

# VerdeSostenible

Líderes en desarrollo de proyectos sostenibles

## SISTEMAS DE REGENERACION DE AGUAS

INSTALACIONES DE LAVADO DE VEHÍCULOS

Guia de Buenas Practicas para la transicion a un Negocio ecosostenible

HYDROCLEAR Carwash sistemas de depuracion

[www.verdesostenible.com](http://www.verdesostenible.com)



Esta guía contiene información fruto de adaptaciones para Colombia del proyecto Life MinAqua de la UE con una duración de 4 años (septiembre 2012-septiembre2016).  
Disponibles en versión Original [www.minaqua.org](http://www.minaqua.org)

# SISTEMAS DE REGENERACION DE AGUAS

INSTALACIONES DE LAVADO DE VEHÍCULOS

Guía de Buenas Practicas para la transicion a un Negocio Ecosostenible  
HYDROCLEAR Carwash Recomendaciones Fichas de equipos Junio 2020

[www.VERDESOSTENIBLE.com](http://www.VERDESOSTENIBLE.com)

[www.Verdesostenible.com](http://www.Verdesostenible.com)

**Verdesostenible .com**

líderes en desarrollo de proyectos Sostenibles





# Introducción

El agua dulce es un recurso vital de vida cada día mas escaso y limitado para la humanidad. A pesar de su abundancia tan solo el 1.75% del agua planetaria es fresca y al usarla de una u otra forma descontrolada la convertimos en un desecho contaminante bioquímico agresivo que no soporta mas vida, sobrepasando las capacidades naturales de su recuperación. El lavado de vehículos no es la excepción. Es una actividad que afecta al medioambiente, que al combinarse con el agua limpia disminuye su capacidad de soporte de vida. Por un lado, las instalaciones de lavado de vehículos consumen cantidades importantes de agua tratada potable de consumo humano desde la red de acueducto publico, especialmente aquellas que no tienen en consideración el reciclaje. Por el otro, el agua residual generada en los lavados de vehículos contiene contaminantes específicos (metales, detergentes, hidrocarburos, etc.) que tienen un impacto negativo en las aguas receptoras y/o pueden afectar a los procesos y a la calidad de los lodos en las estaciones depuradoras de aguas residuales y en America latina desembocan en ríos, lagos, y demás fuentes de agua natural.

En VERDESOSTENIBLE rompemos el paradigma USAR PARA BOTAR con soluciones que están cambiando la forma de planificar el presente hacia futuro de una manera integral. Bajo el modelo de Tecnologías limpias y Economía Circular convertimos los residuos en nuevas materias primas. Agua de reuso industrial, domestico, comercial, Potable, Incendios, Fertilizantes naturales, Biomasa, Energia calorífica Gas por resumir algunas. Reintegrandola al ciclo natural y a los ciclos economicos de vida humana en diversos usos y aplicaciones. revolucionando en Soluciones Descentralizadas y autonomas hacia un desarrollo sostenible como Agentes de cambios Regenerativos .

La creciente exigencia de la normativa y la legislación ambiental, así como la concienciación de la población en general respecto a la necesidad de proteger el medioambiente, ha promovido que la sociedad exija a las empresas más respeto en sus procesos. En el mundo existe una conciencia cada vez mayor sobre la escasez de recursos hídricos y la importancia de la gestión integral del ciclo del agua. La atención de los aspectos ambientales en las instalaciones de lavado de vehículos debe ser cada vez más cuidadosa e integrada dentro de la gestión de estas empresas.

Esta guía va destinada, principalmente, a usuarios existentes y a los futuros empresarios de las instalaciones de lavado de vehículos con el objetivo ofrecer información para la toma de decisiones sobre este sector y que ayuden a conocer e implementar buenas prácticas. Las recomendaciones reflejadas en este documento tienen como objetivo aportar soluciones reales que impliquen la minimización de los consumos y las corrientes residuales en los lavados de vehículos. También es una herramienta de oferta de servicios que VERDESOSTENIBLE en su liena de SISTEMAS INTELIGENTES DE REGENERAION DE AGUA que Ofrece en consulta y equipos integrales compactos para usuarios interesados en adquirir asesoría y productos o servicios y, aunque no se escribe con esta finalidad, puede ser un marco de reflexión y partida para la promoción de un manual de las mejores técnicas disponibles en el sector de lavado de vehículos en Colombia.

El principal objetivo es, pues, transmitir a los principales interesados el conocimiento y las buenas prácticas.



# Índice de contenidos

<b>GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA TRANSICIÓN A VERDESOSTENIBLE LAVADO DE VEHÍCULOS</b> .....	1
<b>INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DE LA GUÍA</b> .....	3
<b>CAPITULO II. Descripción del proceso</b> .....	6
1.1. Etapas del proceso de lavado de vehículos .....	6
1.1.1. Prelavado .....	6
1.1.2. Lavado .....	6
1.1.3. Acabado .....	7
1.1.4. Secado .....	7
1.2. Sistemas de lavado .....	8
1.2.1. Puente de lavado .....	8
1.2.2. Túnel de lavado .....	8
1.2.3. Autolavado de vehículos .....	8
1.3. Aspectos ambientales .....	9
1.3.1. Consumo de agua .....	9
1.3.2. Generación de agua residual .....	9
1.3.3. Residuos .....	15
1.3.4. Energía .....	15
1.3.5. Ruido .....	16
1.3.6. Suelos .....	16
<b>CAPITULO II. Marco legal</b> .....	17
2.1.1. Marco legal Colombia .....	17
2.1.2. Normas extranjeras y etiquetas ecológicas .....	19
<b>CAPITULO III. Buenas prácticas y tecnologías disponibles en el sector de lavado de vehículos</b> .....	22
3.1. Medidas de ahorro de agua .....	22
3.1.1. Optimización del ciclo de lavado .....	24
3.1.2. Uso del desperdicio del agua osmotizada .....	24
3.1.3. Recogida y uso del agua de lluvia .....	24
3.1.4. Reciclaje de agua residual .....	25
3.2. Tratamiento del agua residual del lavado para su vertido .....	27
3.3. Tratamiento del agua residual del lavado para su reciclaje .....	28
3.3.1. Tecnologías de pretratamiento .....	28
3.3.2. Tecnologías de depuración .....	28
3.3.3. Controles de olores .....	29
3.3.4. Desinfección .....	29
3.4. Medidas de ahorro energético .....	31
3.5. Medidas de minimización de ruidos .....	32
3.6. Medidas de buena gestión .....	33
3.6.1. Procedimientos de limpieza y diseño .....	34
3.6.2. Operación y mantenimiento .....	34
3.6.3. Plan de autocontrol de legionela .....	34

# Índice de contenidos

<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	39
---------------------------	----

<b>ANEXO I. Fichas de las oportunidades (BP o MTD) para los lavados de vehículos</b> .....	42
Ficha 1. Decantación.....	42
Ficha 2. Hidrociclones y centrífugas.....	43
Ficha 3. Tratamiento físicoquímico .....	44
Ficha 4. Electrocoagulación - electroflotación.....	45
Ficha 5. Trampas de aceites y grasas – separador de hidrocarburos.....	46
Ficha 6. Tratamiento biológico .....	47
Ficha 7. Filtros de arena.....	48
Ficha 8. Sistemas naturales de depuración .....	49
Ficha 9. Filtración por membranas: osmosis inversa .....	50
Ficha 10. Filtración por membranas: ultrafiltración .....	51
Ficha 11. Intercambiador de iones .....	52
Ficha 12. Desinfección química.....	52
Ficha 13. Ozonización.....	54
Ficha 14. Desinfección mediante UV.....	55
Ficha 15. Recuperación y uso de agua de lluvia .....	56

<b>ANEXO II. Ahorro eficiente de agua Reciclaje de Agua</b> .....	57
1. Obligatoriedad de instalar recicladores de agua en los lavados de vehículos.....	57
2. Usos aplicables del agua recuperada .....	57
3. Diseño y dimensionado de las instalaciones .....	57
4. Requisitos del agua recuperada .....	58
5. Operación y mantenimiento del sistema de recuperación de aguas.....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Consumo medio de agua por tipo de lavado de vehículos .....	13
<b>Tabla 2.</b> Composición de las aguas residuales generadas en túneles de lavado en comparación con el agua residual doméstica .....	14
<b>Tabla 3.</b> Resultados de metales en agua residual del lavado de vehículos .....	15
<b>Tabla 4.</b> Composición de los lodos (Montfullà, 2012) .....	18
<b>Tabla 5.</b> Composición de los lodos (Miramón, 2013).....	19
<b>Tabla 6.</b> Recopilación de medidas específicas de ahorro de agua en el extranjero .....	29
<b>Tabla 7.</b> Relación entre los pulverizadores y los litros de agua (.....)	31
<b>Tabla 8.</b> Valores aproximados de resistencia a la abrasión .....	33
<b>Tabla 9.</b> Operaciones unitarias en el tratamiento de aguas residuales .....	38
<b>Tabla 10.</b> Controles según la periodicidad de las revisiones.....	45
<b>Tabla 11.</b> Parámetros de control de la calidad del agua.....	46
<b>Tabla 12.</b> Listado de medidas para reducir el impacto .....	47

# Capítulo I.

## Descripción del proceso

# 1.1

### Etapas del proceso de lavado de Vehículos

En el lavado de vehículos se pueden considerar cuatro etapas generales (Brown, 2002a):

1. Prelavado;
2. Lavado (posiblemente en varias etapas)
3. Acabado (que puede incluir un primer aclarado, el encerado y un aclarado final);
4. Secado (opcional)

Estas etapas del lavado profesional de vehículos incluyen subetapas que se explican con más detalle a continuación.

#### 1.1.1. Prelavado

Durante el prelavado, el vehículo se rocía con productos desincrustantes. Estos están especialmente destinados a deshacer la suciedad más incrustada, como pueden ser mosquitos, defecaciones de aves, etc., que en fases posteriores serán eliminados con la ayuda mecánica de los cepillos o del lavado de alta presión. También, y a menudo a petición del cliente o en función del programa de limpieza, se aplica un producto para las llantas. Después de rociar con el producto desincrustante, se aplica agua a presión (generalmente con una hidrolavadora). El objetivo de esta fase es dejar el vehículo preparado para el siguiente paso (es decir, dejar la superficie húmeda y preparada para la aplicación de detergentes). En esta fase, una parte importante de la suciedad de más volumen ya queda eliminada.

#### 1.1.2. Lavado

El vehículo se rocía con una solución de agua y champú a través de los pulverizadores o rociadores. Su función, además de limpiadora, es suavizar la superficie de la pintura, maximizando la posterior acción mecánica de los cepillos y previniendo las raspaduras. A menudo, también se aplica otro producto detergente (conocido como espuma activa) que tiene por finalidad crear una espuma densa que cubra completamente la pintura. La espuma asegura la acción limpiadora extrayendo poco a poco la suciedad que queda en la superficie, lo que facilita el posterior aclarado.



Esta fase también puede incluir arcos o guardabarros específicos para las ruedas y las partes laterales bajas del vehículo, para realizar una limpieza más a fondo del vehículo (partes donde se adhiere más barro). La fase de lavado incluye, además de guardabarros con champú y espuma activa, limpiaparabrisas de cepillos (verticales y/o horizontales). Las hay de tipo y materiales diferentes y en general se clasifican según sean cepillos de nailon, de Carlite (un polietileno espumado utilizado cada vez con más frecuencia) o los sistemas con cortinas textiles. **El primero** proporciona un buen resultado de lavado, pero puede provocar problemas relacionados con la formación de surcos o raspaduras en la pintura. Sin embargo, si se hace un buen uso y mantenimiento y se reemplazan regularmente, el riesgo de arañazos es muy limitado. Es importante que vayan acompañados de abundante agua y que se aplique un mínimo de detergente. Actualmente, una alternativa al nailon es el Carlite, ya que es más suave, aunque requiere del mismo tipo de aplicación (abundante agua y jabón). **El segundo**, las cortinas textiles (también llamado lavado suave), es una solución que se utiliza combinada con la alta presión. No dejan rastro, pero tienen el inconveniente de que absorben una gran cantidad de agua y, por ello, solo se utilizan cortinas verticales (las horizontales cogen demasiado sobrepeso). Es una solución que se aplica más en América del Norte; aun así, la versión de lavado suave también comienza a implementarse en Europa y demás países con algunas variaciones y combinaciones (Huybrechts et al., 2002).



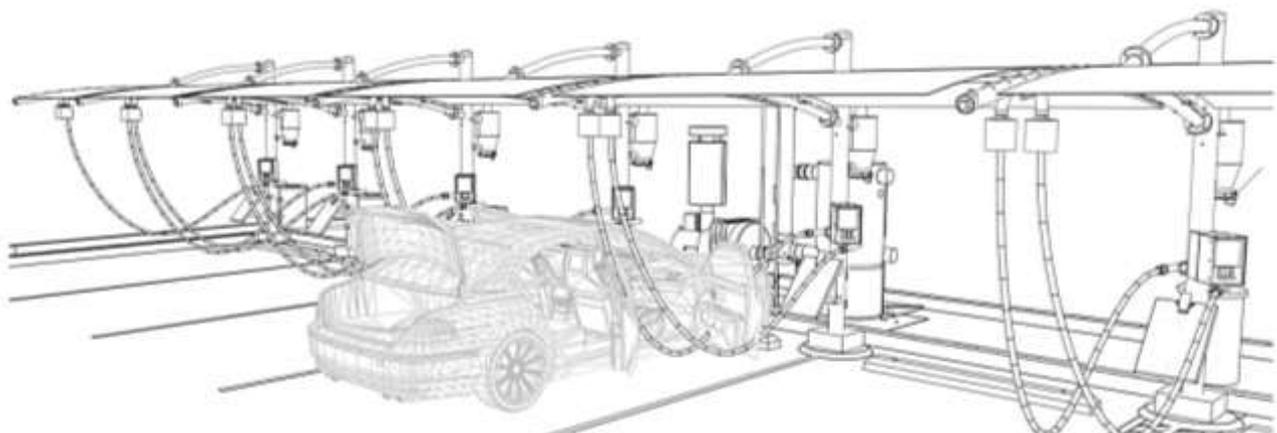
### 1.1.3. Acabado

El acabado incluye un aclarado con agua limpia después del lavado y el encerado. La aplicación de ceras es opcional, pero es una fase ampliamente extendida en todos los lavados, y se aplica, habitualmente, a través de la maquinaria del lavado y en frío. Se pueden utilizar varias ceras, según la finalidad. Si es así, primero, se suele aplicar una cera abrillantadora que tiene la función de cubrir las raspaduras que pueda tener la pintura, proporcionando una superficie lisa. La deja en las mejores condiciones posibles para aplicar una cera protectora o secante que, gracias a su carácter hidrófobo, reduce la tensión superficial del agua del aclarado. La lámina de agua se fragmenta formando grandes gotas que son fácilmente eliminadas (ya sea por el efecto de una fase de secado con turbo ventiladores o por la gravedad).

Algunos sistemas de lavado, tras el encerado, aplican una fase final de aclarado con agua blanda (es decir, libre de calcio y otros iones). Esto es para evitar que cuando se seca el vehículo queden manchas de gotas. En estos sistemas no se suele utilizar agua del grifo y, en función de la dureza que tenga, se aplica un tratamiento para ablandarla o desmineralizarla. Suele ser agua que ha pasado por un intercambiador de iones y/o una ósmosis inversa. La ósmosis inversa es una aplicación creciente en el lavado de vehículos; especialmente si los vehículos se secan al aire libre, se requiere un agua de gran calidad para evitar que deje manchas (ver **Ficha 9** en anexo).

### 1.1.4. Secado

La última fase del proceso de lavado es el secado del vehículo. Esta es una fase opcional que se ofrece sobre todo en los lavados tipo túnel. Generalmente se hace a través de sopletes o turbo ventiladores que arrastran las gotas de agua que han quedado en la superficie del vehículo.



# 1.2

## Sistemas de lavado

Según la International Carwash Association (ICA) (Brown, 2002a), el sector industrial de lavado de vehículos incluye los servicios comerciales automatizados. ICA los clasifica en tres grandes grupos:

- ✓ Puente de lavado (rollover o in-bay automatico)
- ✓ Túnel de lavado (conveyor)
- ✓ Autolavado de vehiculos (self-service o a mano)

También hay otras modalidades, poco frecuentes en empresas que limpian furgones, buses y camiones en las instalaciones del cliente, conocidas como lavados móviles, y empresas que realizan **el lavado a mano**. En estos casos es muy importante evitar la contaminación difusa y prever un sistema de recogida de las aguas del lavado y su posterior tratamiento.

