lavado de vehículos, mundialmente se ha adelantado muchas estrategias desde la parte legislativa para reducir esta problemática, tanto desde la cantidad a utilizar, como el tratamiento y reuso del AR generada en esta actividad. Este avance se ve más reflejado en los países europeos, en algunos países restringen el consumo de

agua a 60-70 L por auto. En Suiza, Alemania y los países bajos no es permitido lavar sus autos en casa, y Alemania en particular, establece que se debe reciclar al menos el 80% del agua de esta actividad. En estos países y otros como Estados Unidos y Australia, la legislación se ha vuelto cada vez más restrictiva y se aumenta el costo del agua, obligado a los lavaderos de carros a mejorar sus tecnologías y por lo tanto a ser más eficientes (Kumar & Chauhan, 2018).

Pero también hay muchos otros países en el mundo donde no se establece legislación específica sobre el lavado de autos, Colombia es uno de ellos. En Colombia el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015, establece que los lavaderos de autos deben tener permiso de vertimiento, para esto debe cumplir ciertos requerimientos técnicos, que se establecen en la Resolución 631 de 2015, "Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones" (MADS, 2015). Pero respecto a normativa sobre el consumo o reusó de agua en lavaderos de autos, Colombia no tiene ninguna, es un tema muy crudo en el país.

Además del cambio de legislación, implementar nuevas tecnologías y estrategias es otra de las acciones importantes para que la problemática cambie de forma positiva. Se ha iniciado a implementar estrategias alrededor del mundo, de las más populares hoy en día es la economía circular. Según la fundación Ellen MacArthur, la economía circular son "Sistemas de producción y consumo que promuevan la eficiencia en el uso de materiales, agua y la energía..." (Ellen Macarthur Foundation, 2013). Es decir, la economía circular va dirigida al desarrollo sostenible, lo que implica crecimiento económico, pero garantizando bienestar social y al ambiente, involucrando factores como: Innovación tecnológica, colaboración entre actores y nuevos modelos de negocio. Por su parte, Colombia, igual que muchos países, ha implementado una Estrategia Nacional de Economía Circular basada en la documentación de esta fundación. En esta se establecen unas líneas de priorización, para implementar planes nacionales, una de estas es la circulación de agua. A pesar de esta iniciativa nacional, es necesario que desde empresas se comience a implementar medidas en cara a la economía circular, a continuación, hablare de medidas que se han estudiado e implementado en el país y el mundo para mejorar la eficiencia del uso del agua (MADS, 2020).

A pesar de que SPV tiene un buen método de lavado, hidrolavadora, la cual es considerada ecológica, por la poca cantidad de agua que utiliza (30% agua y 70% de aire) comparada con métodos convencionales, se ha investigado que existe nueva tecnología donde se utiliza, incluso menos agua que una hidrolavadora. Existen varios métodos para realizar el lavado a un vehículo: lavado convencional ya sea en casa o en un auto lavado, en este se utiliza manguera por lo tanto la cantidad de agua utilizada puede ser muy alta; el lavado ecológico con hidrolavadoras, este con presión reduce la cantidad de agua pero todo depende de la forma en la que se utilice la maquina; el lavado sin agua, no se utiliza agua, pero si productos químicos para eliminar la suciedad; lavado al

vapor, solo se utiliza vapor y por lo tanto no necesita mucha agua; y lavaderos de rodillos o túnel de lavado, este es un sistema automático que lava el vehículo en corto tiempo pero la cantidad de agua utilizada se calcula es más alta que una hidrolavadora (Garcia).

Como la hidrolavadora y el lavado en seco ya son técnicas usadas por SPV, se describirá más a fondo las dos últimas tecnologías mencionadas, lavado al vapor y túnel de lavado.

- Con el lavado al vapor se puede lograr tanto la limpieza externa como interna, lo que incluye el lavado de los muebles y del motor sin generar ningún daño en estos. La utilización de agua es muy pequeña, menos de 4 litros por vehículo en promedio, además al ser el vapor caliente logra desinfectar y desodorizar incluso más que un producto químico de limpieza. Es importante mencionar que la escorrentía de agua residual que genera es muy poca, casi nula, por lo tanto, la producción de AR es considerablemente menor que en el resto de los métodos (Garcia).
- El túnel de lavado, como ya se mencionó, es un sistema automatizado. Esta máquina realiza el lavado del vehículo con solo realizar la programación, dependiendo de la tecnología, el vehículo puede quedarse inmóvil o necesita moverse para atravesar el túnel. Los más conocidos son aquellos que poseen grandes cepillos a cada lado, pero también existen otros sistemas que no tocan el vehículo ya que utilizan brazo robótico (Automatic Carwash, s.f.). Por lo general ambos tipos realizan el lavado, secado y brillado del vehículo. Aunque este método tiene la gran ventaja de invertir poco tiempo en el lavado, la utilización de agua, según varias fuentes, puede ser de 114 litros a 270 litros (Kumar & Chauhan, 2018), lo que no supera en eficiencia a la hidrolavadora o el lavado a vapor.

Después de intentar cambiar el método, el consumo y los productos usados en el lavado, lo que sigue es realizar un tratamiento a las AR, para entregarlas con una calidad mejor de la que queda después de usarse. Dependiendo del origen de esa agua residual se le puede realizar diferentes tratamientos. Antes de entrar en detalle de los métodos usados para el tratamiento de AR generadas por el lavado de autos, es relevante poner en contexto en que consiste un tratamiento y los métodos que existen. Principalmente se divide en 4 fases:

1. Pretratamiento: que consiste en la eliminación de los sólidos más grandes.
2. Tratamiento primario: En esta etapa se aplican diferentes procesos físicos y químicos con el fin de eliminar los sólidos en suspensión, para lograrlo se tienen varios métodos, los principales son: "Sedimentación, proceso por el que las partículas caen al fondo gracias a la gravedad; Flotación, consiste en la retirada de espumas, grasas y aceites ya que debido a la baja densidad que tienen se sitúan en la capa superficial del agua; Neutralización, consiste en la normalización del pH, es decir, ajustarlo a un valor en el rango de 6-8, que es típicamente el valor del agua, ya sea

usando sustancias alcalina o CO<sub>2</sub>, dado el caso; Otros procesos, para conseguir una mayor depuración de las aguas residuales pueden aplicarse otras técnicas como el uso de fosas sépticas, lagunaje, filtros verdes u otros procesos químicos (intercambio iónico, oxidación, reducción, etcétera).”

3. Tratamiento secundario: Después de pasar por los tratamientos fisicoquímicos, se comienza a realizar un proceso biológico, que consiste en el uso de microorganismos y bacterias que convierten la materia orgánica en biomasa celular, energía, gases y agua. Dependiendo del tipo de organismo, se tienen dos procesos diferentes, aerobios y anaerobios. El primero se “realiza en presencia de oxígeno por lo que es necesario introducirlo en los tanques donde están las aguas residuales. En esta etapa ocurre parte de la degradación de la materia orgánica, de la que se desprende agua y CO<sub>2</sub>, y también la eliminación de los productos nitrogenados”, y el segundo se “realiza en ausencia de oxígeno. En este proceso ocurren reacciones fermentativas en las que la materia orgánica se transforma en energía, metano y dióxido de carbono”. Para realizar esta depuración existen varios métodos, algunos son lodos activos, lechos bacterianos, filtros verdes y digestión anaeróbica.
4. Tratamiento terciario: hasta el tratamiento secundario, se considera suficiente para regresar las aguas a los cuerpos naturales, pero si el agua se desea recircular, es decir volver a utilizarse, se procede a realizar un tratamiento terciario, estos implican mayor tecnología. Algunas de las técnicas utilizadas son Radiación ultravioleta, Intercambio iónico, Ósmosis inversa, Filtración, Cloración. Para usar algunos de estos métodos se debe conocer el fin que tendrá esa agua recirculada y debe tener ciertas características, por ejemplo en la radiación ultravioleta es necesario que el agua no contenga mucho material disuelto, para que la radiación pueda llegar a toda el agua, limitando la reproducción de microorganismos, mientras que con la cloración a pesar de que también se eliminan microorganismos y otros elementos, pero el proceso no se ve limitado por la cantidad de material disuelto que contenga el agua. Por otro lado, el intercambio iónico y la osmosis inversa retiran sales del agua, pero el proceso es diferente. Finalmente, en la filtración se utiliza arena y grava para terminar de eliminar partículas orgánicas.

(García-Astillero, 2018).

Lo mencionado anteriormente es lo más conocido sobre el tratamiento de agua residual, sin embargo, un estudio publicado en el presente año, *Efficient technologies for carwash wastewater treatment: a systematic review*, habla de ciertos métodos que son los más eficientes para el tratamiento de agua residual generada en el lavado de carros. Coagulación y / o adsorción, filtración por membrana, procesos electroquímicos y métodos combinados son los métodos que se analizaron en este artículo.

- La Coagulación y la adsorción son de los métodos más utilizados en las plantas de tratamiento, y según este estudio resulta muy eficiente para

eliminar SST y turbidez y hasta metales pesado, pero no tanto para eliminación de materia orgánica, por eso es preferible combinarlos con otro método, además también depende del tipo de coagulante o absorbente que se utilice.

- La filtración por membrana hace parte de las técnicas del tratamiento terciario. Este método se puede clasificar en microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa. Se recomienda para tratar este tipo de agua residual ya que, en general, es eficiente para remover sólidos y materia orgánica en suspensión, pero se debe resaltar que cada tipo de filtración se usara dependiendo del objetivo y del tratamiento dado anteriormente. En el estudio se resalta que entre más pequeño el poro más eficiente es, pero también se ensucia más fácil, tema a considerar a la hora de hablar de mantenimiento.
- El tercer tipo, los procesos electroquímicos más avanzados, son una técnica nueva ya que viene siendo estudiada en los últimos 20 años y se consideran los más prometedores para el tratamiento de agua residual con un volumen bajo, pero precisamente por ser tan nuevos y necesitar mucho estudio podrían ser costosos. Se ha encontrado que muestra eficiencias muy altas en la reducción de contaminantes como el DQO, DBO, TSS y tensioactivos.