Los tres tipos principales de sistemas de lavado se describen a continuación.



### 1.2.1. Puente de lavado

Es un sistema de lavado controlado automatizado. Durante el proceso, el vehículo se mantiene estacionado en un solo lugar, mientras que el equipo de lavado se mueve hacia adelante y hacia atrás sobre los rieles, controlado automatizado y según el programa elegido.

El lavado se realiza habitualmente mediante cepillo, cortinas textiles o lavado sin contacto con rociadores de alta presión. Se aplican las etapas generales del proceso con detergentes y productos de acabado, según el programa. Generalmente, es el sistema más utilizado para el lavado de camiones, buses, etc. En estos casos se suele complementar con un prelavado manual con agua a presión y temperatura.

La velocidad de lavado de un puente, en función de los programas y modelos, suele ser de unos 8-12 vehículos por hora y 4-5 camiones por hora.

### 1.2.2. Túnel de lavado

En este sistema de lavado controlado automatizado, el vehículo avanza gracias a una cinta transportadora, mientras que los elementos del túnel se encuentran fijos. Si se dispone de un servicio de personal presente, a menudo se realiza un pretratamiento (desincrustante e hidrolavadora a presión). Existen también tres modalidades de túnel de lavado: con cepillo nailon/PE, con cortinas textiles (lavado suave)

lavado sin contacto con rociadores a alta presión. Habitualmente, todo el proceso de lavado se lleva a cabo con agua fría.

La capacidad de los túneles de lavado de vehiculos suele ser de unos 50- 60 vehiculos por hora.

### 1.2.3. Autolavado de vehiculos

Es un servicio de autolavado (*self-service*) formado por un equipo (box de lavado), compuesto por un compresor que impulsa agua y que va equipado con dos pistolas: una, con cepillo y la otra, que impulsa agua a presión. En este servicio el propietario del vehículo lo lleva a un centro de lavado o bien permite que lo laven o los lava por arriendo de la maquinaria disponible para lavar él mismo el vehículo. En función del costo y tiempo de uso de la máquina, el usuario podrá elegir el ciclo de lavado, que será más o menos largo: prelavado, lavado, aclarado y encerado. A diferencia de los túneles, la fase de lavado se suele hacer con agua tibia para asegurar un buen resultado. Los centros no ofrecen secado, motivo por el cual esta fase se realiza al aire libre. Para evitar la mancha de cal de la gota, la mayoría de boxes de autolavado tienen equipo de agua osmotizada para la fase de aclarado.

La capacidad de lavado de un box puede ser muy variable y estará en función de la duración que hayan escogido los usuarios. Se estima un máximo de 7 vehiculos por hora.

## Aspectos Ambientales

# 1.3

Hay diferentes aspectos ambientales a tener en cuenta en la actividad industrial de lavado de vehículos. En esta sección se analizan estos aspectos ambientales, teniendo en cuenta que quizá el más importante sea el consumo de agua, aunque en el momento de implementar buenas prácticas es oportuno considerarlos todos.

### 1.3.1. Consumo de agua

El consumo bruto de agua en la industria de lavado de vehículos depende principalmente del tipo de lavado. En la **Tabla 1** se muestra el consumo de agua por cada tipo, expresado en litros por lavado (incluye todas las fases y refleja el consumo bruto sin tener en cuenta el origen del agua). Estas cifras se basan en datos de la literatura (Huybrechts et al., 2002; Janik y Kupiec, 2007; Fundación Ecología y Desarrollo; Nordic Ecolabelling, 2013) y de la experiencia demostrativa del proyecto Life MinAqua (de 2012 a 2016), tal como muestran los datos de la última columna. Cabe remarcar que el proyecto contó con el lavado de vehículos con un túnel de lavado de vehículos y un puente de lavado de buses y camiones, y la Estación de Servicio que dispone de tren de lavado y de 5 boxes. Información más detallada sobre consumos en ambos lavados de vehículos está disponible en los informes técnicos anexos en bibliografía

Como muestran los datos, sobre todo en instalaciones tipo puentes y túnel de lavado, el consumo de agua puede variar mucho de una instalación a otra. Influye tanto el tipo de instalación como el tamaño del vehículo y el programa elegido por los clientes (según el número de etapas de lavado que deseen).

En Colombia, actualmente, la mayoría de instalaciones de lavado de vehículos están conectadas a la red de distribución de agua potable, de manera que hacen uso de agua de gran calidad para las etapas del lavado de vehículos. **Se puede minimizar el uso de agua de red usando agua de lluvia y/o recuperando agua residual del lavado para volverla a utilizar en un nuevo ciclo de lavado.** Para potenciar estas medidas, en esta Guía se presentan las especificaciones técnicas

para las buenas prácticas asociadas a la recogida de agua de lluvia (**Ficha 15**) y reciclaje (**Capítulo III y Anexo I**),

### 1.3.2. Generación de agua residual

Uno de los principales efluentes generados en las instalaciones de lavado de vehículos es el agua sucia. Según la cantidad de agua que se haya consumido (dependiendo del tipo de instalación y del número de vehículos lavados), se genera un flujo de agua residual de dimensiones similares. El flujo de agua residual será ligeramente inferior al consumo de agua de la instalación de lavado, ya que puede haber pérdidas del orden de 10 Lit en vehículos y 25-30 lit en camiones, por evaporación y arrastre por parte de los vehículos lavados (Huybrechts et al., 2002).

En caso de que no se reutilice, este efluente debe ser evacuado de la instalación, ya sea a través de la conexión a un sistema de saneamiento o a través del vertido en el medio. Este tipo de actividad se requiere un permiso de operación o de vertido (en algunos casos), y en ningún caso se puede verter sin haber realizado un tratamiento previo adecuado con soporte de estudios fiicoquímicos de las agua a verter acorde al permiso que tenga la instalación (ver **Capítulo II**). Generalmente, si la descarga se realiza en un sistema de saneamiento, incluye una decantación de sólidos y un separador de hidrocarburos. Si la descarga se hace en el medio natural, hace falta un tratamiento más elevado (generalmente un tratamiento biológico) para alcanzar los límites de vertido requeridos.

La composición de las aguas residuales del lavado de vehículos es muy variable (depende de factores como la ubicación de la instalación, la temporada,

la carga de vehículos lavados, etc.). En la **Tabla 2** se muestra un resumen de valores encontrados en la literatura (Huybrechts et al., 2002; Zaneti et al., 2012) y, en la última columna, los encontrados en la caracterización efectuada en el marco del proyecto Life MinAqua en los dos lugares demostrativos.

Todos los valores que se muestran en la **Tabla 2** referentes a lavados de vehículos (tanto los valores de la literatura como los valores obtenidos en el proyecto Life MinAqua), antes del decantador y separador de hidrocarburos.

En la **Tabla 3** se muestran valores en cuanto a metales en los lavados de vehículos, comparando valores encontrados en la literatura y valores encontrados en el marco del proyecto Life MinAqua. En todos los casos son valores orientativos de muestras puntuales en los diferentes lavados de vehículos. El promedio de producción de agua residual (teniendo en cuenta que hay mucha variación por los factores antes mencionados) es de 10 m<sup>3</sup>/día (variación entre 20 m<sup>3</sup>/día) en el lavado de vehículos) y de 25 m<sup>3</sup>/día (con un rango entre 65 a 5 m<sup>3</sup>/día) en una estación de servicio

#### Productos químicos

En la industria del lavado de vehículos se utiliza una amplia gama de productos que se pueden distribuir en tres grupos:

- Productos para la limpieza del vehículo (detergentes) y de acabado o pulido (ceras),
- Productos para el mantenimiento y limpieza de la propia instalación,
- Productos para el tratamiento del agua residual y/o el control de malos olores (si es necesario)

#### Productos para la limpieza exterior del vehículo

Si nos centramos en las principales etapas de lavado del exterior de un vehículo, los productos utilizados se pueden dividir en los siguientes grupos:

- **Productos para el prelavado:** destinados a la suciedad más adherida (residuos de gasolina, excrementos de aves, insectos, etc.). Estos productos tienen poder desengrasante o desincrustante y son generalmente alcalinos en forma líquida (el hidróxido de sodio es el componente más presente en estas formulaciones). Su concentración varía dependiendo de la aplicación (llantas, plancha de vehículos, camiones, etc.) y de la forma de hacerlo (pulverización, alta presión, pulverizadores manuales, etc.). Se aplican de forma limitada.

**Tabla 1.**  
Consumo medio de agua por tipo de lavado de vehículos

Tipo de lavado	Consumo de agua	LifeMinAqua (estudio)
Puente de lavado	100–350	-
Túnel de lavado	200–650	252 <sup>1</sup> - 295 <sup>2</sup>
Box de autolavado	70–80	66 <sup>3</sup>
Lavado de camiones	350–900	440 <sup>4</sup>
Lavado a mano	<b>50–500<sup>5</sup></b>	-

<sup>1</sup>Valor obtenido en el túnel de lavado de vehículos (media de enero de 2013 a febrero de 2016); es agua total consumida sin tener en cuenta su origen (red, reciclada, lluvia, etc.)

<sup>2</sup>Valores obtenidos en el túnel de lavado de vehículos de Miramón (media de julio 2013 a mayo 2016, con incorporación de una lanza a presión en el prelavado a finales de 2015 que se empieza a contabilizar en febrero de 2016 con un nuevo contador)

<sup>3</sup>Promedio aproximado obtenido a partir de 5 boxes de autolavado ubicados en la estación de servicio.

<sup>4</sup>Valores del puente de lavado de camiones (incluye lanzas a presión manuales con agua caliente como prelavado y seguidamente el programa elegido en el puente de lavado con cepillo). Es agua total bruta consumida, sin tener en cuenta que una parte está reciclada.

<sup>5</sup>Según el sistema que se utilice: con esponja, cubo o manguera, con salida regulable y que se pueda cerrar (atención con la contaminación difusa); o con manguera, dejando fluir el agua durante todo el proceso.

**Tabla 2.**

Composición de las aguas residuales generadas en túneles de lavado en comparación con el agua residual doméstica

Parámetros		Agua residual doméstica (Tchobanoglous)	Túneles de lavado (Huybrechts et al.,)	Life MinAqua Túnel de lavado de Montfouillat		Life MinAqua Túnel de lavado de Miramón	
Sólidos en Suspensión (MES)	mg/L	120-400	310-5400	412	±28%	37,23	±26%
Demanda Química de Oxígeno (DQOd) de-	mg/L O <sub>2</sub>	-	-	179	±20%	101,00	±53%
Demanda Química de Oxígeno (DQOt) sin	mg/L O <sub>2</sub>	250-800	20-1450	309	±16%	127,33	±27%
Demanda Bioquímica de	mg/L O <sub>2</sub>	110-350	-	93	±5%	52,67	±50%
pH	u. pH	-	-	8,27	±6	7,97	±3%
Conductividad	µS/cm a	-	-	1192	±21	171,6	±58%
Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	30-90	81-695	220	±36	15,67	±42%
Nitrógeno Kjeldhal	mg/L N	8-25	<2-22	8,9	±18	2,90	±66%
Amonio	mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	12-45	<1-7,7	1,4	±57	0,11	±18%
Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0	0,7-1,6	3,2	±0	0,60	
Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	-	<0,5		0,05	
Nitrógeno total	mg/L N	20-70	-	9,6	±19	3,03	±58%
Fósforo total	mg/L P	4-12	0,7-5,9	8,4	±38	1,01	±55%
Detergentes aniónicos	mg/L LAS	-	-	0,5	±19	0,33	±51%
Detergentes	mg/L	-	-	1,1	±40	<0,2	
Detergentes No	mg/L	-	-	2,7	±2	2,17	±51%
Detergentes totales	mg/L	-	-	4,3	±12	2,43	±62%
Aceites y grasas	mg/L	50-100	-	13,9	±12	0,97	±25%
Hidrocarburos	mg/L	-	-	2,0	±28	1,25	±37%
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	20-50	-	67,5	±13	11,33	±42%
Sodio	mg/L Na	-	-	185	±27	27,20	±70%
Potasio	mg/L K	-	-	9,6	±31	2,08	±60%
<i>Escherichia coli</i>	ufc/100mL	10 <sup>3</sup> -10 <sup>8</sup>	-	1,2x10 <sup>3</sup>	±92%	1,00x10 <sup>3</sup>	

• **Productos para el lavado:** una parte importante del proceso de lavado de vehículos es la aplicación de detergentes. Según la legislación actual, se define detergente como “*toda sustancia o mezcla que contenga jabón u otros tensioactivos y que se utilice en procesos de lavado y limpieza. Los detergentes podrán adoptar cualquier forma (líquida, polvo, pasta, barra, pastilla, etc.) y ser comercializados para uso doméstico, institucional o industrial (colombia Decreto Reglamento técnico 689 del 03 mayo 2016 / Resolución 1770 del 04 Mayo 2018 / 0837 de 04 Mayo 2018 sobre detergentes)*”. El principio activo de los detergentes son los tensioactivos, sustancias orgánicas o mezclas que presentan ciertas propiedades como: detergentes (desprender la capa de suciedad), espumantes, capacidad soluble, emulsionantes (rodean las partículas de grasa haciendo que estas

pierdan adherencia entre sí y con la superficie metálica, facilitando que la suciedad pueda ser eliminada fácilmente), humectantes y dispersantes. Los productos de lavado suelen ser de pH neutro o ligeramente ácido. El tipo y concentración dependerá de la fase del lavado y de la manera de aplicarlos (arco de champú, arco de espuma activa, arco de cepillo, rociadores de alta presión, etc.).

En la **Figura 1** se muestran los componentes de la formulación de un detergente, según Sánchez (2007). A pesar de que los tensioactivos son los ingredientes fundamentales de los detergentes, no son suficientes. Tal y como se muestra en la **Figura 1**, se requiere una amplia gama de otros agentes que ayuden a mejorar el papel de los tensioactivos y una serie de agentes que los complementen, actuando sobre al-

**Tabla 3.**  
Resultados de metales en el agua residual del lavado de vehículos

Parámetros	Resultados en mg/L									
	Car-wash Stubbe, Mol <sup>1</sup>	Best car-wash, Tienen <sup>1</sup>	Hasselt Car-wash, Hasselt <sup>1</sup>	Texaco Car-wash, Gent <sup>1</sup>	Phoenix sites <sup>2</sup>	Florida sites <sup>2</sup>	Boston sites <sup>2</sup>	Federal Way <sup>3</sup>	MinAqua Catalunya <sup>4</sup>	MinAqua País Basc <sup>4</sup>
Antimonio	-	-	-	-	0,018	ild	ild	-	0,12	<0,05
Arsénico	ild	ild	ild	ild	0,007	ild	ild	ild	< 0,05	<0,05
Berilio	-	-	-	-	ild	ild	ild	-	-	-
Cadmio	ild	ild	0,002	ild	0,005	ild	ild	ild	<0,02	<0,02
Cromo	0,039	ild	0,037	0004	ild	ild	0,0688	0,027	-	-
Cobre	0,450	0,043	0,657	0,127	0,119	0,235	0,1927	0,168	0,33	0,11
Hierro	-	-	-	-	-	-	-	-	8,54	0,63
Mercurio	ild	ild	ild	ild	ild	ild	ild	-	<0,1	<0,10
Niquel	ild	ild	0,010	ild	ild	0,03	0,0303	0,025	<0,02	<0,02
Selenio	-	-	-	-	ild	ild	ild	-	<0,02	<0,05
Plata	ild	ild	ild	ild	ild	ild	ild	-	-	-
Plomo	0,057	ild	0,113	0,006	0,016	ild	0,061	ild	0,02	<0,02
Talio					ild	ild	ild	0,206	0,71	<0,02
Zinc	0,710	0,123	0,807	0,304	0,31	0,308	0,6772	0,206	0,71	0,10
Estaño	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	<0,02
Telurio	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,02	<0,02
Caudal (m <sup>3</sup> /día)	-	16,7	55,8	-	-	-	-	-	10	25

<sup>1</sup>Tchobanoglous (2003); <sup>2</sup>Brown (2002b); <sup>3</sup>Smith et al. (2009); <sup>4</sup>MinAqua C5 (2016);  
Ild: Inferior límite de detección

gunas suciedades en las que la acción fisicoquímica no es suficiente. Estos aditivos pueden ser o convertirse también en sustancias contaminantes para las aguas y el medioambiente.