(Sarmadi, y otros, 2020)

Finalmente, el estudio expone que el mejor método es la combinación de varias técnicas, ya que puede resultar más eficiente y económicos que la aplicación de una sola técnica. Esto porque cada técnica tiene su especialidad y al aplicar dos o tres podría eliminarse todos los contaminantes existentes. (Sarmadi, y otros, 2020). La aplicación de algunos tratamientos mencionados anteriormente garantizaría la recirculación de agua, es decir, garantizaría la calidad adecuada del agua para volverse a usar, ya sea en la misma actividad de lavado o en otros procesos que se den en la empresa. Desde la Le 373/1997 y el Decreto único reglamentario 1076/2015 se incentiva a realizar dicha recirculación dentro de las industrias.

Así como existen diferentes métodos para tratar el agua residual, también se ha investigado sobre el tratamiento de los lodos residuales, para posteriormente realizar un aprovechamiento de estos lodos y evitar afectaciones a la salud humana y del ambiente. Es importante saber cuál es el origen, es decir, de que tipo de agua residual proviene y que técnicas de tratamientos se le realizó; y cuál será el uso que se le dará después de ser tratado, es decir cuál es el objetivo de ese biosólido obtenido. Entiéndase como biosólido, el producto que queda después de realizar la estabilización de ese lodo residual (Amador-Díaz, Veliz-Lorenzo, & Bataller-Venta, 2014).

Los posibles usos que se le puede dar a los biosólidos son: recuperación y adaptación de tierras, cultivo de plantas no destinado al consumo ni a la producción de alimentos, uso en agricultura, uso en la construcción, recuperación de elementos, producir material aglomerado y granulado, y al

poderse convertir en material de construcción también podría ser usado como materia prima para realizar artesanías. Dados estos posibles usos, entonces se tienen diferentes métodos o técnicas para tratarlos. La estabilización en el lecho de secado es uno de los procesos más básicos ya que allí se deshidrata e higieniza el lodo, además es económico y sirve cuando este biosólido se pretende usar como fertilizante o materia de recuperación de tierra. Otras alternativas usadas con este fin son la estabilización con lombrices y la anaerobia, donde además puede recuperarse biogás. Existen también, los tratamientos térmicos: secado, incineración y co-incineración. En el primero básicamente se suministra energía al sistema para que el agua del lodo se evapore, la segunda implica que exista un presecado y el resultado final son cenizas, y el tercero se utiliza cuando el lodo a incinerar tiene bajo poder calorífico (MichałCieślik, Namieśnik, Konieczka, & Piotr, 2015).

Para usar el lodo como material de construcción necesitara la aplicación de otros procesos como la cementación, la cual consiste en solidificar las cenizas que quedan de la incineración, así se obtiene un material moldeable; otra opción es la vitrificación, aquí se pone el lodo a muy altas temperaturas, esta técnica resulta ser costosa por la alta cantidad de energía utilizada en el proceso. Además de utilizar el biosólido resultante de los lodos, también se pueden recuperar ciertos elementos como fósforo y metales, para esto también existen diferentes tecnologías (MichałCieślik, Namieśnik, Konieczka, & Piotr, 2015).

## 5. Metodología

El estudio de alternativas aquí presentado se realizó básicamente en 4 etapas, las cuales describiré a continuación:

### 5.1 Diagnóstico de la empresa y tecnologías existentes:

En esta primera etapa se recolecto información sobre como llevan a cabo los procesos en estas operaciones, cantidad de agua utilizada, manejo actual de agua y lodo residual y costos de manejo de la empresa del servicio de lavado SPV. La información fue suministrada por la ingeniera ambiental de dicha empresa. A partir de estos datos se establece una línea base y se comienza a investigar en artículos cuales son las mejores alternativas aplicadas mundialmente, tanto en lavado de vehículos como en el manejo de agua y lodo residual.

#### 5.1.1 Alcance

La infraestructura y capacidad administrativa y económica de tres sedes donde SPV le presta el servicio de lavado a Renting Colombia, son los factores importantes por considerar para el estudio e implementación de las diferentes alternativas. Se eligieron estas sedes para tener una mayor disponibilidad del lugar en términos de tiempo y distancia. Además, en dos de estos lugares se presentaban problemáticas respecto al manejo de agua y lodos. En Sabaneta el costo de vertimiento es alto y en Rio claro la generación de lodo es muy alta, por lo tanto, su disposición es compleja. Las tres sedes son:

#### **Localiza Medellín: Carrera. 48B #4Sur-15**



*Imagen 1: Foto Localiza Medellín.*

Modo de lavado actual:

Los lavados en esta sede son realizados, en su mayoría, a vehículos livianos de ciudad, lo que nos permite sugerir que la suciedad no es muy alta. Para el lavado se utilizan hidrolavadoras, siendo el gasto de agua bajo, comparado con un lavado convencional de manguera, pero en ocasiones se realiza solo con trapos ya que la suciedad es poca. Los principales servicios que se le realizan a los vehículos son el lavado externo, lavado interno, lavado de motor, lavado de sillas, brillada, entre otros. Los jabones utilizados en estos procesos son biodegradables.

Características técnicas actuales:

- Tiempo de lavado exterior por vehículo: 10 min aproximadamente.
- Consumo de agua por vehículo: 96 litros aproximadamente
- Cantidad promedio de servicios o lavados realizados al día: 162
- Caudal de agua residual promedio diario: 0.033 L/s
- Cantidad de lodo generado: 108 kg - 217 kg cada seis meses

Características financieras actuales:

- Valor del lavado mensual: 109.353.645 pesos aprox.
- Costo de un kilogramo de lodo: 730 pesos. 158.400 pesos aprox. cada 6 meses
- Caracterización de vertimientos anual: 1.000.000 pesos aprox.

### **Localiza Sabaneta: Cl. 61 Sur #48-57**



*Imagen 2: Foto Localiza Sabaneta.*

Modo de lavado actual:

En esta sede se realiza lavado de vehículos liviano y pesados con mayor movimiento en ciudad, lo que nos permite sugerir que la suciedad no es muy alta. Para el lavado se utilizan hidrolavadoras, siendo el gasto de agua bajo, comparado con un lavado convencional de manguera, pero en ocasiones se

realiza solo con trapos ya que la suciedad es poca. Los principales servicios que se le realizan a los vehículos son el lavado externo, lavado interno, lavado de motor, lavado de sillas, brillada, entre otros. Los jabones utilizados en estos procesos son biodegradables.

Características técnicas actuales:

- Tiempo de lavado exterior por vehículo: 10 min aproximadamente.
- Consumo de agua por vehículo: 96 litros aproximadamente
- Cantidad promedio de servicios o lavados promedio realizados al día: 15
- Caudal de agua residual promedio diario: 0.03 L/s
- Cantidad de lodo generado: 108 kg - 217 kg cada seis meses
- Cantidad de agua que se dispone: 8.950 metros cúbicos aprox.

Características financieras actuales:

- Valor del lavado mensual: 10.125.338 pesos aprox.
- Costo de un kilogramo de lodo: 730 pesos. 158.400 pesos aprox. cada 6 meses
- La disposición de cada metro cubico cuesta 755 pesos (6.757.250 pesos aprox.) + el transporte del vehículo actor 975.000.

### **Operación Transportempo Lavadero las brisas, Rio claro**

Se encuentra ubicado en la vereda Alta vista del municipio de San Francisco, Antioquia con coordenadas X: 913.220, Y: 1.146.674 y Z: 511 msnm.



*Imagen 3: Foto Operación Transportempo, Rio claro.*

Modo de lavado actual:

En el lavadero las brisas se realiza el lavado de camiones transportadores de cemento, como se observa en la imagen 3, de la empresa Argos. Al transportar este tipo de elemento en carreteras nacionales, suelen tener mucha suciedad, por eso allí además de tener el lavado externo e interno convencional, se tiene desincruste, lavado de chasis-motor, lavado de tolva, brillado, entre otros. Los jabones utilizados en estos procesos son biodegradables.

Características técnicas actuales:

- Tiempo de lavado por vehículo: - Lavado exterior sencillo 20 minutos
  - Lavado exterior con desincruste 40 minutos
  - Lavado motor 15 minutos
- Consumo de agua en un día: 48,16 metros cúbicos (48160 litros). Puede variar por cantidad de servicios
- Cantidad promedio de servicios o lavados promedio realizados al día: 101
- Cantidad de lodo generado: 2.000 kilogramos cada 3 meses aprox.

Características financieras actuales:

- Costo de disposición de un kilogramo de lodo: 850 pesos. 1.700.000 pesos cada 3 meses.
- Caracterización de vertimientos anual: 2.500.000 pesos aprox.

Es importante resaltar que todos los datos mencionados anteriormente pueden variar según cantidad de servicios se realizan al día y suciedad de los vehículos, ya que estos no son iguales diariamente. Por lo tanto, cambia consumo de agua, costo de lavado, cantidad de agua residual y costo de manejo del agua residual.

## 5.2 Investigación y cotización de alternativas:

Esta etapa fue la más larga ya que se analiza cuáles de las alternativas encontradas en la primera etapa podrían servir para aplicar en Colombia y que existiera marcas que hiciera la exportación o que dentro del país fabricaran estos productos. Posterior a elegir estas marcas específicas, originarias de Colombia o no, se procedía a realizar comunicación con ellos para solicitar más información de su producto como diferentes especificaciones técnicas y una cotización para poder realizar un análisis financiero, ya que esto también es de importancia a la hora de implementar un nuevo sistema o equipo en una empresa, que sea rentable técnica y económicamente. Al tiempo se iba realizando un documento en el que iba condensando toda la información de las alternativas y sus precios. Es importante resaltar que, para facilitar el entendimiento de la presentación y análisis de las alternativas, estas fueron divididas en tres grupos: Reducción del consumo de agua, Tratamiento y manejo

de agua residual y tratamiento y manejo de lodo residual, esto se podrá evidenciar en el numeral 6. Resultados.

### 5.3 Análisis de alternativas:

Cuando ya se tenían los datos necesarios sobre las diferentes alternativas se procedió, en primera instancia, a realizar un análisis técnico y en segunda un análisis financiero. El primero consistía en establecer tres características principales que eran de importancia en términos técnicos según el grupo de alternativas al que pertenecía, esto comparado con la línea base establecida en la primera etapa. Y el segundo momento fue realizar un análisis financiero, haciendo una comparación del valor del lavado (lo que le cuesta a Renting Colombia, cada lavado realizado por su proveedor SPV, según tipo de lavado) más el costo del consumo de agua, vs lo que costaría si se aplica alguna de las alternativas. Gracias a esto se logra encontrar el ahorro que se tendría mensualmente y en qué mes se recuperaría la inversión. Se debe tener en cuenta que para realizar este análisis financiero se establecieron ciertas suposiciones.

#### 5.3.1 Suposiciones:

- Los datos dados en el numeral 5.1.1. Alcance, son promedios u aproximaciones, ya que la cantidad de servicios, agua utilizada, agua y lodo residuales generado varían a diario.
- Para realizar los análisis se utilizaron promedios de cuáles son los tipos de lavados que más se realizan y cuál es la cantidad de lavados diaria en cada sede, de esta forma se da un valor promedio de lo que cuestan los lavados mensualmente.
- El análisis se realizó considerando un plazo de 1 año y medio para recuperar la inversión, para establecer un límite cercano y poder mirar el mayor ahorro a futuro.
- El valor de IPC considerado es de 1,61%, aumento de valores de lavado y del servicio público para el 2022.
- El análisis se realiza suponiendo que la flota de vehículos no va a crecer, por lo tanto, se manejan los mismos promedios para el año 2022.
- Todos los valores de las alternativas considerados en el análisis son unitarios, si se adquieren más el precio puede disminuir.
- También se plantea la suposición de que los valores de los lavados de SPV no cambiaran si se cambia el modo de lavado.
- El nuevo costo de consumo de energía solo se considera para las alternativas del manejo y tratamiento de aguas y lodos residuales, ya que es donde habrá ese nuevo consumo. En las alternativas de consumo de agua lo que se considera es el ahorro en el consumo de energía que se presentaría al implementar algunas de estas, ya que en el momento se consume energía usando las hidrolavadoras.

- Los valores considerados para el coto del consumo de agua m3 hora fueron: 4.265,04 pesos (Medellín), 4.407,21 pesos (Sabaneta) (EPM, 2020) y 2.627,29 pesos (Rio Claro) (EPM - Aguas de Oriente, 2016). Y el valor considerado para consumo de energía en kwh fue 623 pesos (EPM, 2019)

#### 5.4 Socialización del proyecto:

En dos reuniones realizadas, por medio de la aplicación Teams, se socializa el proyecto con el proveedor, tanto a nivel técnico con la ingeniería ambiental y la encargada de las operaciones en Medellín, como con las directivas de la empresa, los cuales son los que toman las decisiones en términos administrativos y se comparte documentación con la presentación de las alternativas y los análisis.

## 6. Resultados

### 6.1 Presentación de alternativas

Se decide clasificar las alternativas según su uso, alternativas que reducirían el consumo de agua, alternativas que realizarían tratamiento y recirculación de agua y alternativas que realizarían tratamiento y mejor manejo del lodo residual generado principalmente en Rio claro.

#### 6.1.1 Reducción del consumo de agua.

Las alternativas aquí presentadas se muestran pensando en las operaciones de localiza sede Medellín y Sabaneta, para generar un cambio en la metodología de lavado, en el cual se utilice menos agua y sea eficiente en tiempo y en valor económico. Para la operación de Transportempo en Rio claro, no se consideran apropiadas, ya que el lavado de los camiones con tolvas graneleras es más complejo, y estas alternativas no mejorarían el rendimiento del lavado actual.

##### 6.1.1.1 Túnel de lavado: Automatic carwash (Colombia)

Sino Star automotive equipment co. es uno de los modelos de túnel de lavado de la empresa Automatic carwash. En este tipo de túnel, la maquina no nunca toca el carro, aplica detergentes y agua a presión alta a distancia con el brazo robótico que se mueve 360 grados. A continuación, se muestra el proceso (Imagen 4):



Imagen 4: Proceso del funcionamiento del túnel de lavado.

### Características:

- Dimensiones (L\*H\*A): 7.5 m x 3.2 m x 3.5 m (+ cuarto de máquinas 1.5- 2 m)
- Tamaño máximo del vehículo (L\*H\*A): 5.6 m x 2.08 m x 2.1 m
- Peso aproximado: 2.1 Ton
- La cantidad utilizada en un lavado completo del vehículo es de 110-150 litros
- Consumo de champú: Aprox. 40ml / vehículo
- Consumo de espuma: Aprox. 40ml / vehículo
- Consumo de cera de agua: Aprox. 80ml / vehículo
- Consumo de burbujas de color mágico: Aprox. 80ml / vehículo
- Consumo de electricidad: Aprox. 0.75KW · H / vehículo
- Consumo de tiempo aprox.: 5 min / vehículo. En 8 horas hasta 100 vehículos aprox.
- Requisitos de la fuente de alimentación: 3Ph / 30KW, cable de cobre de 16 mm
- 4 sopladores. Secadores de 3KW de aire seco.
- Sistema de control remoto inalámbrico.
- Lavado de chasis y llantas a presión.

### Ventajas:

- Mejor control de recursos: al ser una máquina automatizada, se utiliza la misma cantidad de agua y jabón en el lavado de cada vehículo.
- Esta máquina tiene la oportunidad de condensarse con una máquina de recirculación de agua
- Perfecto para espacio reducidos de instalación.
- Tiempo corto de lavado
- Poco contacto directo con el vehículo.

### Precio:

Maquina: 109.000.000 pesos (tiempo de entrega 4-6 semanas)

Instalación y puesta en marcha: 7.500.000 pesos

La oferta no incluye costo de traslados y viáticos de 1-2 ingenieros por 7-8 días. El cliente solo paga gastos de traslado y hotel a la ciudad de destino de nuestro funcionario y debe entregar las acometidas eléctricas e hidráulicas en punto para arranque.

#### 6.1.1.2 Máquina de lavado con aspiradora incluida:

##### HYDROBOX (Colombia)

son hidrolavadoras Especialmente diseñadas como equipos de Lavado de Autos en puntos fijos o a Domicilio en donde se debe evitar desperdicios de suciedad en el suelo. Son 100% portátiles, tiene en su interior un tanque de almacenamiento, sistema de hidrolavado, sistema de aspirado y batería recargable, lo cual le permite moverse sin estar conectada a ninguna fuente de agua o luz (Imagen 5).

##### **Características:**

- Dimensiones: Ancho 47 cm, altura 66 cm, largo 54 cm.
- Peso: 14kg (sin carga agua)
- 110 L de volumen de capacidad para almacenar insumos, paños, envases, etc.
- Sistema de aspirado incluido.
- La presión del agua es de 100 PSI.
- 25-45 min externo + interno 20 min. Dependiendo de tamaño y suciedad del vehículo
- Se lavan 5-6 vehículos con 10 litros de agua (capacidad de almacenamiento de agua).
- La autonomía eléctrica: Si se realizan 12 servicios diarios, la carga duraría una semana aproximadamente.
- La batería funciona a 110 voltios (de 75 watts por hora) y se recarga de 2-3 horas
- Pistola plástica liviana con boquilla graduable de aspersion.
- Estructura plástica de alta resistencia para manejo "fuerte" de operarios.
- Cierres metálicos con portacandados para mayor seguridad de almacenaje y transporte.
- Manguera flexible y resistente al aplastamiento.
- Accesorio con Llantas y Platinas en la base como refuerzo para montaje en Bicicletas o en Motos.

##### **Ventajas:**

- Solo se utilizan 1 a 7 litros en promedio de agua para lavar un auto con un Hydrobox. Depende de la cantidad de suciedad que tenga el vehículo
- Presión de operación baja (ideal para el lavado móvil ecológico)
- Facilidad de movimiento al ser inalámbrica.

### **Precio (Unitario):**

- Maquina: 2.850.000 pesos colombianos (envió incluido)
- Cargador: 365.000 pesos colombianos
- Herramientas de mantenimiento: 100.000 pesos colombianos
- Asesoramiento de implementación de proyecto: 4.000.000 pesos colombianos aprox.
- Capacitación y formación de operario: 10.000 pesos colombianos por mes aprox.

Los precios varían según cantidad de máquinas a adquirir.



*Imagen 5: Hydrobox*

### **6.1.1.3 Máquina de lavado a vapor: King kar: GOCLEAN (China)**

Limpieza del Interior y exterior del vehículo, sin usar productos químicos. Mata las bacterias y las manchas del automóvil en el interior del automóvil y el compartimiento del motor. Limpie el exterior del automóvil mediante descontaminación física.

La máquina de lavado de autos a vapor GOCLEAN puede reducir el consumo de agua en un 95% (Tabla 1).

#### **Ventajas:**

- Esterilización y desinfección: le brinda un ambiente más saludable.
- 100% sin productos químicos: protege a las personas y el medio ambiente.
- Solo 2L de agua y 2KW de electricidad: ahorra energía, ahorra costos y protege el recurso hídrico.
- Vapor húmedo y seco, limpieza completa de 360 °, exterior e interior.
- 10 dispositivos de seguridad.
- El vapor no solo reducirá el consumo de agua y la factura de agua, sino que también reducirá el equipo y el espacio necesarios para contener el agua.

**El tiempo de lavado aproximadamente es:**

Exterior del vehículo: 10 - 12 minutos; interior del vehículo: 5 - 8 minutos;  
compartimento del motor: 5 minutos; Aire acondicionado: 3 minutos.  
Total: 28 minutos.

**Costo de importación:**

El costo de envío es de USD 450 (1.600.000 COL\$ aprox.) al puerto marítimo de Colombia por envío marítimo. Incluido el costo de envío y el seguro para llegar al puerto marítimo, pero impuestos y cargos de importación en local no incluidos.