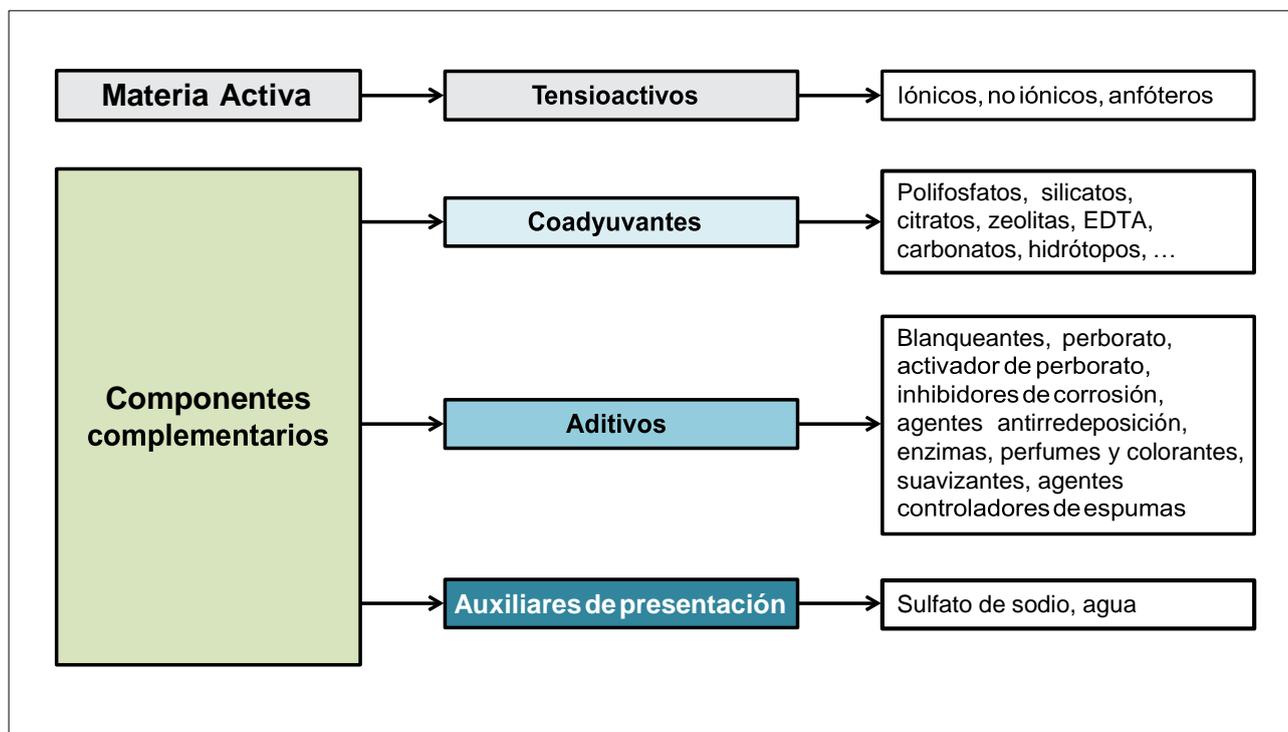
**Productos para el acabado o pulido:** se aplican al vehículo después de la etapa de lavado. Para producir un acabado brillante y de larga duración se aplican productos especiales como las ceras. Tras esta operación, los residuos de estos productos se sacan con una aplicación auxiliar de aclarado que suele ser con agua osmotizada.

Los productos de acabado pueden estar formulados en forma de pastas, líquidos o pulverizadores y contendrán algunos de los siguientes componentes (Company et al., 2007):

- **Ceras.** Para el abrillantado de superficies, dan dureza y brillo en la capa de pintura, mejoran la opacidad y ofrecen lubricación y durabilidad. Las ceras más frecuentemente utilizadas son parafinas, polietileno, carnauba, de abeja, microcristalinas y mezclas.
- **Abrasivos.** Se utilizan para pulir y remover restos de alquitrán u otras sustancias fuertemente adheridas y para pequeñas imperfecciones de la superficie. Suelen contener finísimas partículas de

arcilla o materiales similares, carbonatos de calcio blandos, siliconas, silicatos de aluminio, etc.

- **Emulsionantes.** Generalmente, son utilizados para hacer las mezclas (junto con dispersantes, espesantes y conservantes). Incluyen alcoholes etoxilados grasos, ácidos grasos y polidimetilsiloxanos etoxilados, entre otros componentes.
- **Siliconas** y derivados. Mejoran la resistencia la capa abrillantadora y protectora. Son principalmente polidimetilsiloxanos.
- **Solventes.** Tienen una función doble: como base de las ceras, siliconas y otros componentes, y como ayuda a la limpieza de suciedad y aceites. Su elección es crítica a la hora de evitar daños en la pintura y en los elementos plásticos. Los solventes insolubles en agua, como los hidrocarburos alifáticos, son los más usados.
- **Espesantes.** Son emulsiones de agua y aceites, necesarios para mantener los materiales abrasivos en suspensión si la formulación tiene viscosidad baja. Algunos de los aglutinadores más típicamente utilizados son el éter de celulosa, el silicato de magnesio y aluminio y las resinas de carbopol.



**Figura 1.** Componentes en la formulación de un detergente (Sánchez, 2007)

Las diferencias entre los productos de acabado o pulido, que deben asegurar brillo y secado adecuados, se encuentran principalmente en su durabilidad y sostenibilidad.

#### *Productos de limpieza de la propia instalación*

Todos los productos que se utilicen para limpiar la maquinaria, así como las instalaciones (pavimento, soportes fijos, aseos, etc.) acabarán en el agua residual y, por lo tanto, serán vertidas también al sistema de tratamiento de agua. Es importante tener en cuenta que deben ser productos mínimamente nocivos y, a ser posible, que dispongan de fichas técnicas y de seguridad.

#### *Productos para el tratamiento del agua residual y/o control de malos olores*

En las instalaciones donde se reutiliza agua, a menudo se usan aditivos o productos para que tenga la calidad adecuada para su reutilización. Dependiendo de la técnica utilizada, estos productos pueden ser:

- **Floculante:** contiene, entre otros, sales inorgánicas, polielectrolitos y bentonita. Asegura que las partículas de suciedad se unan en copos, puedan decantar rápidamente, y estén preparadas para poder ser filtradas (tratamiento fisicoquímico);
- **Productos para la limpieza de los filtros** (ultrafiltración/membranas);
- **Reguladores del pH;**
- **Antiespumantes:** reducción de la formación de espuma en el sistema de reciclaje;
- **Productos para controlar el olor en el reciclaje de agua.** Pueden ser tipo desodorantes o especialmente agentes bactericidas, como el peróxido de hidrógeno o el hipoclorito de sodio. Es muy importante aplicar la dosis correcta.

Todos los productos mencionados en esta sección se emplean con agua y por lo tanto, finalmente, llegarán al sistema de depuración de aguas residuales y por consiguiente al medio acuático. Algunas de los impactos que pueden ocasionar son (Sánchez, 2007; Sánchez, 1995):

- **Los tensioactivos** son sustancias tóxicas, pueden acumularse en el medio acuático.
- **Son sustancias orgánicas** que pueden degradarse en el medio consumiendo oxígeno, y pueden causar anoxia.
- **Pueden inhibir las oxidaciones biológicas y químicas**, lo que produce, en aguas muy contaminadas, valores bajos de DBO (Demanda Biológica

de Oxígeno). Este fenómeno se debe, entre otras causas, a que, en presencia de los detergentes, las bacterias se ven rodeadas de una película que las aísla del medio y evita su actividad.

- **Aparte de los tensioactivos**, los detergentes tienen otros componentes que pueden provocar eutrofización.
- **Formación de espumas indeseables** (según el tipo de tensioactivo y los aditivos). Generalmente los tensioactivos aniónicos producen abundante espuma, los catiónicos producen cantidades limitadas y los no iónicos casi no producen ninguna. Se promueve la espuma para conseguir un efecto visual en el cliente, pero si hay en exceso, puede ser perjudicial en las plantas depuradoras y ríos.
- Tienen efectos sobre la coagulación y sedimentación; las inhiben en plantas de depuración.
- Elevan la alcalinidad de las aguas residuales, pudiendo llegar a pH superiores a 12, causados por la sosa o potasa.
- Pueden contaminar las aguas subterráneas (no es muy frecuente), ya que los tensioactivos suelen adsorber los sólidos y quedan retenidos en el suelo.

Estos impactos pueden agravarse en instalaciones de autolavado en las que no hay personal permanente y el operador tiene poco control sobre la calidad de las aguas residuales generadas: el cliente puede aprovechar para verter productos en el sistema, como aceites usados, refrigerantes, u otros productos específicos de limpieza que pueda utilizar, independientemente de los que ofrece la instalación de lavado.

En la evaluación ecológica de los tensioactivos para uso industrial, se debe tener en cuenta que la biodegradación y la toxicidad acuática son contradictorias. Cuando mayor sea la cadena carbonatada, mayor será su toxicidad. Y cuando más larga y menos ramificada, mejor su biodegradación (Sánchez, 1995). Desde el punto de vista ecológico, se deberían seleccionar los tensioactivos que se degraden completamente y lo más rápido posible. Al mismo tiempo, hay que ajustar las necesidades. Hoy en día cada vez más los fabricantes tienen en cuenta la biodegradación (ya que deben cumplir la normativa ([Decreto Reglamento técnico 689 del 03 mayo 2016](#))) y la acción emulsionante a corto plazo (importante para el buen funcionamiento del separador de hidrocarburos). Sería importante que los productos de acabado, para el buen funcionamiento de cualquier unidad de reciclaje de agua, estuvieran libres de siliconas, aceites minerales e hidrocarburos

(si no lo están, a menudo se tienen que recoger las aguas con productos de acabado, de forma separada del resto de aguas de lavado).

Cabe mencionar que en algunos países en el norte de Europa hay una etiqueta ecológica específica para los productos de lavado de vehículos (Nordic Ecolabeling, 2000; Stichting Milieukeur, 2001). En el resto de Europa ni en Colombia hay criterios específicos, si bien se debe cumplir con la normativa existente (ver **Capítulo II**) y con las buenas prácticas que ofrecen oportunidades de mejora en esta área.

### 1.3.3. Residuos

El residuo sólido más importante generado en los lavados de vehículos es el lodo. Proviene principalmente de los puntos de recogida de las aguas del lavado, los decantadores y del separador de hidrocarburos. En caso de que la instalación cuente con planta de reciclaje de agua, en algunos puntos también se acumularán lodos.

La cantidad y composición de los lodos dependerá

del tipo de productos utilizados, el grado de suciedad de los vehículos limpiados, el tratamiento aplicado en el agua, etc. A modo orientativo, las **Tablas 4 y 5** presentan resultados de lodos analizados en el marco del proyecto Life11 ENV/ES/569/MINAQUA.

El lodo debe ser recogido y tratado por un gestor autorizado de residuos. La recolección se lleva a cabo una o dos veces al año. El coste de tratamiento se realiza en \$Col/tonelada.

Además de los lodos, se producen otros residuos que deberán considerarse también en la aplicación de buenas prácticas. Son, principalmente, los envases vacíos de detergentes y productos químicos y, en menor frecuencia, los cepillos o cortinas textiles y otros elementos desgastados.

### 1.3.4. Energía

El gasto de energía en las instalaciones de lavado de vehículos se atribuye principalmente a los tres aspectos siguientes:

**Tabla 4.**

Composición de los lodos (1r decantador, lavado de vehicullos, noviembre 2012)

Parámetros	Métodos	Resultado	Desviación	Unidades
Características físicoquímicas				
<b>H. C. Totales</b>	MAD-E-PE-0015 H.C, aceites y grasas	8,	±23 %	<b>g/Kg m.s.</b>
<b>Humedad</b>	GI/PO/FQT/128 (Gravimetría)	88	±17 %	<b>%</b>
<b>Materia orgánica</b>	GI/PO/FQT (Gravimetría)	12	±7 %	<b>% m.s.</b>
<b>pH</b>	MAD-G-PE-0024 pH	7,4	±7 %	<b>u. pH.</b>
Metales				
<b>Antimonio</b>	MAD-E-P0132 Metales por ICP	28	±14 %	<b>µg/g m.s.</b>
<b>Arsénico</b>	MAD-E-P0132 Metales por ICP	<	±15 %	<b>µg/g m.s.</b>
<b>Cadmio</b>	MAD-E-P0132 Metales por ICP	<	±20 %	<b>µg/g m.s.</b>
<b>Cobre</b>	MAD-E-P0132 Metales por ICP	839	±20 %	<b>µg/g m.s.</b>
<b>Estaño</b>	MAD-E-P0132 Metales por ICP	162	±17 %	<b>µg/g m.s.</b>
<b>Mercurio</b>	EPA 7471	<	-	<b>µg/g m.s.</b>
<b>Níquel</b>	MAD-E-P0132 Metales por ICP	18	±20 %	<b>µg/g m.s.</b>
<b>Plomo</b>	MAD-E-P0132 Metales por ICP	34	±20 %	<b>µg/g m.s.</b>
<b>Selenio</b>	MAD-E-P0132 Metales por ICP	<	±19 %	<b>µg/g m.s.</b>
<b>Talio</b>	MAD-E-P0132 Metales por ICP	<	±20 %	<b>µg/g m.s.</b>
<b>Telurio</b>	MAD-E-P0132 Metales por ICP	2,9	±17 %	<b>µg/g m.s.</b>
<b>Zinc</b>	<b>MAD-E-P0132 Metales por ICP</b>	<b>986</b>	<b>±20 %</b>	<b>µg/g m.s.</b>

- **Control de procesos y tratamiento del agua:** se refiere al accionamiento de los cepillos, al movimiento de la cadena de conducción, las bombas, etc. El uso de energía en el reciclaje de agua dependerá principalmente de la necesidad de aireación o no.

- **Producción de agua caliente:** el consumo de energía también dependerá de la cantidad de agua caliente que se requiera para un lavado. Generalmente, los túneles de lavado funcionan completamente con agua fría, mientras que los puentes de camiones con prelavado suelen utilizar agua caliente. En el autolavado, la fase de prelavado o lavado suele ser con agua tibia.

- **Secado:** en los túneles de lavado automático la mayor parte del consumo de energía se la lleva el secado mediante el uso de sopletes o turbo ventiladores.

En este campo también hay posibilidades de buenas prácticas para ahorro energético (ver **Sección 3.4**).

### 1.3.5. Ruido

El funcionamiento de una instalación de lavado de vehículos provoca ruidos. Los procesos que hacen más ruido suelen ser la limpieza a alta presión y el secado.

Estas fuentes de ruido pueden causar molestias a los residentes locales. Este es un punto importante, sobre todo si el lavado está ubicado en el entorno urbano (a menudo se eligen precisamente lugares transitados porque tienen una rentabilidad más alta). Las posibles medidas se discuten en la **Sección 3.5**.

### 1.3.6. Suelos

El lavado de vehículos en lugares no preparados puede provocar la contaminación difusa en suelos. Para evitar la contaminación del suelo, la instalación debe contar con un pavimento impermeable y una pendiente adecuada para eludir el escurrimiento del agua fuera de la instalación y recoger así la máxima cantidad de agua de lavado posible.