Item	GOCLEAN 4.0 Eléctrico	GOCLEAN 6.0 Diesel
Principio de funcionamiento	Utiliza agua de calefacción eléctrica para producir vapor.	Quema agua de calefacción Diesel para producir vapor.
Ventaja única	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se pueden utilizar vapor seco y vapor húmedo al mismo tiempo.</li> <li>2. Vapor súper seco.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Presión de 16 bar con un rendimiento de limpieza más rápido y mejor.</li> <li>2. Con el sistema de detección inteligente.</li> </ol>
Conexión eléctrica	220V, monofásico, 6KW o 9KW, 41A; 380V, trifásico, 9KW, 15A; 220V, trifásico, 9KW, 25A; Otros personalizar estándares eléctricos	220V, monofásico, 200W, 1A; 48 V CC (conexión de batería, batería no incluida)
Presión	8 bar máximo, cada pistola	16 bar cuando funciona una pistola de vapor 10 bar cada una cuando dos pistolas de vapor funcionan juntas.
Consumo	17 L de agua por hora 9KW * H Consumo de electricidad por hora	20 L de agua por hora 2 L de diésel por hora 0,2 KW * H de electricidad por hora
Tipos de vapor	El vapor seco y el vapor húmedo se utilizan por separado al mismo tiempo.	Vapor seco y húmedo ajustable, el vapor seco y el vapor húmedo no se pueden usar al mismo tiempo.
Aplicación	Sugerir para uso en interiores: como centros de lavado de automóviles, centros de detalles de automóviles, hospitales, restaurantes, fábricas para limpieza de equipos, etc.	Sugerir para uso en exteriores: como servicio móvil puerta a puerta, limpieza de edificios, limpieza de botes, etc.
Precio	<p>El precio minorista es de USD 7000 (24.300.000 COL\$ aprox.)</p> <p>El precio del distribuidor de la ciudad es de 5400 USD por 5 unidades (cantidad de orden mínimas)</p> <p>El precio de distribuidor exclusivo es de 4000 USD por 14 unidades (cantidades de orden mínimas)</p>	<p>El precio minorista es de USD 8000 (27.800.000 COL\$ aprox.)</p> <p>El precio del distribuidor de la ciudad es de USD 6500 por 5 unidades (cantidad de orden mínimas)</p> <p>El precio de distribuidor exclusivo es de 5000 USD por 14 unidades (cantidad de orden mínimas)</p>

Tabla 1: Descripción de cada tipo de maquina de vapor Goclean

**6.1.1.4 Máquina de lavado a vapor: Somos vapor (Colombia)**  
Máquinas de limpieza a vapor que disponen de varios modelos. Una, dos y tres salidas de vapor, las cuales son Duales con control de humedad, control de temperatura y control de hora. Son aptas para diferentes industrias. Cumpliendo dos funciones la primera limpia todas las superficies profundamente y la segunda elimina el 90% de los gérmenes y bacterias presentes durante el proceso de limpieza (Imagen 6).

**Accesorios que incluye:**

- Mangueras de 10 metros cada una
- Pistolas
- Lanzas 50 cm
- Boquillas ajustables

**Características:**

- Voltaje: 110v, 220v o trifásica.
- Vapor sobre saturado a temperatura de 180 °C y 200 PSI (12 bar) de presión.
- 5% de humedad.
- Equipos diseñados para trabajo continuo de uso profesional.

**Ventajas:**

- Automáticos y fáciles de manipular
- Ahorro de agua y tiempo
- No se usa detergentes
- Remueve con gran eficiencia grasas, aceites, pinturas, óxidos y otras sustancias adheridas no deseadas.

**Precio:**

Maquina 1 salida Steam: 6.000.000 pesos colombianos

Maquina 2 salidas MaxPro: 8.000.000 pesos colombianos

Maquina 3 salidas PowerBig: 12.000.000 pesos colombianos

Lava tapiz: 550.000 pesos colombianos

+ IVA



*Imagen 6: maquina de vapor Somos vapor*

### 6.1.1.5 Aguas Lluvias

La recolección de aguas lluvia también podría ser una opción para reducir el consumo de agua al lavar los vehículos. Para esto existen diferentes sistemas de recolección como los impulsados por gravedad, almacenamiento subterráneo con sistema de bombeo y máquinas que no solo recolectan, si no también, realizan un tratamiento. La implementación de esta alternativa depende de la precipitación promedio al lugar a implementar, ya que, si la precipitación es muy baja, no sería viable, porque no se recolectaría una cantidad considerable que pueda representar un ahorro en el consumo de agua. (Rojas, 2020)

### 6.1.2 Tratamiento y manejo de aguas residuales.

En este punto lo que interesa es realizar un tratamiento a las aguas residuales generadas en el proceso de lavado, independientemente de si se cambia o no la metodología de lavado, y una recirculación que garantice poder utilizar de nuevo esta agua en el lavado. Según lo analizado sobre las operaciones, la más idónea, sería la sede Localiza Sabaneta, ya que en esta no se realiza ningún tratamiento a las aguas residuales y además cuenta con espacio para realizar instalación de una máquina de tratamiento y recirculación de agua. Igualmente, en la operación de Transportempo en Rio claro, se pueda aplicar alguna de estas alternativas, a pesar de que allí tengan un tratamiento básico de las aguas residuales, se podría mejorar el tratamiento y realizar recirculación.

#### 6.1.2.1 Planta de tratamiento de agua residual: Ambiente y soluciones integrales SAS (Colombia)

Sistema de reusó de aguas no domestica diseñada a la medida de las necesidades. Permite utilizar hasta en un 70% el agua del proceso (Imagen 7).

#### **Conformado por:**

>Cribado: Material: P.R.F.

>Sistema de bombeo: Tipo: Sumergible  
Potencia: 1.0 HP

>Unidad de precipitación químicas: Tanque troncocónico.  
Dimensiones Tanque: -Dimensiones Cilindro: 1.00 m x 0.80 m (Diámetro x Altura).  
-Dimensiones Tolva: 0.50 m X 0.60 m (Diámetro X Altura).

>Dosificación de producto: Capacidad: 2.1 LPH  
Cantidad: Tres (3) Unidades  
Almacenamiento: Tanques de 120 L  
Productos a dosificar: Soda caustica, Sulfato de Aluminio y Polímero Aniónico.

>Taqué pulmón: Material:

Polietileno Volumen: 1.0 m<sup>3</sup>

>Sistema de bombeo: Tipo: Caracol  
Potencia: ¼ HP

>Batería de filtración: \*Filtro pulidor: compuesta por arenas y gravas para hacer retención de los sólidos mayores y medios.

-Material: Fibra de vidrio.

-Dimensiones: 22"

- Material de Mezcla: Arena y grava

-Incluye: Válvulas de operación manual Multiport Superior de 1.1/2"

\*Filtro Desodorizador. Unidad de filtración compuesta por carbón activado para hacer retención de los sólidos medianos y más finos.

-Material: Fibra de vidrio.

- Dimensiones: 22"

-Material de Mezcla: Carbón activado y grava.

-Incluye: Válvulas de operación manual Multiport Superior de 1.1/2"

\*Microfiltración: Esta unidad se encarga de hacer la retención de los micro sólidos que queden tras los procesos de depuración anteriores. Incluye cartucho de Microfiltración.

>Desinfección: Sistema de desinfección donde se aplica cloro para eliminar los microorganismos presentes en el agua. Capacidad: 2 Kg.

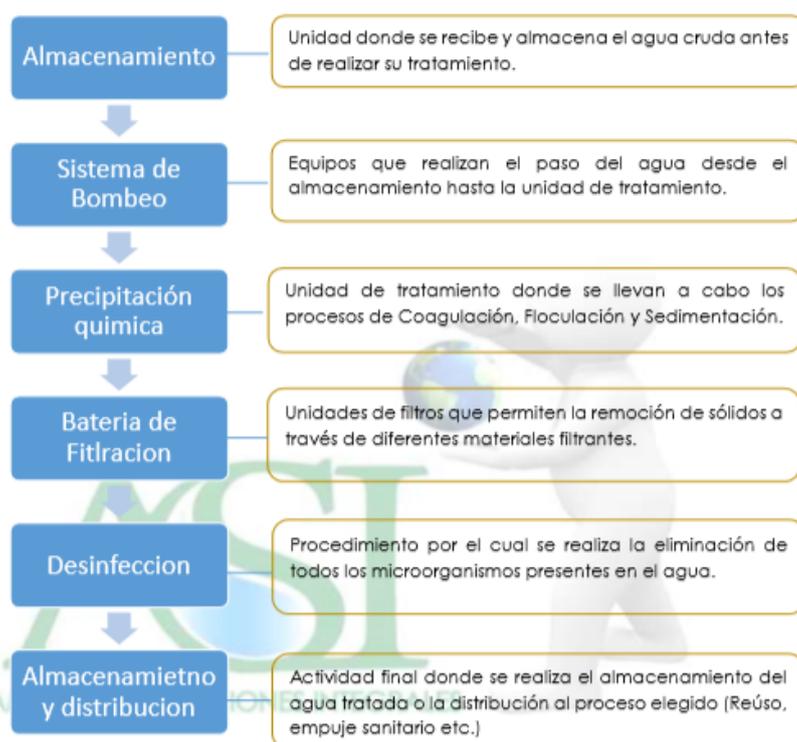
Consumo de electricidad (los dos sistemas de bombeo): 0.9325 Kwh

El sistema en su totalidad cuenta con una remoción de sólidos suspendidos totales (SS) de entre el 80 y 85%. Adicionalmente el agua se garantiza a la salida del sistema con unas condiciones de agua segura Decreto 475 de 1998, totalmente para reúso y sin generar problemas en las instalaciones hidráulicas de la locación del proyecto

#### **Ventajas:**

- Reducción de los gastos de acueducto y Alcantarillado
- Disminución en costos de tarifas retributivas, permisos de vertimiento y demás trámites requeridos por las autoridades ambientales para realizar vertimiento de aguas residuales no domésticas.
- Si se ingresa bajantes de aguas lluvias y se cuenta con volúmenes de almacenamiento se puede reducir los costos de servicios públicos.
- La infraestructura bastante sencilla para su captación, almacenamiento tratamiento y distribución. Son fáciles de manipular por los operarios

## Descripción del proceso:



**Precio:** \$ 46.900.000 pesos Colombianos

Incluye: Manuales de operación y mantenimiento de la unidad. Transporte, Instalación y puesta en funcionamiento de la planta. Productos químicos de arranque (1 mes), manual de operación y funcionamiento.

### Responsabilidades del contratante:

- Interconexiones hidráulicas hasta punto cero de la unidad de tratamiento. Tubería de aducción y conducción del sistema de tratamiento.
- Tanques de almacenamiento de agua a tratar y agua tratada en caso de requerirse.
- Disponibilidad de un (1) operario o persona responsable para darle capacitación en el manejo y operación del sistema.
- Suministro de energía eléctrica en el lugar de instalación.
- Las Obras Civiles necesarias tales como excavaciones, placas en concreto, cuarto de máquinas, encerramiento y similares.
- Cualquier requerimiento adicional que no haga parte de la presente oferta.
- Conexiones eléctricas a 0 m



Imagen 7: Planta de tratamiento ASI

### 6.1.2.2 Pequeñas Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR): Acuatecnica (Colombia)

La planta MODUPACK se caracteriza por tener tecnología de punta ciclo completo que incluye todos los procesos: adición de químicos, mezcla rápida, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. diseños ajustados en sistemas computarizados, no requiere energía eléctrica (Imagen 8).