**Tabla 5.**

Composición de los lodos (1er decantador, estación de servicio; Enero 2013)

Parámetros	Métodos	Resultado	Desviación	Unidades
Características físicoquímicas				
<b>H. C. Totales</b>	MAD-E-PE-0015 H. C., olisigreixos	15,	±23 %	<b>g/Kg</b>
<b>Humedad</b>	GI / PO / FQT / 128 (Gravimetria)	63	±17 %	<b>%</b>
<b>Materia orgánica</b>	GI / PO / FQT (Gravimetria)	13	±7 %	<b>% m.s.</b>
<b>pH</b>	MAD-G-PE-0024 pH	7,8	±7 %	<b>U. pH.</b>
Metales				
<b>Antimonio</b>	MAD-E-P0132 Metales por ICP	19	±14 %	<b>µg/g</b>
<b>Arsénico</b>	MAD-E-P0132 Metales por ICP	<	±15 %	<b>µg/g</b>
<b>Cadmio</b>	MAD-E-P0132 Metales por ICP	<	±20 %	<b>µg/g</b>
<b>Cobre</b>	MAD-E-P0132 Metales por ICP	649	±20 %	<b>µg/g</b>
<b>Estaño</b>	MAD-E-P0132 Metales por ICP	130	±17 %	<b>µg/g</b>
<b>Mercurio</b>	EPA 7471	0,	-	<b>µg/g</b>
<b>Níquel</b>	MAD-E-P0132 Metales por ICP	24	±20 %	<b>µg/g</b>
<b>Plomo</b>	MAD-E-P0132 Metales por ICP	33,7	±20%	<b>µg/g</b>
<b>Selenio</b>	MAD-E-P0132 Metales por ICP	<	±19%	<b>µg/g</b>
<b>Talio</b>	MAD-E-P0132 Metales por ICP	<	±20%	<b>µg/g</b>
<b>Telurio</b>	MAD-E-P0132 Metales por ICP	3,0	±17%	<b>µg/g</b>
<b>Zinc</b>	<b>MAD-E-P0132 Metales por ICP</b>	<b>51</b>	<b>±20%</b>	<b>µg/g</b>

# Capítulo II .

## Marco Legal en Colombia.

# 2.1

### 2.1.1 Marcolegal

Teniendo en cuenta que las instalaciones de lavado de vehículos utilizan como recursos principales el agua y los productos de limpieza - que terminan finalmente en el agua-, en este apartado se analiza el marco normativo existente en Colombia. materia de gestión sostenible de agua y de productos químicos a escala nacional.

Si bien en Colombia no existe una reglamentación específica para este tipo de actividad, la recopilación normativa de esta sección puede ser susceptible de ser aplicada a la actividad de lavado de vehículos. Sin embargo, en el observatorio ambiental de Bogotá. La Secretaria de ambiente reseña unas [Normas que deben cumplir los lavaderos de vehiculos](#). (ya sea por el recurso agua o por los detergentes aplicados). La política ambiental al agua tiene como objetivo conseguir un uso sostenible de este recurso y, por ello, se han desarrollado tanto estrategias de gestión sostenible como normativa reguladora del uso, la tarificación, etc. Las legislaciones nacionales y regionales al respecto deberán ser coherentes con las especificaciones de estas Directivas.



Entre las directivas aprobadas destacan:

- **Resolución 0631 de 2015**. “Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”.
- **Decreto 1076 de 2015** “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”.

- **Resolución 00288 de 2012 “Por la cual se modifica la Resolución No 5589 de 2.011”.**

**Resolución 1514 de 2012.** “Por la cual adoptan los términos de referencia para la elaboración del plan de gestión del riesgo para el manejo de vertimientos”.

- **Resolución 00288 de 2012** “Por la cual se modifica la Resolución No 5589 de 2.011”.

**Resolución 1514 de 2012.** “Por la cual adoptan los términos de referencia para la elaboración del plan de gestión del riesgo para el manejo de vertimientos”.

• **Decreto 4728 de 2010** “Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010”.- “Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones”.la aplicación de los criterios definidos en el sistema y método definido en el artículo 96 de la Ley 633 para la liquidación de la tarifa”.

• **Resolución 3956 de 2009** “Por la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados al recurso hídrico en el Distrito Capital”.

• **Ley 99 de 1993** “Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones”.Parágrafo 2°. Los análisis de las muestras deberán ser realizados por laboratorios acreditados por el IDEAM, de conformidad con lo dispuesto en el Decreto 1600 de 1994.o la norma que lo modifique, adicione o sustituya. El muestreo representativo se deberá realizar de acuerdo con el Protocolo para el Monitoreo de los vertimientos en aguas superficiales, subterráneas.

**Decreto 2811 de 1974** “Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente”. Directiva sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas

- En la mayoría de los casos las autoridades de control ambiental local y regional basadas en estas disposiciones ejercen visitas de verificación de cumplimiento. Que en muchos casos (mas del 25%) derivan en elevadas sanciones, multas, clausuras de operaciones de empresas de lavado. En tales casos como consecuencia de la información técnica disponible por parte de la autoridad ambiental y/o con el informe suministrado por el prestador del servicio de alcantarillado, la autoridad evidencia que el suscriptor no está cumpliendo con la norma de calidad del vertimiento al alcantarillado público, por lo que impulsa un proceso administrativo sancionatorio ambiental conforme a lo dispuesto en la ley 1333 de 2009.

[La ley 1333 del 21 de julio de 2009](#) establece el procedimiento sancionatorio ambiental y la Titularidad de la potestad sancionatoria en materia Ambiental para imponer y ejecutar las medidas preventivas y sancionatorias que necesita el país. Y la [Resolucion 2086 del 25 Oct 2010](#) describe la Metodología de tasación de multas [el Decreto 3678 del 04 Oct 2010](#) describe criterios de imposición de sanciones .

Teniendo en cuenta que, si los vertimientos de un establecimiento de lavado de vehículos y/o industria se efectúan al alcantarillado, ya no es sujeto de permiso de vertimientos, no obstante, debe dar cumplimiento en todo momento a la resolución 631/2015 y/o a la normatividad vigente.. Por lo que en resumidas debe cumplir Normas de calidad del agua contaminada.



Registro unico de infractores ambientales [Resolucion 415 del 01 Mayo 2010](#) consulta en línea con [listado de infractores RUJA](#) en el ANLA

## 2.2

## Normas extranjeras y etiquetas ecológicas

En esta sección se recogen normativas referentes específicamente a la actividad de lavado de vehículos y que contienen sobre todo reglamentaciones o indicaciones referentes al agua. Es una recopilación indicativa y no exhaustiva, con la finalidad de servir de ejemplo de políticas y buenas prácticas en este sector.

En Europa destacamos los Países Bajos, Alemania, Austria y Escandinavia. En España se ha hecho una implementación detallada de la Directiva 2010/75/EU relativa a las emisiones industriales (IPPC), modificando el VLAREM relativa a la adopción de licencias ambientales de actividades. En concreto, en el apéndice del VLAREM I, se encuentra la clasificación de los establecimientos (según categorías y clases), la cual incluye específicamente las instalaciones de lavado de automóviles y camiones, la clase de las que depende del número de vehículos lavados y del volumen de agua utilizado. Y en el VLAREM II, en el Artículo 5.15.0.9 hace referencia al consumo de agua indicando:

**1. Los lavados automáticos de camiones y/o buses con un consumo bruto de agua de más de 1500 m<sup>3</sup>/año deben ir equipados con un sistema de reciclaje que permita al menos recuperar el 70 % del agua para volverla a utilizar. En un lavado automático de vehículos (túnel o puente de lavado) con un consumo superior a 1.500 m<sup>3</sup>/año, es necesario equipar la instalación con un sistema de purificación o reciclaje que minimice el uso de agua de red, limitado a un máximo de 80 L por vehículo.**

**En la medida de lo posible, se debe utilizar agua de lluvia como agua fresca para el lavado.**

El artículo 5.15.0.10. hace referencia a las instalaciones para el agua residual: *“las aguas residuales, antes de ser vertidas, recogidas y transportadas, deben pasar por un sistema de sedimentación y separación de hidrocarburos. Si son vertidas al medio, además, necesitan un filtro coalescente. Los sedimentadores y separadores de hidrocarburos se deben limpiar tantas veces como sea necesario. Los lodos se deben llevar a un gestor autorizado. El operador debe inspeccionar cada 3 meses el separador con esta finalidad”*.

En cuanto a los vertidos, también hay unos límites y unos requerimientos específicos en función del punto de vertido.

En Austria hay un estándar para los sistemas de reutilización de aguas usadas en la industria del lavado de vehículos (ÖNORM, 2004). Esta establece una tasa de reciclaje de al menos el 80%.

En distintos países europeos existen etiquetas ecológicas para instalaciones de lavado de vehículos. Por ejemplo, en los Países Bajos (Stichting Eco, 2001), Escandinavia (Nordic Ecolabeling, 2000) y Alemania (Blauer Engel, 2000). Los criterios de la etiqueta ecológica se refieren en parte a la utilización de agua. Por ejemplo, la etiqueta ecológica alemana supone una tasa de reciclaje de al menos el 80% (Blue Angel, 2000). Las etiquetas ecológicas holandesa y escandinava implican como criterio un consumo de agua fresca máximo en lavados automáticos de automóviles de 60-70 litros por lavado. Para los auto-lavados de vehículos, la etiqueta ecológica holandesa establece un máximo de agua de 7 litros por minuto. Algunas de estas etiquetas, además del consumo de agua,

tienen en cuenta los sistemas de etiquetado ecológico de productos y el consumo de energía.

Estos sellos y etiquetas no son una obligación general para el sector, y sólo un número limitado de instalaciones la tienen, lo que implica que cumplen plenamente con todos los requisitos establecidos. En los Países Bajos, por ejemplo, en 2002 había alrededor de 40 instalaciones de lavado que la tenían (Huybrechts et al., 2002). Según Boussou et al. (2008), alrededor del 15% de lavados de vehículos en Bélgica ya reutilizan un 55% de las aguas residuales a través de técnicas tradicionales. En los Países Escandinavos, en septiembre de 2013, había 67 instalaciones con la etiqueta ecológica (Nordic Ecolabelling, 2013), la mayoría localizadas en Suecia y Dinamarca. Finlandia tiene dos y Noruega ninguna. Esta diferencia entre países nórdicos se debe principalmente a las distintas actitudes de las autoridades y consumidores. No ruego, por ejemplo, tiene poco interés en invertir en tratamiento del agua para su reutilización, ya que las autoridades no lo requieren. En cambio, muchas municipalidades en Suecia han introducido normas más estrictas que las propias autoridades nacionales, lo que se refleja en una mayor inversión en módulos de reciclaje de agua.

Han adoptado también regulaciones específicas algunos estados de EEUU y Australia. Por ejemplo,

en Queensland (Australia) se limita el agua de red a un máximo de 70 L por vehículo (QWC, 2008a, b). En EE.UU., la ICA (International Carwash Association) ha promovido el programa WaterSavers. Es un sello para los túneles y puentes de lavado que utilizan un máximo de 40 galones (151 L) de agua potable/fresca de media por lavado, y para los autolavados establece el uso de hidrolavadoras a presión que utilicen menos de 3 galones (11,4 L) por minuto, entre otros compromisos.

La Tabla 6 ofrece una colección de literatura referente a medidas específicas de ahorro de agua para la actividad de lavado de vehículos en distintos países y localidades.

En referencia a la normativa internacional relacionada con la reutilización de las aguas, la Guía de aplicación del R.D. 1620/2007 por la que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas, en su Anexo 2 hace también una recopilación extensa de normativa en relación a la reutilización (según diferentes tipos de actividad).



**Tabla 6.**

Recopilación de medidas específicas de ahorro de agua en el extranjero

Referencia	Lugar	Sistema de reciclaje	Volúmenes	Legislación
<b>Zanetti et al. 2011</b>	Brasil (estudio)	FCF Filtro de arena	Se consigue: 70 % agua recuperada 40L	<b>No</b>
<b>QWC 2008a QWC</b>	Queensland, Australia		70L agua red / lavado (en función del tipo)	<b>Sí (restricciones)</b>
<b>Boussou et al. 2007</b>	Bélgica		55 % agua recuperada.	<b>Sí</b>
<b>Boussou et al. 2008</b>			un futuro se exigirá el 70 % para obtener licencia ambiental	<b>VLAREM I</b> <b>VLAREM II</b>
<b>Brown 2002 (ICA)</b>	Orlando, Phoenix, Boston		De 9 a 82 % de agua recuperada	<b>Sí (EPA, según cada)</b>
<b>Boussou et al.</b>	Alemania		Mínimo 80 % de agua recuperada	<b>Sí - norma</b>
<b>Boussou et al. 2007</b>	Bélgica	Nanofiltración (novedad) Ciclón, filtro laminar y filtro de		<b>Sí</b>
<b>Boussou et al.</b>	Países Bajos		Máx. 60-70 L de agua de red por	<b>Sí - norma</b>
<b>ICA, programa WaterSavers</b>	<b>USA</b>		<b>40 galones agua potable por lavado (=151 L)</b> <b>3 galones agua potable/ mín. (en</b>	

## 3.1

## Capítulo III.

### Buenas prácticas y tecnologías Verdesostenibles en el sector del lavado de Vehículos

Las Buenas Prácticas (BP) están encaminadas principalmente a definir criterios correctos de diseño y procedimiento, elaborar herramientas de autocontrol y promover formas adecuadas de trabajo (AEAS, 2011).

En el contexto de la actividad de lavado de vehículos proponemos medidas y buenas prácticas especialmente pensadas para minimizar los impactos de la actividad. Las más importantes se centran en minimizar el consumo de agua de red sin comprometer la limpieza del vehículo y disminuir el efluente de agua residual y su toxicidad.

En los siguientes apartados de este capítulo se recogen medidas de ahorro de agua, de ahorro energético, de minimización de ruidos y de buena gestión en las instalaciones de lavado de vehículos

#### Medidas de ahorro de agua

##### 3.1.1. Optimización del ciclo de lavado

La optimización del ciclo de lavado va encaminada a establecer medidas directas de ahorro de agua en el proceso de lavado, es decir, reducir el consumo bruto de agua (independientemente de que sea agua de red o de otra fuente). Es una medida de la que los proveedores de maquinaria no han sido muy partidarios, ya que una buena cantidad de agua obtiene mejores resultados de lavado, reduce el desgaste de

los cepillos, etc. La mayoría de proveedores, más que intentar reducir el consumo de agua, han hecho más esfuerzos en la reutilización (temática que se tratará en la Sección 3.3). Sin embargo, hay que destacar algunas intervenciones técnicas que pueden reducir el flujo de agua utilizado. Es importante observar que la mayor parte de estas modificaciones se deberán tener en cuenta en la fase de diseño e instalación de la maquinaria. Una vez comprada e instalada la maquinaria las posibilidades de optimizar su rendimiento sin una nueva e importante inversión son menores y limitadas. Los ajustes descritos a continuación suelen realizarse en el momento de la instalación; sin embargo, será necesario mantenimiento y monitorización por parte de los operarios y responsables de la instalación.

En cuanto a las posibles alternativas de reducción del consumo de agua mediante “parámetros operacionales” en las instalaciones de lavado de vehículos, destacamos las siguientes (Brown, 2002a; Brown, 2002c; Koeller, 2006; LEQUIA 2008):

- **Rociadores de flujo de baja presión:** a pesar de ser componentes pequeños, los rociadores que se encuentran en los diferentes arcos que conforman el túnel son muy importantes para una posible reducción del consumo de agua en el ciclo de lavado.

**Tabla 7.**

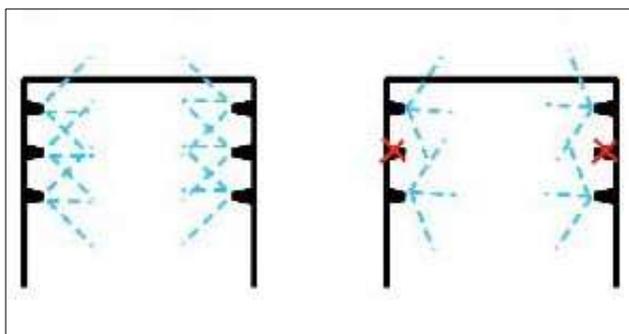
Relación entre el tamaño de los pulverizadores y los litros de agua por hora consumidos a diferentes presiones (adaptado de Brown, 2002a)

Diámetro interno del orificio	Presión (bar)						
	2,8	6,9	17,2	34,5	48,3	55,2	69,0
<b>0,018</b>	11,4	18,2	27,3	36,3	45,4	51,1	56,8
<b>0,021</b>	15,2	25,0	36,3	54,5	63,6	68,1	75,0
<b>0,026</b>	22,7	36,3	56,8	79,5	90,9	96,5	113,6
<b>0,034</b>	45,4	72,7	113,6	161,3	181,7	202,1	227,1
<b>0,043</b>	68,1	106,8	170,3	249,3	283,9	306,6	340,7
<b>0,052</b>	90,9	120,4	227,1	318,0	386,1	408,8	454,2
<b>0,057</b>	129,5	179,4	295,2	408,8	477,0	499,7	567,8
<b>0,062</b>	136,3	215,8	340,7	477,0	567,8	613,2	618,4

Con el fin de que los rociadores tengan el menor consumo posible, pero que, al mismo tiempo ofrezcan una limpieza de calidad, se recomienda que éstos sean de flujo a baja presión. En la **Tabla 7** se muestra una relación del consumo de agua y los rociadores según su tamaño y la presión a la que están sometidos. Para asegurar que no sea un consumo innecesario, hay que verificar que la instalación se mantenga en estos valores de presión y que, a su vez, tenga una presión mínima que asegure un buen acabado.