La PTAR debe tener una operación constante por lo menos de 3 horas de trabajo de un operario, quien deberá lavar filtros, chequear componentes, preparar soluciones de químicos y demás operaciones necesarias. Además, deberá visitarla un ingeniero o un técnico ambiental que controle los proceso por lo menos una vez por semana.

#### **Características:**

- Canaleta de llegada y aforo (opcional con torre)
- Dosificadores hidráulicos (opcional estación dosificadora eléctrica)
- Floculador con variación de gradiente
- Sedimentador de alta tasa (200-300 m<sup>2</sup>/día)
- Filtros rápidos descendentes
- Válvulas de drenaje y operación de filtros
- Depósito para almacenar agua tratada para retrolavado de filtros
- Espacio en área que ocuparía la planta: 3x4 m
- La PTAR más pequeña que suministramos es de 0,3 l/s o 25m<sup>3</sup> día

#### **Ventajas:**

- No requiere energía eléctrica
- Fácil operación y mantenimiento
- Retrolavado hidráulico de filtros (sin necesidad de bombas)
- Rápida instalación y puesta en marcha
- Sistemas acelerados de floculación

- Sedimentación de alta tasa
- Diseñada específicamente como una planta integral de operación manual, es ideal para pequeñas municipalidades, fábricas y otras comunidades aisladas
- Disponible en módulos de 5 a 30 l/s

Responsabilidades del comprador: La infraestructura del lugar debe tener rejilla perimetral de recolección de aguas, un desarenador y una trampa de grasas.

Precio aproximado: 27.000.000 pesos colombianos. Este precio incluye la planta, instalación y capacitación de funcionamiento.



Imagen 8: Planta de tratamiento Acuatecnica

### 6.1.3 Tratamiento y manejo de lodos residuales.

Las alternativas finales son presentadas para el manejo de lodos. La operación pertinente es Transportempo en Rio claro ya que allí es donde se produce una gran cantidad de lodo, 2 toneladas cada 3 meses aproximadamente, por el lavado a vehículos pesados que llegan hasta tener incrustaciones de concreto, además son vehículos que suelen moverse por carreteras, lo que implica mayor contaminación impregnada en ellos.

#### 6.1.3.1 Máquina de deshidratación: ITALMECC (Italia)

El ECOFANGHI es un deshidratador de lodos semiautomático de 5 bolsas fabricado en acero inoxidable diseñado para sacar los lodos eliminados de las fosas y transportarlos dentro de sus 5 bolsas filtrantes. La máquina funciona de manera independiente llenando el tanque del decantador superior con ciclos alternos impulsados por los sensores flotantes automáticos que se encuentran en el tanque superior del decantador y en el pozo de agua sucia. Cuando las 5 bolsas filtrantes estén llenas, será necesario sustituirlas por otras nuevas. El marco principal está completamente realizado en acero inoxidable macizo de 2

mm de grosor. La caja de control eléctrico está fabricada de acuerdo con las normas IPE y CE (UL-CSA para Norteamérica) (Imagen 9).

#### **La máquina está equipada con:**

- Cuadro eléctrico para control automático completo de alarmas luminosas por anomalía de la bomba de sumidero
- 5 válvulas de compuerta en latón Ø 2" cada una, Modelo Heavy.
- 2 Paredes laterales anti-salpicaduras fabricadas en acero galvanizado
- 5 rejillas en acero galvanizado en caliente (chapado en caliente 400 °) para retirar con seguridad cada bolsa
- 5 Cintas de fijación para retirar muy rápidamente las bolsas
- Sensor para la fosa de agua sucia
- Sensor para el tanque del deshidratador
- Bomba de sumidero en acero inoxidable con doble sello de carburo de sílice e impulsor VORTEX para agua abrasiva.
- 6mt. de manguera de goma reforzada antiabrasión para cargar agua sucia desde el pozo hasta el tanque superior.
- 2 correas de sujeción de tubos, tipo pesado.
- 5 bolsas filtrantes

#### **Características:**

- Dimensión total (Largo x Ancho x alto): 2,85 x 0.5 x 1,65 m
- Peso: 245 Kg.
- Bomba:
  1. Potencia de instalación: 0,55 KW
  2. Potencia: 0,75 HP
  3. Amperio: 1,4 A
  4. Fuente de alimentación – Frecuencia: 400 Volt - 50 Hz
  5. Electricidad: 6,6 Kwh / día
- Capacidad por cada bolsa: 100 L. – 0,1 m<sup>3</sup>
- Capacidad del tanque 400 L.

#### **Ventajas:**

- Deshidrata los lodos volviéndose fácil y rápido
- Cuando se deshidrata el lodo, es fácil moverlo y almacenarlo en áreas pequeñas.
- Es fácil de usar, tiene muy bajo consumo de energía, es confiable, robusto y simple para la operación de mantenimiento.

**Video de funcionamiento:** <https://www.youtube.com/watch?v=GBS7OYoQAYI>

#### **Precio:**

Maquina: 2900 dólares = 10.100.000 pesos colombianos aprox. Mas costos adicionales como: costo de envío DAP y caja de protección de madera, aproximadamente: 2000 euros = 8.410.000 pesos colombianos.



Imagen 9: deshidratador de lodo Italmecce

### 6.1.3.2 Filtro prensa: ITALMECC (Italia)

SEMI-AUTOMATIC FILTER PRESS mod. "ECOPRESS SA-500-8" Es un filtro prensa es un equipo que se utiliza en la separación de líquido / sólido (Imagen 10). Específicamente, el filtro prensa separa los líquidos y sólidos mediante filtración a presión, en la que se bombea una suspensión al interior del filtro prensa y se deshidrata a presión. Básicamente, cada filtro prensa está diseñado en función del volumen y el tipo de lechada que necesita deshidratarse. Los cuatro componentes principales de un filtro prensa incluyen el marco, las placas del filtro, el colector (tuberías y válvulas) y la tela filtrante, un ingrediente clave para optimizar las operaciones del filtro prensa evitando las costosas necesidades de cambiar las placas.

El principio de funcionamiento de los filtros prensa es que la lechada se bombea a la máquina de modo que los sólidos se distribuyen uniformemente durante el ciclo de llenado. Los sólidos se acumulan en la tela filtrante, formando la torta de filtración, una vez que las cámaras están llenas, el ciclo se completa y las tortas de filtrado están listas para ser liberadas. El filtrado sale de las placas de filtro a través de los puertos de las esquinas hacia el colector, produciendo agua filtrada limpia. Esta dinámica, no sustituye la necesidad de disponer de un decantador de silo de reciclaje de agua aguas arriba del sistema.

#### Características:

- Dimensión total (Largo x ancho x alto): 1,60 x 0.8 x 1,65 m
- Peso: 386 Kg.
- Número de placas: 8
- Dimensión de las placas: 50 x 50 cm.
- Número de tortas de lodo: 7
- Dimensiones de la torta de lodo: 40 x 40 x 3.5 cm
- Datos técnicos de la bomba de aire:
  - Aire comprimido: 100 a 300 L/m; 26 a 80 GPM; 2 - 2,5 Bar
  - Capacidad máxima de lechada: 340 L./m; 90 GPM
  - Electricidad: 4.5 Kwh
- Volumen tratado por cada ciclo 40 L; 10.6 G
- Ciclos por hora: 2 - 4

- Producción por hora: 80 a 160 L./h; 21 a 42 G / h

**Ventajas:**

- El tratamiento para deshidratar el lodo es mucho más rápido.
- Las tortas de lodo se pueden manipular fácilmente para su eliminación.
- Las tortas de lodo se pueden almacenar fácilmente en áreas pequeñas, (una reducción de volumen de aproximadamente un 70%.
- es muy flexible para el tratamiento de pequeñas a grandes cantidades de lodos.
- es sólido, confiable, fácil de usar y de mantener, económico en el consumo.

**Precio:**

Maquina: 6.900 dólares = 24.700.000 pesos colombianos aprox. Mas costos adicionales como: costo de envío DAP y caja de protección de madera, aproximadamente: 2000 euros = 8.410.000 pesos colombianos.



*Imagen 10: Filtro prensa Italmec*

**6.1.3.3 Filtro prensa: Acuatec (Colombia)**

El filtro prensa es un equipo de deshidratación sencillo, de bajo consumo energético y de alta eficiencia de compactación. Con el filtro prensa remueve la mayor cantidad de agua de los lodos provenientes de un tratamiento de agua o de un proceso productivo. El equipo está compuesto por una batería de placas verticales apoyadas fuertemente unas con otras; sobre las dos caras de estas placas se tienen telas filtrantes que acumulan los lodos deshidratados y permiten el paso del agua. El proceso de filtración se efectúa por baches e incluye tres pasos básicos: cierre prensa, filtración y apertura – descarga (Tabla 2).

**Características:**

- Dimensiones externas del filtro prensa en m (L\*A\*H): 2 x 1.0 x 1.2 m aprox.
- Peso Toneladas: 0.8
- Volumen total de la cámara de filtración: 80 Litros
- Número placas: 15 + 2 externas.
- Material Mono placas: Polipropileno HIGH DENSITY inyectado. (Mex).
- Dimensiones Placa: 530mmx530mmx50mm (H\*L\*A)
- Volumen de la torta: 5 L
- Material de Construcción: Acero al carbón A36 en diferentes calibres.
- Revestimiento: Primer epóxico y acabado. Esmalte.
- Presión de Filtración: 120PSI máximo
- Temperatura máxima de operación: 50 °C.
- Sistema de cierre: Manual
- Tiempo aproximado carrera de filtración: 1:30 a 2 h
- Consumo de electricidad: 2,2371 KWh

**Ventajas:**

- Genera un líquido de salida completamente clarificado.
- Requiere instalaciones mínimas.
- Bajo consumo energético.
- Su mantenimiento es muy bajo.
- Es la tecnología eficiente para la remoción de humedad.

Incluye visita técnica de instalación y su instalación.