Así pues, la aplicación de la presión adecuada y la reducción del tamaño de los rociadores permiten el ahorro de agua. La práctica estima que el ahorro debido a este parámetro puede estar alrededor de un 40% (Brown, 2002a).

- **Hidrolavadoras de alta presión de consumo más bajo:** especialmente en las instalaciones de autolavado de deben utilizar hidrolavadoras de alta presión más modernas, que aseguren un consumo más bajo (o el requerido a la licencia y/o normativa, en caso de que exista).
- **Revisión regular de la alineación y ángulo de rociado de los pulverizadores:** hay que garantizar el número y distribución adecuado de rociadores en los diferentes arcos de lavado. Según la fase de lavado del arco, contará con más o menos rociadores y con una distribución determinada para asegurar una buena limpieza. Para la limpieza, los rociadores disparan agua a presión sobre la carrocería con un cierto grado de dispersión. Una medida para reducir el consumo de agua será aumentar este grado de dispersión. De esta forma se podría prescindir de algunos rociadores y limpiar la misma superficie de carrocería o incluso incrementarla (ver Figura 2).

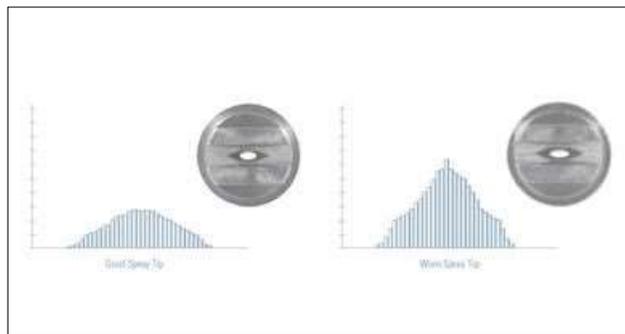


**Figura 2.** A la izquierda, esquema del arco de espuma activa con tres rociadores en funcionamiento en cada lateral; a la derecha, esquema del mismo arco con el rociador central eliminado y los rociadores activos con un mayor ángulo de dispersión (LEQUIA, 2008).

**Asegurar un buen mantenimiento de los rociadores y reemplazarlos con regularidad para asegurar la máxima eficiencia en el uso del agua:** si los rociadores están en buen estado, el túnel de lavado funciona eficientemente (el agua y los productos utilizados son aplicados de forma correcta con un consumo eficiente). Con el tiempo, los rociadores se desgastan provocando un aumento de su orificio elíptico (ver **Figura 3**; es difícil verlo a simple vista, pero los datos de consumos indicarán un desgaste). Si el tamaño del orificio es mayor, el consumo de agua también lo será. Cuando mayor es el orificio elíptico, menos agua sale por el interior y más agua se desperdicia saliendo por la periferia de los rociadores. Se demuestra así la importancia de hacer un buen mantenimiento (es decir, observar regularmente el flujo de agua, la distribución y dispersión que produce, la gota que sale, etc.) y de sustituirlos si es necesario. Se aconseja sustituir los rociadores de plástico o latón, que se erosionan más fácilmente, por rociadores de acero inoxidable o cerámica (ver **Tabla 8** para más información sobre la resistencia de varios materiales utilizados por los rociadores).

Así pues, la aplicación de la presión adecuada y la reducción del tamaño de los rociadores permiten el ahorro de agua. La literatura estima que el ahorro debido a este parámetro puede estar alrededor de un 40% (Brown, 2002a).

- **Programar el tiempo de los arcos del túnel:** los arcos deben actuar con precisión y de forma correcta, de manera que, cuando el vehículo entre, se activen y cuando salga, se paren. La mayoría de arcos modernos ya van equipados con sensores de movimiento que detectan la llegada del vehículo (es el caso



**Figura 3.** El rociador de la izquierda es nuevo y distribuye correctamente. El rociador de la derecha está gastado y distribuye un 30 % por encima de su capacidad (Barber, 2009)

de los arcos de espuma activa, ceras, aclarado). Sin embargo, los arcos de los cepillos deben empezar a funcionar antes de que el vehículo llegue, para evitar impactos, raspaduras, etc. Si bien el movimiento de los arcos debe empezar con suficiente anterioridad, se puede ajustar el tiempo de mojado retrasándolo un poco y sin comprometer la calidad del lavado.

En túneles de lavado, otra medida puede ser el incremento de la velocidad de la cadena, de forma que el vehículo se limpiará en menos minutos lo que supone que los arcos de lavado estarán funcionando menos tiempo. Pero no es una opción muy aconsejable ya que se podría ver reducida la calidad del lavado (sobre todo el acabado).

• **Revisión regular y reparación de las fugas de agua que se detecten:** es muy importante realizar una inspección regular para detectar fugas en los diferentes elementos del sistema y poderlas arreglar de inmediato.

### 3.1.2.



## Uso del desperdicio de agua osmotizada

En la producción de agua osmotizada para el aclarado final se crea una corriente de agua residual (salmuera) que incluye las sales provenientes de la ósmosis inversa. En función de la calidad de esta agua, se podría volver a reutilizar en una fase de prelavado (especialmente la que proviene de las membranas de ósmosis y no la de la descalcificación y decoloración, procesos necesarios previos a la fase de ósmosis inversa). En cualquier caso, si la instalación tiene un sistema de reciclaje, el rechazo del agua osmotizada se puede retornar a este ciclo, incrementando así el volumen de agua a reciclar y disminuyendo el volumen de agua de vertido.

### 3.1.3. Recogida y uso del agua de lluvia

Para ahorrar agua fresca (de la red o de pozos), se puede hacer uso del agua de lluvia, proveniente de los tejados de la instalación de lavado y/o de edificios adyacentes. El agua de lluvia es útil especialmente en las fases de lavado. Puede contener sólidos en suspensión procedentes de la superficie de los tejados, y por ello es necesario que haya un filtro en la entrada del depósito para retenerlos.

Para más información sobre el uso del agua de lluvia consulte la **Ficha 15**. Vista imágenes sistemas de captación y almacenamiento verdesostenibles



**Tabla 8.**

Valores aproximados de resistencia a la abrasión (Barber, 2009)

Material de los rociadores	Valor de resistencia
Aluminio	1
Latón	1
Polipropileno	1-2
Acero	1.5-2
Monel®	2-3
Acer inoxidable	4-6
Hastelloy®	4-6
Acero inoxidable endurecido	10-15
Stellite®	10-15
Carburo de silicio	90-130
Cerámica	90-200
Carburos	180-250
Rubí o zafiro sintético	600-2000

### 3.1.4. Reciclaje del agua residual

Tal como se ha comentado en el **Capítulo II**, no existe en Colombia, en el momento de redacción de la Guía, una normativa específica para el reciclaje en las instalaciones de lavado de vehículos. Nos basaremos, pues, en las definiciones establecidas en la Normativa de reuso y vertimiento colombianas, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas, para diferenciar entre reciclaje y reutilización:

**Aguas reutilizadas:** aguas residuales que se han sometido a un proceso o procesos de depuración establecidos en la correspondiente autorización de vertido o para conseguir la calidad requerida en función del nuevo uso privativo al que se quiere destinar.

**Aguas recicladas:** aguas residuales que se han depurado y tratado convenientemente para volver a utilizar en el mismo uso del que provienen. Es el concepto utilizado por el agua residual proveniente del lavado de vehículos recuperada para volverla a utilizar en un nuevo ciclo de lavado.

En algunos países, se entiende **por reciclaje** un uso en aplicaciones de más baja calidad (tratamiento mínimo), mientras que **reutilización** implica tratamientos más avanzados para usos de mayor calidad, independientemente de que sean en la misma actividad de la que proviene el agua recuperada. En esta Guía entenderemos que reciclaje es el mismo uso del que proviene, y reutilización para un nuevo uso (no siendo el caso aquí estudiado).

El agua de lavado se debe tratar de forma adecuada para que pueda volver a ser útil, con un mínimo de condiciones. Por ejemplo, según Peyser de 2001, es recomendable tener en cuenta las siguientes condiciones:

- ✓ Eliminación de arena (puede dañar y obstruir la maquinaria);
- ✓ Sólidos en suspensión <5 mg / L (deposición y obstrucción del sistema);
- ✓ Limitación de la concentración de aniones (Cl, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) (corrosión);
- ✓ Limitación de la dureza (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>) <2,5 ° F (25 mg CaCO<sub>3</sub> / L) (precipitación);
- ✓ Limitación de cationes (Fe<sup>3+</sup>, Al<sup>3+</sup>) (depósito de color);
- ✓ Limitación DQO/DBO (crecimiento de bacterias y de olor);
- ✓ Limitación de la turbidez, o claridad suficiente (percepción del cliente)

**Además, hay que tener en cuenta el riesgo sanitario. mencionado anteriormente, en su Anexo I.**

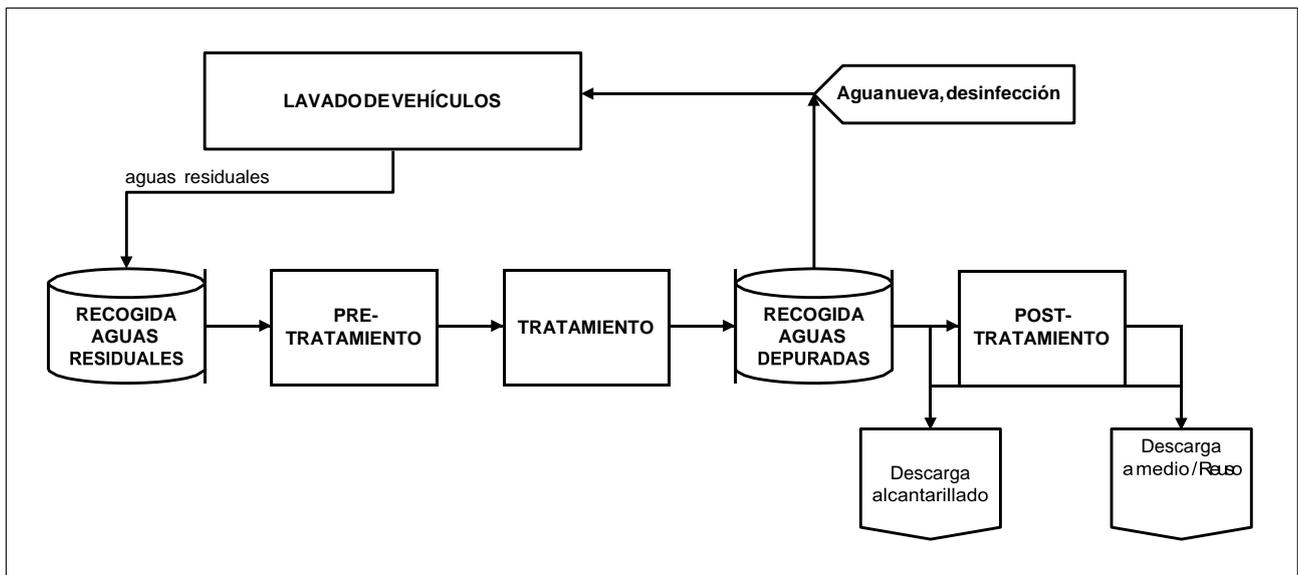
**A. A sobre criterios de calidad para la reutilización de las aguas según sus usos y según uso 1. Usos urbanos, calidad 1.2. Servicios d) lavado industrial de vehículos, establece los siguientes valores máximos admisibles:**

- Nematodos intestinales: 1 huevo / 10 L (considerar en todos los grupos de calidad al menos los géneros *Ancylostoma*, *Trichuris* y *Ascaris*)
- *Escherichia coli*: 200 UFC / 100 mL
- Sólidos en suspensión: 20 mg / L
- Turbidez: 10 UNT
- *Legionella* spp.: 100 UFC / L

En la **Sección 3.2.** se describirá el proceso general de depuración del agua de lavado para su vertido, mientras que en la **Sección 3.3.** se analizarán diferentes técnicas para su reciclaje. La **Figura 4** muestra un esquema del circuito general de una instalación de lavado de vehículos con reciclaje. En general, el proceso de reciclaje de aguas residuales de un lavado de vehículos incluye la recogida del agua residual, un pretratamiento, un proceso de depuración y, finalmente, una desinfección o adición de agua nueva antes de ser aplicado a un nuevo ciclo de lavado. El agua que no entra en el circuito de reciclaje puede ser vertida al sistema de alcantarillado o al medio (si es la última opción puede hacer falta un tratamiento mayor del agua a verter).



Vista equipos compactos **HIDROCLEAR Carwash** – diseñados para operar en RECICLAJE – REUSO – TRATAMIENTO según condiciones y necesidades de cada lavadero – tamaño lit/día



**Figura 4.** Diagrama del circuito general de la reutilización del agua del lavado de vehículos (adaptado de Huybrechts et al. 2002)

# 3.2

## Tratamiento del agua residual del lavado para su vertido

Los operadores de lavado de vehículos deberán aplicar el tratamiento adecuado al agua para cumplir con los estándares de vertido (ya sean a alcantarillado o al medio).

En general, cualquier instalación de lavado de vehículos que esté conectada a un sistema de alcantarillado deberá realizar un pretratamiento de sus aguas para obtener la calidad requerida [Resolución 0631 de 2015](#). “Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”. por el que se aprueba el reglamento de los servicios públicos de saneamiento, y estos estarán contenidos en los respectivos permisos de vertido). Esto implica, normalmente, un sistema de decantación y un separador de hidrocarburos. Estos elementos deben estar dimensionados al volumen de agua generada. Si la instalación vierte a un medio receptor (cauce del río, costa) los estándares son más restrictivos y será necesario un tratamiento adicional de depuración del agua para conseguirlos (depuración biológica). En este caso, la autorización también establece los niveles límites de vertido, según la normativa vigente de rango superior

MINAMBIENTE

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

RESOLUCIÓN No. **0631**

(17 MAR 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”

EL MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

En uso de sus facultades legales y en especial las conferidas por el numeral 25 del artículo 5 de la Ley 99 de 1993 y el artículo 26 del Decreto 3930 de 2010 modificado por el artículo 1 del Decreto 4728 de 2010 y.

**CONSIDERANDO:**

Que el artículo 49 de la Constitución Política establece que el saneamiento ambiental es un servicio público a cargo del Estado.

Que los artículos 79 y 80 de la Constitución Política establecen como obligación del Estado, proteger la diversidad e integridad del ambiente; fomentar la educación ambiental; prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental; imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Que de acuerdo con el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010, modificado por el artículo 1 del Decreto 4728 de 2010, corresponde al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, fijar los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deberán cumplir los vertimientos puntuales a las aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

Que el artículo 5 de la Ley 99 de 1993 establece que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible tiene entre sus funciones, regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente y dictar regulaciones de carácter general tendientes a controlar y reducir la contaminación hídrica en todo el territorio nacional (numerales 2 y 11).

En mérito de lo expuesto,

**RESUELVE:**

**CAPÍTULO I**  
**DISPOSICIONES GENERALES**

**ARTÍCULO 1. Objeto y Ámbito de Aplicación.** La presente Resolución establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deberán cumplir quienes

R

7 MAR 2015 0631 0612015

# 3.3

## Tratamiento del agua residual del lavado para su reciclaje

En esta sección se presentan diferentes tecnologías que pueden hacer posible el reciclaje del agua proveniente del lavado de vehículos, es decir, recuperarla para un nuevo ciclo de lavado.

El tratamiento de las aguas residuales se produce gracias a la combinación de varios procesos que pueden ser físicos, químicos y/o biológicos. El diseño de cada una de estas operaciones depende del tipo de agua a tratar, de sus características, del volumen y de la calidad del efluente. El estudio detallado y específico de cada caso sobre la viabilidad técnica y económica de la tecnología determinará su adecuación a cada instalación.

En la **Tabla 9** se muestra un resumen de sistemas utilizados en el tratamiento del agua residual en función del contaminante que se quiere eliminar. Las operaciones más utilizadas se describirán en los apartados posteriores y en las fichas del **Anexo I**.