**Costo de transporte:** \$ 800.000 + IVA

Ítem	Filtro prensa manual FM-15/530-80-HT	Filtro prensa automático FM-15/530-80-A
		
El cierre/apertura del filtro prensa	<p>Sistema combinado de Tornillo en 3" con recorrido de 40 cm y cilindro hidráulico. sistema hidráulico de cierre son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Cilindro hidráulico de 30 Toneladas (RCS 302) y bomba hidráulica P392 o P39</li> <li>-Se incluye volante con manigueta</li> <li>- Manómetro de 0 – 10.000PSI</li> <li>- Manguera de alta presión y conexiones hidráulica</li> </ul>	<p>Cilindro de 30 toneladas con una carrera 40 cm aprox, con presión máxima de trabajo de 2500 Psi. Incluye bomba hidráulica con motor weg (o Siemens) de 3 HP, 3F.</p>
Tablero eléctrico		X
Bandeja recolectora de torta	X	X
Bomba neumática y trampa de solidos	X	X
Precio	\$ 34'630.0000 + IVA	\$ 40'130.000 + IVA

Tabla 2: descripción de los dos tipos de filtro prensa Acuatec

#### 6.1.3.4 Equipo de deshidratación de lodo: Ambiente y soluciones integrales SAS (Colombia)

Su diseño sencillo lo hace un sistema eficiente, excelente para el almacenamiento y deshidratación de lodos en cualquier lugar a un bajo costo, reduciendo gastos de transporte e infraestructura especializada. Entre las aplicaciones que tienen los geotubos se encuentra el secado y confinamiento de lodo, se puede emplear en Plantas de Tratamiento de diferentes actividades industriales (Imagen 11).

##### Características:

- Geotubo Ref. QMKT-002
- Evacuación a presión
- Presión de trabajo 2.06 Bares
- Almacenamiento lodo 4,5 m<sup>3</sup>
- Dimensiones: 1m Ancho x 1,5m Largo
- Unidad de Bombeo: Marca: Skylink
  - Modelo: LS25 AA-AT--TT-TT-01
  - Puerto de succión y Descarga: 1"
  - Capacidad: 170 LPM (45 GPM)
  - Presión máxima de fluido: 8.6 bar (125 psi)
  - Electricidad 14.62 Kw h /día

### Ventajas:

- Diseño novedoso por su simplicidad en operar, con alta resistencia.
- Permite la deshidratación del lodo entre un 30 – 60% según su composición.
- Reduce los costos de disposición, muy eficiente para volúmenes pequeños y medianos de lodo.
- Reutilizable para varios servicios.

**Precio:** \$ 7.500.000

### Responsabilidades del contratante:

- Disponibilidad de un (1) operario o persona responsable para darle capacitación en el manejo y operación del sistema.
- Suministro de energía eléctrica en el lugar de instalación.
- Las Obras Civiles necesarias tales como excavaciones, placas en concreto, cuarto de máquinas, encerramiento y similares.
- Cualquier requerimiento adicional que no haga parte de la presente oferta.
- Conexiones eléctricas a 0 m

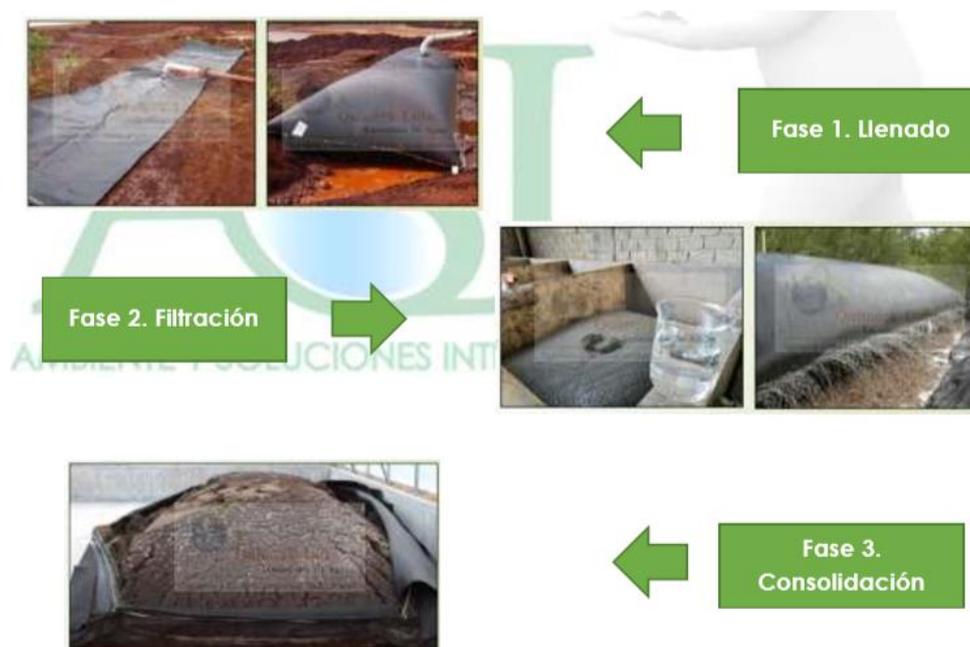


Imagen 11: Proceso del deshidratador de lodo ASI

### 6.1.3.5 Posibles usos de los lodos tratados

**Fertilizante:** Este uso es muy popular pero no cualquier lodo puede ser vertido en los suelos como nutriente para las plantas, ya que depende de su composición y del tratamiento que le hayan aplicado. Elementos como metales pesados, patógenos y parásitos son importantes evaluar para poder determinar si su uso es viable o no en la regeneración de suelos. Igualmente debe tener cierta cantidad de nutrientes los cuales sirvan en ese mejoramiento de los suelos y

para el crecimiento de plantas (Amador-Díaz, Veliz-Lorenzo, & Bataller-Venta, 2014). En este caso es muy probable que este tipo de lodo no sea viable para este tipo de uso por su origen, por lo tanto, su contenido final. Pero no se descarta, al realizarse una caracterización se sabría con certeza si es apto para este uso o no.

**Elementos de construcción:** Según un estudio realizado en el año 2019, “*Productos innovadores a partir de la utilización de lodos de potabilización de aguas como materia prima*”, estos lodos tienen 4 usos en construcción después de realizar un tratamiento. A pesar de que allí se habla de potabilización de agua, esto se podría replicar con los lodos de aguas residuales, ya que plantea que condiciones deben tener los lodos para ser usados en estos elementos. Después de hacer pruebas y diferentes combinaciones de lodo con otros elementos como cemento y yeso, llegan a diferentes conclusiones en general, dependiendo de la combinación este lodo se podría convertir en adoquines, bloques, morteros y hasta material para realizar artesanías (Vega, Ortiz, Polo, & Donado, 2019).

## 6.2 Análisis de alternativas

A continuación, se presentarán dos tablas, la tabla 3 presenta el análisis técnico de las alternativas y la tabla 4 el análisis financiero. Esto se logra realizando una comparación de las alternativas presentadas en el numeral 5.2 y características técnicas y financieras actuales del manejo del agua de SPV en las diferentes sedes.

### 6.2.1 Análisis técnico

La siguiente tabla resume las características principales de las alternativas y se anexa, la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido según su funcionamiento, este fue cuantificado con la calculadora de La Unidad de Planeación Minero-Energética (UMPE), la cual se encuentra en su página (UPME, s.f.). Además, se evalúan las alternativas según ciertos criterios, los cuales varían según el tipo de alternativa (Tabla 3).

Tipo	#	Alternativa	Descripción	Sede para aplicar	Precio aproximado (peso colombiano)	Ventajas		
						Reduce el tiempo lavado	Reduce el consumo de agua	Facilidad para implementar
1. Reducción del consumo de agua	1.1	<b>Túnel de lavado: Automatic carwash</b> 	<p>La maquina nunca toca el carro, aplica detergentes y agua a presión alta a distancia con el brazo robótico que se mueve 360 grados.</p> <p>Tiempo de lavado externo: 5 min / vehículo.</p> <p>Consumo: 110-150 litros de agua por lavado.</p> <p>Posibilidad de agregarle con una máquina de recirculación de agua</p> <p>Total de emisiones CO2 : 0,14925 Kg CO2 / vehículo</p>	Localiza sabaneta	116.500.000 + costo de traslados y viáticos de 1-2 ingenieros por 7-8 días	X	X (si se implementa recirculación de agua)	X
	1.2	<b>Caja de lavado con aspiradora incluida: HYDROBOX</b> 	<p>Sistema de hidrolavado, que incluye sistema de aspirado y batería recargable</p> <p>25-45 min externo + interno 20 min/ vehículo. Dependiendo de tamaño y suciedad del vehículo</p> <p>Utilizan 1 a 7 litros / vehículo, dependiendo del tamaño y suciedad.</p> <p>Total de emisiones CO2: 0,014925 Kg CO2 (recarga de cada semana aprox.)</p>	Localiza sabaneta Localiza Medellín 4 Sur	7.325.000 Los precios varían según cantidad de maquinas a adquirir.		X	X (Depende del tamaño y suciedad del vehículo)
	1.3	<b>Caja/máquina de lavado a vapor: King kar: GOCLEAN (China)</b> 	<p>Limpieza del Interior y exterior del vehículo, sin usar productos químicos, solo vapor de agua. Mata las bacterias y las manchas del automóvil en el interior del automóvil y el compartimiento del motor.</p> <p>Exterior del vehículo: 10 - 12 minutos; interior del vehículo: 5 - 8 minutos; compartimento del motor: 5 minutos; Aire acondicionado: 3 minutos. Total: 28 minutos.</p> <p>Utiliza 2 litros de agua / vehículo</p> <p>Total de emisiones CO2: 1,7910 Kg CO2 (eléctrica) 5,4086 Kg CO2 (Diesel)</p>	Localiza sabaneta Localiza Medellín 4 Sur	24.300.000 o 27.800.000 + 1.600.000 (costo de envío al puerto) + costo de envío al lugar de implementación	X	X	
	1.4	<b>Caja/máquina de lavado a vapor: Somos vapor</b> 	<p>Máquinas de limpieza a vapor que disponen de varios modelos. Una, dos y tres salidas de vapor, las cuales son Duales con control de humedad, control de temperatura y control de hora. Son aptas para diferentes industrias. Cumpliendo dos funciones la primera limpia todas las superficies profundamente y la segunda elimina el 90% de los gérmenes y bacterias presentes durante el proceso de limpieza</p> <p>Tiempo de lavado estimado: 30 minutos/ vehículo (externo e interno)</p> <p>Utiliza 2 litros de agua / vehículo</p> <p>Total de emisiones CO2: 1,7910 Kg CO2 aprox.</p>	Localiza sabaneta Localiza Medellín 4 Sur	<p>Maquina 1 salida Steam: 6.000.000</p> <p>Maquina 2 salidas MaxPro: 8.000.000</p> <p>Maquina 3 salidas PowerBig: 12.000.000</p> <p>Lava tapiz: 550.000 + IVA</p>	X	X	X