### 3.3.1. Tecnologías de pretratamiento

En el pretratamiento del agua de lavado se distingue entre la eliminación de los sólidos más gruesos que pueden sedimentar, tales como arenas y limos, y las partes flotantes, tales como grasas, aceites e hidrocarburos (gasolina). Para la eliminación de arenas y limos se suelen utilizar decantadores (clarificadores del agua) o hidrociclones y centrífugas (es un sistema de separación mecánica que requerirá energía, con lo que no es tan utilizada). Para aumentar la eficiencia de separación se puede utilizar algún tipo de agente químico (coagulantes y/o floculantes, aunque generalmente la separación de los sólidos más gruesos es posible por gravedad, es decir, de forma natural). Para la eliminación de aceites, grasas e hidrocarburos se utilizan trampas de aceite y grasa o separadores de hidrocarburos.

Tal como se ha descrito en la Sección 1.3.4, los lodos y aceites separados y acumulados habrá que tratarlos de forma conveniente y con la frecuencia requerida, a través de un gestor autorizado. Estas tecnologías se describen en las Fichas 1, 2, 3, y 5 del Anexo I.

### 3.3.2. Tecnologías de depuración

Después de la fase de pretratamiento, es decir, de la eliminación de las partes sedimentables y de los aceites y grasas, se puede pasar a una fase de depuración de los componentes más solubles del agua del lavado, la materia orgánica, los nutrientes, metales, etc.

Para la depuración se pueden aplicar diferentes técnicas como:

- ✓ Tratamiento fisicoquímico (**Ficha 3**)
- ✓ Electroflotación (**Ficha 4**)
- ✓ Tratamiento biológico (**Ficha 6**)
- ✓ Ozonización (**Ficha 13**)
- ✓ Filtración con arena (**Ficha 7**)
- ✓ Ultrafiltración (**Ficha 10**)

Todas estas tecnologías se encuentran brevemente descritas en el **Anexo I** en las correspondientes fichas.

### 3.3.3. Control de olores

Los problemas de olores pueden aparecer sobre todo en verano, cuando la temperatura es más alta. A temperaturas más altas, la actividad microbiana puede aumentar rápidamente y generar malos olores. Para evitarlo, es necesario o bien mantener condiciones aeróbicas a través de ventilación (aireación) o prevenir el crecimiento de bacterias mediante el

tratamiento con ozono u otros agentes químicos (peróxido de hidrógeno o cloro). Esta última opción, además de combatir los malos olores, asegura la desinfección (ver **Sección 3.3.4**).

Las técnicas para el control del olor se discuten en las especificaciones técnicas junto con las medidas de desinfección, ya que el control del olor en la mayoría de los casos se consigue también, aparte de aireación o ventilación, con una buena desinfección ya sea con ozono, tratamiento químico o cloración (ver **Fichas 13, 3 y 12**, respectivamente).

Otra forma indirecta de controlar los olores es a través de productos perfumados en el agua, o junto con los detergentes. Pero si se puede evitar, mejor, ya que

los agentes perfumados suelen añadir toxicidad al agua.

### 3.3.4. Desinfección

Como se ha comentado anteriormente, la desinfección evita tanto la proliferación de bacterias como la generación de malos olores. Evitar la proliferación de patógenos es un aspecto muy importante cuando se recicla agua en los lavados de vehículos, ya que hay que evitar el riesgo para la salud tanto de los trabajadores como de los clientes.

En las instalaciones de lavado de vehículos el agua se

**Tabla 9**

Operaciones unitarias utilizadas en el tratamiento de aguas residuales (adaptado de Balaguer et al., 2007)

Contaminante	Operación unitaria o sistema de tratamiento
<b>Sólidos en suspensión</b>	Sedimentación Flotación Coagulación-floculación y sedimentación Filtración Centrífuga Hidrociclón
<b>Grasas, aceites e hidrocarburos</b>	Trampas de aceite y grasas Separador de hidrocarburos
<b>Materia orgánica biodegradable</b>	Tratamiento biológico Sistemas fisicoquímicos
<b>Materia orgánica refractaria</b>	Adsorción en carbón activo Oxidación química
<b>Nitrógeno</b>	Eliminación biológica por nitrificación y desnitrificación Eliminación de amoníaco por extracción de volátiles (stripping) Intercambio iónico
<b>Fósforo</b>	Precipitación química con: <i>cloruro férrico</i> <i>sulfato de aluminio</i> <i>cal</i> Eliminación biológica
<b>Metales pesados</b>	Precipitación química Intercambio iónico
<b>Aniones inorgánicos</b>	Intercambio iónico Osmosis inversa Electrodialisis
<b>Patógenos</b>	Oxidación química por: <i>Cloración</i> <i>Hipocloración</i> <i>Ozonización</i> Desinfección térmica Desinfección con UV

pulveriza y puede generar aerosoles. por el que se establecen los criterios higiénico sanitarios para la prevención y control de la legionelosis, y concretamente están catalogadas como una instalación de “*menor probabilidad de proliferación y dispersión de legionela*”.

Si el agua se mantiene en constante circulación y a temperatura ambiente, se evita en gran medida que se creen las condiciones en las que se puede desarrollar la legionela. Para reducir aún más este riesgo, la fase final del proceso de recuperación o reciclaje del agua de lavado será una desinfección, que se puede llevar a cabo utilizando diferentes técnicas:

- Desinfección mediante tratamiento con ozono (**Ficha 13**)
- Desinfección a base de cloro (**Ficha 12**)
- Desinfección UV (**Ficha 14**)

Las fichas correspondientes se encuentran en el **Anexo I** de este manual.

# 3.4

## Medidas de ahorro energético

En las instalaciones de lavado de vehículos se pueden aplicar medidas para disminuir o limitar el consumo de energía en los procesos que consumen más (ver **Sección 1.3.5**):

- Generación de agua caliente (sobre todo en autolavados o en fases de prelavado de camiones y autobuses en puentes de lavado)
- Secado (en túneles de lavado)

Las posibilidades de ahorrar energía se darán en estas dos etapas.

- **Reducción del consumo de agua caliente:** muchos lavados ya han optado por no utilizar agua caliente. Sin embargo, en prelavado de vehículos industriales o en autolavados todavía se utiliza para ofrecer un servicio de mayor calidad. Para reducir el consumo se puede prolongar el tiempo de contacto de los reactivos o aumentar la intensidad de la acción de estos (productos más activos). Estas medidas consiguen reducir el consumo de agua caliente, pero se incrementa un poco el tiempo de lavado (tiempo de remojo) y si el detergente es demasiado activo puede ser más agresivo para el vehículo, las personas o el medio ambiente (porque a menudo son menos biodegradables).
- **Ahorro de energía en el proceso de secado:** la capacidad instalada en el secado suele ser de media unos 32 kW (Huybrechts et al. 2002). Suponiendo que el tiempo de secado de un coche es de aproximadamente 1 minuto, significa que para secar un turismo se están gastando  $32 \text{ kW} \times 1 \text{ min} = 0,5 \text{ kWh}$  / vehículo. Cualquier medida que conduzca a una reducción del consumo de energía en esta etapa del proceso de lavado es significativa. Entre las medidas que se pueden tomar se encuentran:

- **Sistemas eficientes en la orientación del soplado.** Para reducir el consumo de energía en el secado es importante que los sistemas de soplado estén optimizados en cuanto a la dirección de los flujos de aire. Se trata de un soplado de contorno, de modo que los agujeros de soplado siguen el contorno del vehículo y no se pierde aire hacia otras partes.
- **No secar** (Huybrechts et al, 2002). Si no hay ventiladores de secado en la instalación, el vehículo se puede secar al aire libre durante el trayecto inmediatamente posterior al lavado (el viento soplará las gotas de agua). Sin embargo, el resultado no siempre puede ser bueno. El viento soplará las gotitas de agua pero persisten las nubes de polvo durante el viaje en la superficie mojada. También existe la opción de secarlo de forma manual, con coste adicional de personal, o de utilizar agua osmotizada en el enjuague, para evitar que cuando se seque al aire libre queden manchas.

También hay una serie de pasos de eficiencia energética aplicables a los procesos que consumen menos energía. Esto puede incluir, entre otras, las siguientes medidas:

- Adecuar las potencias de los motores y equipos de bombeo.
- Preferiblemente, si es posible, lavar con cepillos en vez de usar sólo sistemas de alta presión —lavado sin contacto— que requieren de equipos de alta presión con un coste energético más elevado.

# 3.5

## Medidas de minimización de ruidos

Se pueden aplicar varias medidas para minimizar ruidos, especialmente cuando la instalación de lavado se encuentra dentro de poblaciones, estaciones de servicio urbanas, centros comerciales, zonas turísticas, etc. A continuación se enumeran las más relevantes.

- **Intervenciones en el edificio de lavado y sus alrededores.** Estas intervenciones pueden incluir:

- Cierre de túneles y puentes de lavado con una puerta automática que aisle el túnel o puente del exterior. Esto no es posible en autolavados, ya que habitualmente están en el exterior y cerrarlos supondría un coste demasiado elevado.
- Insonorización de las paredes del túnel de lavado, especialmente en la zona del secado, donde se produce el mayor ruido.
- Orientación del lavado, cuidando especialmente que la parte de secado o de limpieza a alta presión quede lo más lejos posible de cualquier vecino.

- **Intervenciones en el equipo utilizado.** Son medidas en el ámbito de la maquinaria y equipamientos, que pueden incluir:

- Reducción de la presión en las lanzas de autolavado.
- Aumento del diámetro del rociador o boquilla (teniendo en cuenta se incrementará el consumo bruto de agua).
- Sustitución de los aspiradores con motores monofásicos a motores trifásicos.
- Sustitución de los sacudidores (limpiadores de alfombras) con una rejilla y una parte posterior curvada por otros con dos parrillas, dispuestas en forma de V invertida, sin parte posterior, ya que ésta actúa de caja de resonancia.
- Colocación de un muro o pared de aislamiento acústico, que puede ser una pantalla verde y será a la vez atractiva visualmente.

**Concienciación pública.** Son medidas de sensibilización a fin de no causar ruidos innecesarios. Por ejemplo:

- Señales de advertencia al público (no tocar la bocina, bajar el volumen de la radio, etc.)
- Colocación de un medidor de nivel de sonido con alarma, con el fin de reducir el ruido de las bocinas, la radio, etc.
- Pedir que se pare el motor durante el lavado (esto es posible en autolavados y puentes de lavado, pero no en túneles donde el vehículo se deja en marcha y punto muerto).
- Limitación de horarios, que se traduce en una reducción de las horas de apertura, especialmente por la noche, para evitar ruidos.

# 3.6

## Medidas de buena gestión

Existen numerosas técnicas relacionadas con la mejora continua del comportamiento ambiental de una actividad. Todas ellas están relacionadas con las buenas prácticas en las áreas de diseño, construcción, funcionamiento y mantenimiento de una instalación por su eficiencia óptima. Tomando como ejemplo la certificación Nordic Ecolabelling, los requerimientos de buena gestión de una instalación de lavado de vehículos contemplan 6 áreas de atención: I. Diseño de la instalación, II. Consumo de agua; III. Tipos y manipulación de productos químicos, IV. Controles de emisión, V. Gestión de residuos, VI. Operación y mantenimiento.

En este apartado se hace hincapié en tres buenas prácticas de gestión en cualquier instalación de lavado de vehículos.

- Procedimientos de limpieza y diseño
- Operación y mantenimiento
- Plan de autocontrol de la legionela

### 3.6.1. Procedimientos de limpieza y diseño

El manual de procedimientos e instrucciones es una herramienta importante para dar un buen servicio y optimizar el proceso de lavado del vehículo. Cada tipo de instalación debe tener uno propio, adaptado a sus características y que contenga instrucciones de trabajo precisas. Las instalaciones que tienen la certificación de un sistema de gestión ambiental (SGA) ya dispondrán de este manual (según norma UNE-EN-ISO 14001: 2004 "Sistemas de gestión ambiental"). Sin embargo, hay algunos procedimientos y medidas válidas para cualquier tipo de instalación y vehículo (aparte de todos los ya mencionados anteriormente de reducción y ahorro de agua):

- La instalación de limpieza debe estar correctamente diseñada, con la pendiente necesaria para que el agua del lavado se recoja de forma correcta y por lo tanto, no se pierda por los alrededores y provoque problemas (inundaciones, olores, molestias a los vecinos, etc. ).
- Todas las operaciones de lavado deben ser efectuadas de forma que el agua residual se recoja hacia el sistema de tratamiento y no haya fugas ni derrames fuera de los sumideros de recogida.
- Se recomienda cerrar o acotar la zona de lavado con paredes para prevenir que el exceso de rociado y la suciedad atrapada salgan de esta área.
- El área de lavado debe estar alejada de la zona de almacenamiento de los productos de limpieza, para evitar escorrentía de productos químicos.
- Se debe avisar a los clientes de que no se puede verter ningún tipo de producto (pesticidas, líquidos del vehículo como aceites o líquido de frenos, detergentes, etc.), especialmente en las instalaciones de autolavado sin vigilancia.
- En estaciones de autoservicio, se recomienda señalar la zona de lavado de forma clara para ayudar tanto al operario como al cliente. De esta manera se evita lavar (ya sea prelavado, lavado o aclarado) fuera de la zona especialmente diseñada para ello, y se previene el vertido de aguas residuales en las aguas superficiales o en el suelo (ya sea de forma directa o a través de sumideros pluviales).
- No se debe permitir la entrada de agua de lluvia a los sumideros de agua residual, y se deben de recoger las aguas por separado.
- En la limpieza del suelo, se deben sustituir las lanzas a presión por cepillos, disminuyendo así el consumo de agua.
- Se debe hacer un buen uso y almacenamiento de los productos de limpieza. Se debe procurar que sean biodegradables, no corrosivos, y no se tienen que manipular en la zona de limpieza.
- En el proceso de limpieza, se debe tener en cuenta el posicionamiento del vehículo (tal como ya se ha indicado anteriormente); la aplicación del

detergente (utilizar la dosificación mínima correcta en cada fase de limpieza); el lavado manual con lanzas a presión (se deben dirigir de forma correcta y con la distancia adecuada respecto al vehículo); y el lavado automático (tener un buen control del sistema).

- Informar a los usuarios del ahorro de agua que supone lavar el coche en instalaciones eficientes. Anunciar los beneficios ambientales que se derivan de una gestión adecuada.

La medida del agua de consumo es un procedimiento necesario si se quieren establecer medidas de ahorro de agua y formar a los operarios para utilizarla, si no, no será posible evaluar las mejoras en la eficiencia del agua.

### 3.6.2. Operación y mantenimiento

Es muy importante que las instalaciones establezcan un manual y un programa de mantenimiento que incluya todos los equipos y tareas asociadas diarias, semanales, mensuales, bimensuales o anuales necesarias para el buen funcionamiento. El proveedor de los equipos y la maquinaria debe informar de todas las especificaciones de operación y mantenimiento necesarias, que deben tenerse en cuenta en el momento de redactar el manual. Es importante que se tengan en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Mantenimiento preventivo:** el programa de mantenimiento debe incluir las inspecciones regulares y las rutinas de todo el equipamiento, incluyendo tuberías, conexiones, bombas, tanques, etc. Esto ayudará a mantener el equipo y las estructuras en buenas condiciones, lo que es positivo tanto por la calidad del lavado como para evitar emisiones contaminantes en el agua.
- **Inspecciones visuales:** se deben hacer de forma regular in situ, asegurar que todas las buenas prácticas se están siguiendo, registrar cualquier observación y/o problema que requiera una medida correctiva (es decir, escorrentía fuera de la zona de lavado, olores, fugas, almacenamiento inadecuado de productos, etc.).
- **Libro de registro diario de operaciones de mantenimiento:** sirve para registrar todas las actividades de mantenimiento y las inspecciones visuales (se deben anotar junto con el día, la hora, las condiciones meteorológicas, las causas y problemas resultantes). Guardar todos estos registros in situ.
- **Formación de los operarios:** desarrollar un programa de formación que incluya manipulación de productos, uso de EPIS, conocimiento de buenas

prácticas, sistema de registro, etc. El objetivo del programa de formación es conseguir transferir a todo el personal las buenas prácticas de operación, seguridad, métodos de prevención de la contaminación, para crear concienciación de los problemas ambientales, de seguridad y de salud que pueden existir en las instalaciones de lavado.