Tipo	#	Alternativa	Descripción	Sede para aplicar	Precio aproximado (peso colombiano)	Ventajas		
						Tamaño reducido	Se puede realizar reúso del agua	Facilidad de implementar
2. Tratamiento y manejo de las aguas residuales.	2.1	<b>Planta de tratamiento de agua residual: Ambiente y soluciones integrales SAS</b> 	<p>Sistema de reúso de aguas no doméstica diseñada a la medida de las necesidades. Permite utilizar hasta en un 70% el agua del proceso. El sistema en su totalidad cuenta con una remoción de sólidos suspendidos totales (SS) de entre el 80 y 85%. Adicionalmente el agua se garantiza a la salida del sistema con unas condiciones de agua segura, totalmente para reúso y sin generar problemas en las instalaciones hidráulicas de la locación del proyecto.</p> <p>Total de emisiones CO2: 0.1855675 Kg CO2</p>	Transporte, Lavadero Las brisas.	\$ 46.900.000	X	X	X
	2.2	<b>Pequeñas Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR): Acuatecnica</b> 	<p>La planta MODUPACK se caracteriza por tener tecnología de punta ciclo completo que incluye todos los procesos: adición de químicos, mezcla rápida, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. diseños ajustados en sistemas computarizados, no requiere energía eléctrica. Fácil operación y mantenimiento. Retrolavado hidráulico de filtros (sin necesidad de bombas). Rápida instalación y puesta en marcha.</p>	Transporte, Lavadero Las brisas. Localiza sabaneta	\$ 27.000.000	X	X	X
Tipo	#	Alternativa	Descripción	Sede para aplicar	Precio aproximado (peso colombiano)	ventajas		
						Se puede reusar el agua que queda del secado	Bajo consumo energético	Facilidad para implementar
3. Tratamiento y manejo de lodos residuales	3.1	<b>Máquina de deshidratación: ITALMECC (Italia)</b> 	<p>El ECOFANGHI es un deshidratador de lodos semiautomático de 5 bolsas fabricado en acero inoxidable diseñado para sacar los lodos eliminados de las fosas y transportarlos dentro de sus 5 bolsas filtrantes. La máquina funciona de manera independiente llenando el tanque del decantador superior con ciclos alternos impulsados por los sensores flotantes automáticos que se encuentran en el tanque superior del decantador y en el pozo de agua sucia.</p> <p>Total de emisiones CO2: 1.3134 KgCO2</p>	Transporte, Lavadero Las brisas.	10.100.000 + 8.410.000 (costos de envío y empaque)	X		
	3.2	<b>Filtro prensa: ITALMECC (Italia)</b> 	<p>SEMI-AUTOMATIC FILTER PRESS mod. "ECOPRESS SA-500-8". Específicamente, el filtro prensa separa los líquidos y sólidos mediante filtración a presión, en la que se bombea una suspensión al interior del filtro prensa y se deshidrata a presión. Básicamente, cada filtro prensa está diseñado en función del volumen y el tipo de lechada que necesita deshidratarse</p> <p>Total de emisiones CO2: 0.8955 Kg CO2</p>	Transporte, Lavadero Las brisas.	24.700.000 + 8.410.000 (costos de envío y empaque)	X	X	
	3.3	<b>Filtro prensa: Acuatec</b> 	<p>El filtro prensa es un equipo de deshidratación sencillo, de bajo consumo energético y de alta eficiencia de compactación. Con el filtro prensa remueve la mayor cantidad de agua de los lodos provenientes de un tratamiento de agua o de un proceso productivo. Genera un líquido de salida completamente clarificado.</p> <p>Total de emisiones CO2: 0.44516 Kg CO2 (automático)</p>	Transporte, Lavadero Las brisas.	34.630.000 o 40.130.000 + 800.000 (costo de transporte) + IVA	X	X	X
	3.4	<b>Equipo de deshidratación de lodo: Ambiente y soluciones integrales SAS</b> 	<p>Entre las aplicaciones que tienen los Geotubos se encuentra el secado y confinamiento de lodo. Permite la deshidratación del lodo entre un 30 – 60% según su composición.</p> <p>Total de emisiones CO2: 2.90938 Kg CO2</p>	Transporte, Lavadero Las brisas.	\$ 7.500.000	X		X

Tabla 3: Descripción de cada alternativa y análisis técnico.

## 6.2.2 Análisis financiero

En la Tabla 4 se muestra el análisis financiero realizado en términos de ahorro de agua y energía:

Tipo	#	Alternativa	Sede para aplicar	Precio promedio de la alternativa	Valor promedio mensual de ahorro	Mes de recuperación de la inversión	Ahorro de energía aprox. (1) Nuevo costo aprox. de consumo de energía al mes (2 y 3)	Análisis
1. Reducción del consumo de agua	1.1	Túnel de lavado: Automatic carwash 	Localiza Sabaneta	118.000.000 + valor de sistema de recirculación de agua.	59.497	No se recupera en 1 año y medio		El túnel de lavado por si solo no generaría ahorro en funcionamiento, pero si se condensa con un sistema de recirculación, si habría ahorro, pero dado que sería muy poco, la inversión no se recuperaría en un año y medio, su recuperación sería un plazo muy largo. Además se debe considerar que el costo claramente no incluye lavado interno.
	1.2	Caja de lavado con aspiradora incluida: HYDROBOX 	Localiza Sabaneta	7.325.000	147.091	No se recupera en 1 año y medio	2.422.691	Se presentaría un ahorro en funcionamiento, pero no se lograría recuperar la inversión en menos de un año y medio, su recuperación sería a un plazo muy largo.
			Localiza Medellín 4 Sur		1.537.334	4		Se presentaría un ahorro en funcionamiento y en el 4to mes después de aplicar la alterativa se recuperaría la inversión.
	1.3	Caja/máquina de lavado a vapor: King kar: GOCLEAN 	Localiza Sabaneta	27.400.000	155.354	No se recupera en 1 año y medio	1.588.650	Se presentaría un ahorro en funcionamiento, pero no se lograría recuperar la inversión en menos de un año y medio, su recuperación sería a un plazo muy largo.
			Localiza Medellín 4 Sur		1.623.701	17		Se presentaría un ahorro en funcionamiento y en el 4to mes después de aplicar la alterativa se recuperaría la inversión.
	1.4	Caja/máquina de lavado a vapor: Somos vapor 	Localiza Sabaneta	14.934.500	155.354	No se recupera en 1 año y medio	1.588.651	Se presentaría un ahorro en funcionamiento, pero no se lograría recuperar la inversión en menos de un año y medio, su recuperación sería a un plazo muy largo.
			Localiza Medellín 4 Sur		1.623.701	8		Se presentaría un ahorro en funcionamiento y en el 4to mes después de aplicar la alterativa se recuperaría la inversión.
	2. Tratamiento y manejo de las aguas residuales.	2.1	Planta de tratamiento de agua residual: Ambiente y soluciones integrales SAS 	Transportempo, Lavadero Las brisas.	46.900.000	2.214.133	No se recupera en 1 año y medio	87.142
2.2		Pequeñas Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR): Acuatecnica 	Transportempo, Lavadero Las brisas.	27.000.000	2.214.133	12	No consume energía	Se presentaría un ahorro en funcionamiento y en el mes 12, después de aplicar la alterativa, se recuperaría la inversión.
			Localiza Sabaneta		111.062	No se recupera en 1 año y medio		Se presentaría un ahorro en funcionamiento, pero no se lograría recuperar la inversión en menos de un año y medio, su recuperación sería a un plazo muy largo.
3. Tratamiento y manejo de lodos residuales	3.1	Máquina de deshidratación: ITALMECC 	Transportempo, Lavadero Las brisas.	18.510.000	632.609	No se recupera en 1 año y medio	102.795	Se presenta un ahorro pero no alcanzaría a recuperar la inversión en un año y medio, sería en 6 o 7 meses mas.
	3.2	Filtro prensa: ITALMECC 	Transportempo, Lavadero Las brisas.	33.110.000	632.609	No se recupera en 1 año y medio	70.088	Se presenta un ahorro pero no alcanza a recuperar la inversión en un año y medio, sería en un plazo mas largo.
	3.3	Filtro prensa: Aguatec 	Transportempo, Lavadero Las brisas.	42.009.700	632.609	No se recupera en 1 año y medio	209.057	Se presenta un ahorro pero no alcanza a recuperar la inversión en un año y medio, sería en un plazo mas largo.
	3.4	Equipo de deshidratación de lodo: Ambiente y soluciones integrales SAS 	Transportempo, Lavadero Las brisas.	7.500.000	632.609	11	227.707	Se presentaría un ahorro en funcionamiento y en el mes 11, después de aplicar la alterativa, se recuperaría la inversión.

Tabla 4: Análisis financiero.

El nuevo costo del consumo de energía de las plantas de tratamiento y máquinas de manejo de lodo podría contrarrestarse con el ahorro en agua que se daría después de implementar la alternativa. Este nuevo costo de consumo de energía es un aproximado, puede ser menos, porque es probable que no sea necesario que la maquina funcione a diario.

## 7. Conclusiones

Según el análisis técnico y financiero realizado, la mejor alternativa para un cambio en el método de lavado es la 1.4 Maquina de lavado a vapor, la cual utiliza en promedio dos litros de agua para el lavado interno y externo de un vehículo, eliminando el 90% de los gérmenes y bacterias existentes, por lo tanto se presentaría un ahorro tanto en consumo de agua como en costos. Dependiendo de la capacidad económica de SPV se podría aplicar en Localiza Medellín 4 Sur, allí se recuperaría la inversión en menos de un año y medio. En Localiza Sabaneta, no se recuperaría la inversión en un año medio, pero sí habría un ahorro. La suciedad de los carros en ambas sedes no es tan significativa, y esta máquina podría realizar el trabajo de lavado tanto externo como interno. Se aclara que un análisis más a fondo, de sí la maquina podría suplir las necesidades de limpieza de los diferentes vehículos, debe ser realizado por técnicos de SPV.

En el caso de que se implemente un cambio de lavado, es decir se presente la reducción de consumo de agua, por lo tanto, reducción del agua residual, implementar una alternativa para el manejo de agua residual, en este caso, Localiza Sabaneta, ya no sería necesario ni viable. En caso contrario, es decir, si no se cambia el método de lavado y se sigue produciendo la misma cantidad de agua residual, la opción para implementar un tratamiento y recirculación de agua allí podría ser viable en términos técnicos, pero en términos financieros no lo sería porque el ahorro que se produce es pequeño, por lo tanto, no se recuperaría la inversión en un año y medio.