### 3.6.3. Plan de autocontrol de la legionela

En las instalaciones de lavado se pulveriza agua y, por lo tanto, se producen aerosoles. Por este motivo, están contempladas en el artículo 2.h. “*Otros aparatos que acumulan agua y pueden producir aerosoles*” del Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico sanitarios para la prevención y control de la legionelosis y, concretamente, están catalogadas como una instalación de “*menor probabilidad de proliferación y dispersión de legionela*”.

La elaboración e implementación de un plan de autocontrol de legionela en las instalaciones de lavado de vehículos tiene que ser útil para poder llevar un control exhaustivo de todas las manipulaciones, análisis, limpiezas, etc. que afecten a la instalación y que permitan el buen funcionamiento y la detección de cualquier posible problema que tenga solución y que de otra manera no se podría percibir. Debe de ser una herramienta útil para las personas que llevan a cabo las tareas de mantenimiento, limpieza y desinfección de las instalaciones. Puede ser un plan integrado al plan de operaciones y mantenimiento de las instalaciones, siempre que considere todos los aspectos normativos en relación a la legionela.

La normativa de referencia donde se puede consultar qué debe contener un Plan de autocontrol y todas las cuestiones relacionadas con el tema es:

- RD 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- Decreto 352/2004, de 27 de julio, por el que se establecen las condiciones higiénico sanitarias para la prevención y el control de la legionelosis.

También es de referencia el capítulo 12 de la *Guía técnica para la prevención y control de la legionelosis en instalaciones de lavado de vehículos*. Cada instalación debe tener su plan de autocontrol. Si un lavado de vehículos tiene varias instalaciones independientes debe de haber un protocolo para cada una y debe quedar claramente identificada cuál es la instalación afectada.

**Documentos que debe contener el Plan de Autocontrol:**

- Identificación del edificio y/o actividad.
- Identificación del tipo de instalación.
- Identificación de la normativa de referencia en la que se basa la redacción del Plan de autocontrol.
- Esquema del funcionamiento hidráulico con identificación clara de la procedencia del agua.
- Memoria descriptiva de la instalación.
- Programa de mantenimiento y/o revisión: este programa debe contener una memoria descriptiva resumida de la instalación que tiene el edificio, y la descripción de las actuaciones de control y mantenimiento, detallando cada uno de los pasos del procedimiento. Se puede incluir, si se quiere: 1. El cuadro resumen de las medidas de prevención que hay que llevar a cabo contra la legionela y que define la normativa. 2. La identificación del responsable de las comprobaciones de cada una de las medidas de prevención establecidas. 3. El sistema de códigos para cada uno de los componentes.
- Programa de tratamiento del agua: este programa debe contener la descripción de los métodos, los productos y las dosis que se utilizarán para tratar el agua que circula por la instalación. También se describirán los parámetros de control y la periodicidad de los análisis.
- Programa de limpieza y desinfección preventiva de la instalación: este programa debe de contener la descripción de los procedimientos, los productos, las dosis y la periodicidad con que se realizará. Se debe adjuntar la documentación referente a los productos utilizados (fichas técnicas y hojas de seguridad).

**Registros del Plan de Autocontrol:**

Hay que tener un registro para cada una de las medidas de prevención de mantenimiento, limpieza y desinfección y de los controles analíticos y de mantenimiento que se realicen en la instalación. En los registros debe constar: los procedimientos de comprobación; el material que se debe utilizar; la frecuencia; el responsable; y el sistema de registro.

Los controles se organizan según el período en que se realizan (diario, semanal, mensual, trimestral, anual), según el tipo (por componentes de la instalación y por parámetros del agua de la instalación) y según el concepto (por criterio de revisión, de limpieza y desinfección o por criterio de análisis). Las **Tablas 10** y **11** muestran un resumen, a modo orientativo, de las medidas de prevención que hay que llevar a cabo en el control de la legionelosis en instalaciones de lavado de vehículos según la guía de aplicación.

En general, se revisará el estado de conservación y limpieza, con el fin de detectar la presencia de sedimentos, incrustaciones, productos de la corrosión, lodos, algas o cualquier otra circunstancia que altere o pueda alterar el buen funcionamiento de la instalación. Los parámetros que figuran en la **Tabla 11** se determinarán cuando existan depósitos de acumulación de agua de captación propia, agua reciclada o en aguas cuya calidad microbiológica no esté garantizada. Se deberá establecer con claridad y siguiendo la normativa el punto de toma de muestras y el protocolo indicado.

A continuación se describen una serie de buenas prácticas generales que pueden ayudar a tener un plan de autocontrol más efectivo:

- Identificar con un código cada uno de los componentes. Estos códigos pueden estar registrados en el esquema hidráulico y vale la pena tenerlos anotados con la descripción de cada componente; de esta manera resulta fácil realizar los registros de los mantenimientos y detectar posibles errores, tanto la identificación la lleva a cabo el interesado como una empresa a terceros.
- Tener componentes de repuesto desinfectados, guardados y precintados para que en un momento dado se puedan sustituir sin realizar una parada en la instalación. Un ejemplo es tener pulverizadores de los arcos de lavado de repuesto.
- Instalar un clorador automático que garantice el nivel mínimo de cloro.
- Tener una serie de instrumentos y materiales para llevar a cabo el control de los parámetros a registrar, como por ejemplo, los reactivos para realizar el control del nivel de cloro en el agua, los líquidos limpiadores, desincrustantes y desinfectantes, cepillos, guantes, mascarillas, botes de análisis para tomar muestras, etc. Es una buena práctica hacer una lista de todo el material necesario y buscar un lugar donde tener todo este material bajo custodia.
- Tener cuidado de las fechas de caducidad de los reactivos a utilizar, tener las fichas de seguridad de los productos y tener las medidas de seguridad y los equipos de trabajo adecuados.
- Organizar bien el sistema de registro de los controles a realizar. Puede ayudar a esta tarea la elaboración de una hoja de registro para cada parámetro donde quede clara cuál es la orden de trabajo, el material que se necesita para cumplir esta orden y las anotaciones que hay que realizar.

**Tabla 10.**  
Controles según la periodicidad de las revisiones

Elemento		Periodicidad
<b>Funcionamiento de la instalación:</b> realizar una revisión general del funcionamiento de la instalación, incluyendo todos los elementos, reparando o sustituyendo aquellos que sean defectuosos.		ANUAL
<b>Estado de conservación y limpieza de los depósitos:</b> debe comprobarse mediante inspección visual que no presentan suciedad general, corrosión o incrustaciones		SEMESTRAL
<b>Circuito de limpieza:</b> se controla regularmente el correcto funcionamiento del sistema y la ausencia de fugas en el circuito.		SEMESTRAL
<b>Rociadores:</b> debe comprobarse mediante inspección visual exterior que no presenten suciedad general, corrosión, o incrustaciones. La pulverización debe ser homogénea.		SEMESTRAL
<b>Lanzas de presión:</b> revisar que no se encuentran obstruidas. Limpiar o sustituir cuando sea necesario.		SEMESTRAL
<b>Equipos de tratamiento del agua:</b> comprobar su correcto funcionamiento	Equipos para la desinfección del agua	SEMANTAL
	Otros equipos	SEMESTRAL

**Tabla 11.**  
Parámetros de control de la calidad del agua

Parámetro	Método de análisis	Periodicidad
Recuento total de aerobios a la salida de un rociador en muestras rotatorias	Según norma ISO 6222. Calidad del agua. Enumeración de microorganismos cultivables. Recuento de colonias por siembra en medio de cultivo de agar nutritivo.	SEMESTRAL
<i>Legionellaspp</i>	Según norma ISO 11731 Parte 1. Calidad del agua. Detección y enumeración de legionela.	MÍNIMA ANUAL (Especificar periodicidad según evaluación del riesgo. En instalaciones próximas a edificios especialmente sensibles como hospitales, residencias de ancianos, balnearios, etc. la periodicidad mínima recomendada es semestral. Aproximadamente 15 días después de la realización de cualquier tipo de limpieza y desinfección)

**Tabla 12.**

Listado de medidas (Nuevas Tecnologías - NT; Buenas Prácticas - BP) para reducir el impacto en diversos aspectos ambientales de la actividad del lavado de vehículos

NOMBRE DE LA MEDIDA	TIPO	Consumo de agua	Consumo de energía	Emisiones atmosféricas	Aguas residuales	Generación de ruido	Suelo	Salud de las personas
<b>a. Optimización del ciclo de lavado:</b>								
1. Uso de rociadores con flujo de baja presión	NT							
2. Uso de Hydrolavadoras a presión de bajo consumo	NT							
3. Ajuste de la alineación y ángulo de rociado de los pulverizadores	BP							
4. Mantenimiento y recambio frecuente de los pulverizadores	BP							
5. Ajuste de la programación del tiempo en los diferentes arcos de lavado	BP							
<b>b. Rechazo agua osmotizada</b>								
7. Recuperación y utilización del rechazo del proceso de producción de agua osmotizada	BP							
<b>c. Agua de lluvia</b>								
8. Recogida y uso del agua de lluvia	NT							
<b>d. Reciclaje del agua residual</b>								
9. Instalación y uso de un sistema de pretratamiento para el vertido y/o reciclaje	NT							
10. Instalación y uso de un sistema de tratamiento para el vertido y/o reciclaje	NT							
11. Instalación y uso de sistemas de tratamiento avanzado (si es necesario)	NT							
12. Instalación y uso de un sistema de control de olores	NT							
13. Instalación y uso de un sistema de desinfección	NT							
<b>e. Ahorro energético</b>								
14. Reducción del consumo de agua caliente	BP							
15. Implantación de sistemas de bufado eficientes (secado)	NT							

NOMBRE DE LA MEDIDA	TIPO	Consumo de agua	Consumo de energía	Emisiones atmosféricas	Aguas residuales	Generación de ruido	Suelo	Salud de las personas
<b>f. Minimización de ruidos</b>								
16. Cierre del túnel	NT/BP							
17. Insonorización de paredes	NT/BP							
18. Tener en cuenta la orientación del lavado	NT/BP							
19. Reducción de la presión en las lanzas de los auto-lavados	NT							
20. Aumento del diámetro de los rociadores	NT							
21. Sustitución de los aspiradores con motores monofásicos a trifásicos	NT							
22. Uso de sacudidores (limpiadores de alfombras) de dos parrillas (sin caja de resonancia)	NT							
23. Colocación de un muro o pared de aislamiento acústico	NT/BP							
24. Concienciación pública	BP							
25. Limitación de horarios	BP							
<b>g. Gestión</b>								
26. Implantación de procedimientos de diseño y limpieza (protocolos limpieza, productos, etc.) (3.6.1.)	BP							
27. Implantación de un manual de operación i mantenimiento (3.6.2.)	BP							
28. Implantación de un plan de autocontrol de la legionela (3.6.3)	BP							
29. Implantación de un programa de formación del personal	BP							
30. Certificación de sistemas de gestión ambiental	BP							

# Bibliografia

AEAS (2011). *Manual de Buenas Prácticas de Uso de Aguas Rege-neradas*. Comisión 5 AEAS.

ALEXANDRE O.; BOUTIN C.; DUCHÈNE P. et al. (1998) *Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités*. FNDAE núm. 22. 1a. París: Ed. Cemagref.

AL-ODWANIA.; AHMEDI.; BOU-HAMADS. (2007). "Car wash water reclamation in Kuwait". *Desalination*, 206 (1–3). (Pág. 17-28).

AQUA AMBIENT IBERICA S.L. Modelos de separadores de hidrocarburos. [Artículo en línea] [Última revisión: septiembre 2016] <http://aqua-ambient.com/familia-productos/separadores-de-hidrocarburos/>

BHATTIZ.; MAHMOODQ.; RAJAI. et al. (2011). "Chemical oxidation of carwash industry wastewater as an effort to decrease water pollution". *Physics and Chemistry of the Earth*, 36 (9-11): (Pág. 465-469).

ANGEL (2000) *Basic criteria for the award of the environmental label-car-washing installations with water recycling*, RAL-UZ 23. www.blauer-engel.de. Duitsland.

BOUSSU K.; KINDT S.; VAN-DECASTEELE C. et al. (2007). "Applicability of nanofiltration in the carwash industry". *Separation and Purification Technology* 54. (Pág. 139–146).

BOUSSU K.; VAN BAELEN G.;

COLENW. et al. (2008). "Technical and economical evaluation of water recycling in the carwash industry with membrane processes". *Water Science and Technology* 57 (7). (Pág. 1131–1135).

BROWN, C. (2002a) *Water Use in the Professional Car Wash Industry. A report for the International Carwash Association*.

BROWN, C. (2002b) *Water effluent and solid waste characteristics in the Professional Car Wash Industry. A Report for the International Carwash Association*.

BROWN, C. (2002c). *Water Conservation in the Professional Car Wash Industry*. A report presented at International Carwash Association Meeting. Concord, North Carolina, 17 July 2002.

CÀTEDRA UNESCO DE SOSTENIBILITAT. *Unitats didàctiques de Tecnologia i Sostenibilitat*. Capítol "Tecnologies de l'aigua: físico-químico. Coagulació – floculació". [Artículo en línea]. [Última consulta: 11/07/2016] <<https://tecnologiaisostenibilitat.upc.edu/continguts/tractaments-i-depuracio-daigues>>

CMP. Separador de hidrocarburos coalescente. [Artículo en línea] [Última revisión: septiembre 2016]

<[www.cmpspain.com/productos/depuracion/separador-de-hidrocarburos](http://www.cmpspain.com/productos/depuracion/separador-de-hidrocarburos)>

COLENW. (2002) *Ontwikkeling van de membraanfiltratietechniek voor hergebruik van water in de carwash, met inbegrip van de biologische behandeling van het concentraat*. Katholieke Hogeschool Kempen.

COMPANY M.; KARSAD R. (2007). *Chapter E.1– Vehicle cleaning. Handbook for Cleaning / Decontamination of Surfaces*, eds. I. Johansson and P. Somasundaran, Amsterdam.

CON-SERV MANUFACTURING. *Media filtration and water softening*. [Artículo en línea] [Última consulta: septiembre, 2016] <[http://www.waterrecoverysystems.com/Media\\_Filt.html](http://www.waterrecoverysystems.com/Media_Filt.html)>

DOW CHEMICAL. *Resinas de intercambio iónico DOWEX*. [Artículo en línea] [Última consulta: septiembre, 2016] <[http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh\\_0043/0901b80380043602.pdf?filepath=liquidseps/pdfs/noreg/177-01959.pdf&fromPage=-GetDoc](http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_0043/0901b80380043602.pdf?filepath=liquidseps/pdfs/noreg/177-01959.pdf&fromPage=-GetDoc)>

ECANET. *Tractament de l'aigua, cloració*. [Artículo en línea] [Última consulta: septiembre, 2016] <[http://www.ecanet.cat/?pid=48&product\\_id=7&stats\\_action=Cloraci%C3%B3](http://www.ecanet.cat/?pid=48&product_id=7&stats_action=Cloraci%C3%B3)>

ECODENA. Separadores de hidrocarburos. [Artículo en línea] [Última consulta: septiembre, 2016] <[www.ecodena.com/separadores-de-hidrocarburos](http://www.ecodena.com/separadores-de-hidrocarburos)>

FUNDACIÓN ECOLOGÍA Y DESARROLLO. *Guía de bolsillo de Buenas Prácticas. Uso eficiente del agua en la ciudad. SECTOR auto-lavados*. [Artículo en línea] <[http://ecodes.org/docs/Guias\\_bolsillo/Autolavados.pdf](http://ecodes.org/docs/Guias_bolsillo/Autolavados.pdf)>

ISTOBAL. *Tratamiento de aguas. Recicladores*. [Artículo en línea] [Última consulta: setiembre, 2016] <<http://www.istobal.com/productos/tratamiento-de-aguas/>>

JANIKA. y KUPIECH. (2007). "Trends in Modern Car Washing". *Polish Journal of environmental studies*, 16 (6). (Pág. 927-931).

KIRAN S. A.; ARTHANA-REESWARANG.; THUYAVANI L. et al.. (2015). "Influence of bentonite in polymer membranes for effective treatment of carwash effluent to protect the ecosystem". *Ecotoxicology and Environmental Safety* 121. (Pág. 186-92).

KOBRICK, J. D. (1997). *Water uses and conservation opportunities in automatic carwashes: A city of Phoenix study*. ELLER, J. i Brown, C. (2006).

*Evaluation of Potential Best Management Practices – Vehicle Wash Systems*. California Urban Water Conservation Council. Octubre 2006.