Localiza Sabaneta actualmente tiene una cantidad de lavado muy pequeña, ya que la sede es nueva, lo que implica que realizar una inversión allí hoy en día, ya sea en cambio de método de lavado o en tratamiento del agua residual, no sería factible, porque no se recuperaría en un corto tiempo la inversión, por lo tanto, lo más recomendable es seguir con el modo de lavado y manejo de agua residual actual, esperar a que la operación aumente (que es lo que se espera) o investigar más a fondo que tratamiento de bajo costo podría realizarse.

En la operación Rio Claro, sería muy viable implementar una de las alternativas de tratamiento y manejo de agua residual, por la gran cantidad de agua residual que se genera. Con una de ellas hasta se recuperaría la inversión en menos de una año y medio, esta es la alternativa 2.2 Pequeña planta de tratamiento MUDOPACK, la cual tiene un proceso muy completo de tratamiento de agua lo

que permitiría la recirculación. Con la alternativa 2.1 Planta de tratamiento (ASI), que también presentan recirculación, no se recuperaría en un año y medio, pero si unos pocos meses después, y se podría combinar con la alternativa 3.4 Equipo de deshidratación de lodo (ASI), garantizando así un tratamiento tanto de agua como de lodo residual.

Las alternativas de manejo de lodo básicamente consisten en separar la parte sólida de la líquida, dejando agua mediana o totalmente clarificada, por lo tanto, aplicando algunas de estas alternativas también se podría generar una recirculación, no un tratamiento completo, pero sí quedaría con una mejor calidad, y para el lavado de vehículos sería apta. Estas alternativas fueron pensadas para la operación en Rio Claro, y según los análisis la mejor opción sería la alternativa 3.4 Equipo de deshidratación de lodo (ASI), ya que en términos técnicos tiene varias ventajas y en términos financieros hay un ahorro y se recuperaría la inversión en menos de un año y medio.

La información contenida aquí va dirigida principalmente a las tres sedes descritas en el alcance, pero sabiendo que existen más operaciones Renting Colombia – SPV, se podría replicar en ellas. Se podría realizar análisis similares e incluso investigar más si estas operaciones tienen características muy diferentes a las de este estudio.

Aquí se presentan unas alternativas con metodologías, modelos y empresas específicas, pero se podría indagar más sobre que otras empresas existen que apliquen estas tecnologías y se adapten más fácilmente a la infraestructura y economía de Renting Colombia y SPV. También se hacen algunas menciones de alternativas las cuales solo se describen como una opción, pero no se incluyen en el análisis, ya que requieren de una investigación más rigurosa. En el caso de uso de aguas lluvia, se debe investigar promedios de precipitación según la región y otras consideraciones, y para el uso de los lodos en la fabricación de algunos elementos, se debe realizar una caracterización de estos lodos para saber qué características poseen y así saber en qué se podrían usar.

Por cuestiones administrativas, económicas, tiempo y metodología de las empresas para implementar este tipo de proyectos, no se llega a realizar una elección de alguna de las alternativas para posteriormente desarrollar en el tiempo establecido de práctica, pero si se socializó el estudio de alternativas con todos los interesados, y la respuesta fue muy positiva, tanto así, que Renting Colombia quedo muy atento a la respuesta que de su proveedor SPV sobre el análisis que ellos hagan del estudio. Ya que a pesar de que Renting Colombia no sea el que directamente genere este impacto, sí es responsable, por lo tanto, siempre están apuntado a implementar proyectos, en este y otros temas, en miras a la sostenibilidad.

## 8. Referencias

Amador-Díaz, A., Veliz-Lorenzo, E., & Bataller-Venta, M. (Noviembre de 2014). Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. *CENIC. Ciencias Químicas*.

Automatic Carwash. (s.f.). Obtenido de Automatic Carwash:  
<http://www.automatic-carwash.com/productos/carwash/#Laser-Wash>

Chipman, K. (7 de Diciembre de 2020). *California Water Futures Begin Trading Amid Fear of Scarcity*. Obtenido de Bloomberg :  
<https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-12-06/water-futures-to-start-trading-amid-growing-fears-of-scarcity>

Colombia. (s.f.). *El sector automotriz colombiano comprende desde el ensamblaje de vehículos y motocicletas hasta la producción de piezas y autopartes. Los cifras muestran un camino hacia el desarrollo*. Obtenido de Colombia.co: <https://www.colombia.co/extranjeros/negocios-en-colombia/inversion/una-industria-automotriz-en-constante-crecimiento/#:~:text=El%20sector%20automotriz%20colombiano%20comprende,producci%C3%B3n%20de%20piezas%20y%20autopartes.&text=Para%20comienzos%20del%20s>

Donado, R. (2013). Plan de gestión para lodos generados en las PTAR-D de los municipios de Cumaral y San Martín de Los Llanos en el departamento del Meta. *Repositorio Pontificia Universidad Javeriana*.

Ellen Macarthur Foundation. (2013). *Towards the circular economy*. Obtenido de Ellen Macarthur Foundation:  
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>

EPM - Aguas de Oriente. (2016). *Grupo EPM*. Obtenido de Publicación de tarifas: <https://www.grupo-epm.com/site/Portals/11/Docs/clientes/2016%20Primer%20Semestre.pdf>

EPM. (2019). *EPM*. Obtenido de Informe de Sostenibilidad :  
<https://2019.sostenibilidadgrupoepm.com.co/pdf/20.pdf>

EPM. (Diciembre de 2020). *EPM*. Obtenido de Tarifas para servicios de acueducto y aguas residuales.:  
[https://www.epm.com.co/site/Portals/2/Tarifas\\_Aguas/2020/12%20Tarifas\\_Aguas\\_Fact\\_DIC\\_2020.pdf?ver=2020-12-09-164918-887](https://www.epm.com.co/site/Portals/2/Tarifas_Aguas/2020/12%20Tarifas_Aguas_Fact_DIC_2020.pdf?ver=2020-12-09-164918-887)

García, G. M. (s.f.). *¿Cuál es el mejor sistema de lavado para el auto?* Obtenido de Prueba de ruta: <https://www.pruebaderuta.com/cual-es-el-mejor-sistema-de-lavado-para-el-auto.php>

García-Astillero, A. (6 de Agosto de 2018). *Tipos de tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de Ecología verde:

<https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-tratamiento-de-aguas-residuales-1448.html>

- Kumar, N. S., & Chauhan, M. S. (2018). Treatment of Car Washing Unit Wastewater—A Review. *Water Quality Management*, 247-255.
- MADS. (17 de Marzo de 2015). *Resolución 631*.
- MADS. (Febrero de 2020). *Departamento Nacional de Planeación*. Obtenido de [https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/Comite%20Sostenibilidad/Presentaciones/Sesi%C3%B3n%202/1\\_Metas\\_Estrategia\\_Nacional\\_Economia\\_circular.pdf](https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/Comite%20Sostenibilidad/Presentaciones/Sesi%C3%B3n%202/1_Metas_Estrategia_Nacional_Economia_circular.pdf)
- MADS. (febrero de 2020). *Metas de estrategia nacional de economía circular*. Obtenido de Departamento Nacional de Planeación: [https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/Comite%20Sostenibilidad/Presentaciones/Sesi%C3%B3n%202/1\\_Metas\\_Estrategia\\_Nacional\\_Economia\\_circular.pdf](https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/Comite%20Sostenibilidad/Presentaciones/Sesi%C3%B3n%202/1_Metas_Estrategia_Nacional_Economia_circular.pdf)
- MichałCieślik, B., Namieśnik, J., Konieczka, & Piotr. (2015). Review of sewage sludge management: standards, regulations and analytical methods. *Cleaner Production*, 1-15.
- Min interior (España). (2014). *El impacto ambiental del tráfico* . Madrid .
- Min Transporte. (febrero de 2005). *Caracterización del Transporte en Colombia*. Obtenido de Ministerio de Transporte.
- Mitsubishi motors. (Abril de 17 de 2018). *Carros en Colombia: más de 100 años de historia*. Obtenido de Mitsubishi motors: <https://mitsubishi-motors.com.co/blog/2018/04/27/carros-en-colombia/>
- Naciones Unidas. (s.f.). *Desafío globales: Agua*. Obtenido de Naciones Unidas : <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>
- Renting Colombia S.A.S. (s.f.). *Renting Colombia* . Obtenido de <https://renting.rentingcolombia.com/quienes-somos>
- Roa, S., Urrego, F., Tuta, D., Baron, F., & Cely, J. (2014). Beneficios planta El Salitre. *Sites Google*.
- Rojas, L. D. (2020). Sistema de captación y aprovechamiento de agua lluvia en actividades industriales. *Repositorio: Universidad Santo Tomas*.
- Saldaña, R. (5 de Agosto de 2020). *Colombia frente al tratamiento de las aguas residuales*. Obtenido de Iagua: <https://www.iagua.es/blogs/rossember-saldana-escorcia/colombia-frente-al-tratamiento-aguas-residuales>
- Sarmadi, M., Foroughi, M., Saleh, H. N., Sanaei, D., Zarei, A. A., Ghahrchi, M., & Bazrafshan, E. (2020). Efficient technologies for carwash wastewater treatment: a systematic review. *Environmental Science and Pollution Research*, 34823–34839.

SIAC. (s.f.). *Cifras y estadísticas ambientales: Agua*. Obtenido de Sistema de información ambiental de Colombia : [http://cifras.siac.gov.co/Portal-SIAC-web/faces/agua\\_inicio.xhtml](http://cifras.siac.gov.co/Portal-SIAC-web/faces/agua_inicio.xhtml)

SPV. (s.f.). *SPV*. Obtenido de <http://www.spv.com.co/>

UPME. (s.f.). *Unidad de Planeación Minero Energética UPME*. Obtenido de Calculado de emisiones:  
[http://www.upme.gov.co/calculadora\\_emisiones/aplicacion/calculadora.html](http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html)

USAID. (Agosto de 2016). *Análisis sectorial agua: Programa piloto de innovación financiera*. . Obtenido de Asobancaria :  
<https://www.asobancaria.com/wp-content/uploads/2016/10/diagnostico-sectorial-agua-pilotos-de-innovacion-financiera.pdf>

Vega, G., Ortiz, N. M., Polo, V., & Donado, R. (2019). Productos innovadores a partir de la utilización de lodos de potabilización de aguas como materia prima. *GIPAMA*.