LENNTECH (a). *Sand Filtration*. [Artículo en línea] [Última consulta: septiembre, 2016] <<http://www.lenntech.com/sand-filtration.htm#ixzz4Ekwn36iJ>>

LENNTECH (b). *Nanofiltración*. [Artículo en línea] [Última consulta: septiembre, 2016] <<http://www.lenntech.es/nano-filtracion.htm>>

LENNTECH (c). *Ozono*. [Artículo en línea] [Última consulta: septiembre, 2016] <<http://www.lenntech.es/ozono.htm>>

MARCÓ J.; MARTÍ S.; MARTÍN J.V. et al. "Instalaciones de lavado de vehículos". *Guía Técnica para la prevención y control de la legionelosis en instalaciones*. Capítulo 12. [Artículo en línea] <<http://www.msssi.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/agen:Biologicos/guia.htm>>

MEHRJOUEI M.; MÜLLER S. i MÖLLER D. (2015). *A review on photocatalytic ozonation used for the treatment of wastewater*. Chemical Engineering Journal, 263. (Pág. 209-219).

MONWATER S.L. *Tratamientos del agua*. [Artículo en línea] [Última consulta: setiembre, 2016] <[www.monwater.com](http://www.monwater.com)>

NOVOFLOW GMBH (s.d.). Electrocoagulation (EC), Electroflotación (ECF), Water Treatment Process- [Artículo en línea] [Última consulta: julio, 2016] <<http://www.novoflow.com/novoflow-Pr%C3%A4sentation%20Elektroflotation%20EN.pdf>>

PANIZZAM. i CERISOLAG. (2010). "Applicability of electrochemical methods to carwash wastewaters for reuse. Part 1: Anodic oxidation with diamond and lead dioxide anodes". *Journal of Electroanalytical Chemistry* 638. (Pág. 28–32).

PEYSK. (2001). *Algemene aspecten van afvalwaterzuivering en hergebruik binnen de carwash-slides n.a.v. Car Care Convention*. Antwerpen. September 2001.

QWC (2007a). *Vehicle Washing Part 1 Standard Vehicles: Mobile Vehicle Washers and Detailers. Water efficiency guideline*. Queensland Water Commission.

QWC (2007b). *Non-residential Large Vehicle Washing Guidelines*. Queensland Water Commission.

QWC (2008). *Vehicle Washing Part 2 Standard Vehicles: Fixed Commercial Locations Water efficiency guideline*. Queensland Water Commission.

RIDDLE, J. (2003). "Carwashes put earth first. Business reduce, reuse, recycle". *Modern Car Care* 5 (1).

ROTH (2016). *Depuración de Aguas Residuales. Tarifa de precios 2016*. [Artículo en línea] [Última consulta: septiembre, 2016] <[http://www.roth-spain.com/files/Tarifa-Catalogo\\_Roth\\_Depuracion\\_de\\_aguas\\_residuales.pdf](http://www.roth-spain.com/files/Tarifa-Catalogo_Roth_Depuracion_de_aguas_residuales.pdf)>

ROWAFIL (2003). *Water Recycling Manual*. [Artículo en línea] [Última consulta: septiembre, 2016] <[https://irp-cdn.multiscreensite.com/5412b5df/files/uploaded/82QYN2CTRhKiEkamegHq\\_rowafil\\_waterrecycling\\_manual.pdf](https://irp-cdn.multiscreensite.com/5412b5df/files/uploaded/82QYN2CTRhKiEkamegHq_rowafil_waterrecycling_manual.pdf)>

RUBÍ H., FALL C. i ORTEGA R. E. (2009). "Pollutant removal from oily wastewater discharged from car washes through sedimentation-coagulation". *Water Science and Technology* 59 (12). (Pág. 2359–2369).

SÁNCHEZ J. (1995). *Aspectos ecológicos de los detergentes*. Gestió i promoció Editorial.

SÁNCHEZ M. (2007). *Efectos biológicos de los sulfonatos dealquilbenceno lineales (LAS) en suelo agrícola: biotransformación y estudios de biodiversidad*. Tesis doctoral presentada al Departamento de Microbiología e Instituto del Agua de la Universidad de Granada

STICHTING MILIEUKEUR (2001). *Certificatieschema autowasinstallaties*, Nederland. [Artículo en línea]. Disponible a: [www.milieukeur.nl](http://www.milieukeur.nl)

SMITH D. J. i SHILLEY H. (2009). *Residential Car Washwater Monitoring Study*. City of Federal Way, Washington, Public Works, Surface Water Management.

TCHOBANOGLIOUS G., BURTON L. i STENSEL H.D. (2003). *Wastewater engineering: treatment and reuse*. 4 edición. Metcalf & Eddy, Inc.. New York, McGraw-Hill, USA.

WASHTEC (b). *Filtro de grava MF*. [Artículo en línea] [Última consulta: septiembre, [products-en/filters-en.html](http://products-en/filters-en.html)]

ZANETI R., ETCHEPARE R., i RUBIO J. (2011). "Car wash wastewater reclamation. Full-scale application und upcoming features". *Resources, Conservation and Recycling*, 55. (Pág. 953-959).

ZANETI R., ETCHEPARE R., i RUBIO J. (2012). "More environmentally friendly vehicle washes: water reclamation". *Journal of Cleaner Production*, 37. (Pág. 115-124).

ZANETI R., ETCHEPARE R., i RUBIO J. (2013). "Car Wash wastewater treatment and water reuse – a case study". *Water Science and Technology*, 67 (1). (Pág. 82-88).

ÖNORM (2004). ÖNORM B 5107:2004 12 01. **Water recycling installations for vehicle washing stations.**

## Legislación

UNIÓN EUROPEA. "Directiva 73/404/CEE, del Consejo, de 22 de noviembre de 1973, referente a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros en materia de 2016]<<http://www.washtec.es/recuperacion-de-agua/filtro-de-grava-mf/>> WATEC. *Water technologies and process Automation. Filters and filter Systems*. [Artículo en línea] [Última consulta: septiembre, 2016] <<http://watec.bg/index.php/en/detergentes>>. *Diario Oficial de la Unión Europea* L 347 de 17.12.1973. (Pág. 0051 - 0052).

UNIÓN EUROPEA. "Directiva 76/464/CEE, del Consejo de 4 de mayo de 1976, relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas al medio acuático de la Comunidad". *Diario Oficial de la Unión Europea* L 129 de 18.05.1976 (Pág. 0023 – 0029).

UNIÓN EUROPEA. "Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas". *Diario Oficial de la Unión Europea* L 257 de 10.10.1996, (Pág. 26).

UNIÓN EUROPEA. "Reglamento (CE) N° 648/2004 del Parlamento Europeo y el consejo de 31 de marzo de 2004 sobre detergentes". *Diario Oficial de la Unión Europea* L 104 de 8.4.2004.

crea la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos". *Diario Oficial de la Unión Europea* L 396 de 30.12.2006.

# Anexo I

## Fichas de equipos y sistemas compactos para los lavados de vehículos

### FICHA 1. Decantación

#### Descripción

La sedimentación es la separación de las partículas sólidas, utilizando la fuerza de la gravedad (Tchobanoglous et al., 2003). Según las características de las partículas y del agua, puede haber fuerzas electrostáticas, corrientes convectivas, turbulencia, etc. Para que puedan sedimentar, la fuerza de la gravedad sobre las partículas tiene que ser mucho más importante que los otros efectos que interfieren. Eso sucede de una manera estática: las aguas del lavado llegan al decantador donde su velocidad disminuye y eso permite que, por gravedad, las partículas sedimenten en la parte inferior y, por la parte superior, el agua clarificada siga su camino. Hay de diferentes tipos y su volumen tiene que dimensionarse correctamente. En el caso de las instalaciones de lavado de vehículos los decantadores suelen tener un diseño muy simple, consistente en un depósito (ya sea cilíndrico o rectangular) que permite que los sólidos que van sedimentando queden acumulados en el fondo, y con una salida en la parte superior para que el agua clarificada salga.

#### Condiciones previas

Ninguna; generalmente los decantadores se conectan en serie en función del volumen de agua de lavado generada.

#### Ventajas

- Tecnología muy simple, sin componentes mecánicos o eléctricos.
- Consigue eliminar una parte de los sólidos sedimentables, aceites y grasas y DQO (según Huybrechts et al. 2002, con tres conectados en serie las eficiencias mínimas obtenidas son del 55 % en sólidos, aceites y grasas, y del 18 % en DQO). En el caso del lavado con tres decantadores en serie se han obtenido un porcentaje de eliminación del 80% para la MES, del 11% para los aceites y grasas, y del 45% para la DQO.

#### Limitaciones

- Pueden ser una fuente de malos olores (poco habitual), especialmente si sedimenta una parte orgánica significativa.
- Requieren eliminación y tratamiento de lodos (gestor autorizado).
- No son capaces de separar partículas muy pequeñas.
- La eficiencia de eliminación de nutrientes, detergentes y metales pesados es limitada: solo se elimi-

na la fracción no disuelta.

#### Aplicabilidad

Es un tratamiento mínimo que requiere el agua de lavado antes de cualquier otra operación, ya sea vertido del agua a alcantarillado o para su reciclaje. Ampliamente utilizado en la depuración de aguas (de cualquier tipo).

#### Valoración

Los decantadores son, juntamente con los separadores de aceites y grasas (ver Ficha 5), una tecnología muy extendida en el sector (estaciones de servicio, lavados de coche, etc.). De hecho, se trata de la mínima tecnología necesaria para poder verter a alcantarillado (pretratamiento). El coste de inversión estará en función del tipo de decantador y su capacidad. El coste de operación y mantenimiento aumenta por el hecho de tener que recoger y tratar los lodos acumulados (el coste es \$Col/ tonelada, sin tener en cuenta el transporte).

#### Referencias

Aqua Ambient Iberica S.L.; CMP, Roth, Tchobanoglous et al., 2003; Balaguer et al. 2007; Al-Odwani et al. 2007; MinAqua A5.

## FICHA2. Hidrociclones y centrífugas

### Descripción

Los procesos de depuración centrífuga (mecanismo de separación mediante la diferencia de densidad entre las partículas y el agua y por el diferente tamaño de las partículas en suspensión) se realizan en equipos llamados hidrociclones. Es un dispositivo de separación en continuo que utiliza la energía debida a la presión del fluido para crear un movimiento rotacional. Suelen operar a bajas presiones. El fluido es dirigido tangencialmente al interior del equipo. El movimiento de rotación genera fuerzas centrífugas y provoca que sólidos y líquidos se separen. Mediante estas tecnologías se consigue una separación de las partículas que tienen una densidad distinta a la del agua (partículas en suspensión). Eso se consigue de una manera dinámica: las aguas residuales entran en la centrífuga, generalmente de forma cónica. El agua se pone en movimiento de rotación, de manera que las partículas sedimentables se mueven bajo el efecto de la fuerza centrífuga hacia los laterales. No únicamente se realiza una separación entre las partículas sedimentables y el agua, sino también entre las partes pesadas (esto es, arena y otras inorgánicas) y las partes más ligeras (orgánicas). Este principio es utilizado por algunos proveedores para conseguir una separación entre la fracción orgánica y la inorgánica. Es una tecnología utilizada como pretratamiento

### Condiciones previas

Si se desea reciclar el efluente del hidrociclón en el ciclo de lavado de vehículos, es aconsejable poner un filtro o un segundo hidrociclón que deje pasar una partícula máxima de 10 a 40  $\mu\text{m}$ .

### Ventajas

- Una mayor eficiencia de separación que los decantadores o clarificadores. No obstante, las partículas más pequeñas no se separan y, si se quiere reciclar el agua en el ciclo de lavado, se necesitará una filtración posterior.
- Sistema compacto en el que el lodo es fácil de extraer.
- En algunos hidrociclones se produce una separación entre la fracción orgánica e inorgánica, de manera que estas fracciones se pueden eliminar y procesar por separado.
- El lodo se deshidrata cuando sale del hidrociclón. Ya no es necesario separar los lodos del agua.

### Limitaciones

- El montaje de la máquina es muy crítico e importante para conseguir una buena separación (alineación correcta).
- El hecho de que la arena se procese en una centrífuga implica un alto grado de desgaste.

### Aplicabilidad

Los hidrociclones son conocidos por su capacidad de separar partículas desde 0,004 mm hasta 0,6 mm. Tienen aplicaciones en un amplio rango de industrias tales como la papelera, minera, química y farmacéutica. Las condiciones de diseño y operación son totalmente diferentes dependiendo del tipo de aplicación. Las pruebas realizadas por Maes y Gysen y reportadas en Huybrechts et al. (2002) para una instalación de-

mostrativa han dado eficiencias de remoción de SS alrededor del 50%. La eficiencia de remoción en términos de DQO, DBO, aceites y grasas, detergentes, nutrientes y metales pesados se relaciona con el grado en que estos componentes están presentes de forma disuelta y, generalmente, está limitada.

### Valoración

Se puede aplicar como fase de pretratamiento, sustituyendo los decantadores. Requiere energía y un coste de inversión un poco más complejo, pero a cambio, es un sistema más compacto (en caso de no tener suficiente espacio para los decantadores en serie).

### Referencias

Carwash Annaert, Merchtem, Carwash Stubbe, Mol (todos en Huybrechts et al. 2002)

### FICHA3. Tratamiento fisicoquímico

#### Descripción

El sistema de depuración fisicoquímica utiliza productos químicos para eliminar las partículas que debido a su pequeño tamaño son incapaces de separarse por acción de la gravedad. Estas partículas, denominadas coloides, se caracterizan por tener una carga eléctrica que proporciona una gran estabilidad. En este tratamiento se distinguen tres etapas principales:

1.- **Coagulación:** se desestabiliza la suspensión coloidal mediante la adición de reactivos químicos de carga opuesta a la de las partículas, con el fin de neutralizar y reducir las fuerzas que las mantienen en equilibrio dentro del agua. Los reactivos son sales metálicas de aluminio o de hierro ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$ ).

2.- **Floculación:** las partículas coloidales desestabilizadas empiezan a contactar entre sí y se establecen puentes químicos entre ellas, de forma que se aglutinan y forman pequeñas masas llamadas flóculos. Los reactivos son polielectrólitos catiónicos, aniónicos o no iónicos de tipo natural o sintético.

3.- **Decantación:** los flóculos formados tienen un peso específico superior al del agua y sedimentan por gravedad. Existen variantes del mismo proceso, tales como: coagulación–floculación–floculación (utilizada sobretodo en aguas más contaminadas) y coagulación–floculación–filtración (es una opción bastante utilizada en lavado de vehículos, en la que el proveedor recomienda el uso de un coagulante para incrementar el proceso de separación de lodos en el decantador y así incrementar la eficiencia y durabilidad

del filtro posterior, en caso de que se recicle el agua).

#### Condiciones previas

- Se debe utilizar este sistema junto con un decantador. Es importante dosificar correctamente el producto y aplicarlo en el lugar adecuado.
- Es una tecnología de pretratamiento; para su reciclaje se deberá proporcionar una fase posterior de depuración.

#### Ventajas

- Incrementa la eficiencia de remoción de SS. Puede precipitar metales y nutrientes en la medida que estén presentes en forma iónica.
- Particularmente adecuado para el tratamiento de agua residual contaminada por metales pesados (por ejemplo, tratamiento de superficies de vehículos).
- El coste de inversión es bajo o moderado.

#### Limitaciones

- Es necesaria la adición continua de productos químicos, lo que requiere vigilancia y seguimiento (coste de operación).
- Es un sistema susceptible a las interferencias que pueda causar el agua residual del lavado (muchas variabilidad en su composición, entrada de posibles sustancias desconocidas, especialmente en los autolavados, etc. que interfieren en la eficacia de los productos floculantes–coagulantes adheridos).
- Se generan más lodos (mayor coste de tratamiento).
- No deja el agua preparada para un enjuague final.
- Sin medidas adicionales, se pueden generar malos olores en el sistema.

#### Aplicabilidad

Se aplican en módulos recuperadores de agua del lavado, en la fase de decantación, para incrementar la eliminación de sólidos y disminuir la turbidez. A posteriori, es necesaria una fase de filtración y se incrementa la frecuencia de limpieza de los lodos en los decantadores si el sistema funciona correctamente.

#### Valoración

El uso o no de tratamiento fisicoquímico, siempre y cuando sea complementario al tratamiento del agua para ser reciclada, debe considerarse según las especificaciones del proveedor y estudiar si se puede prescindir de él o no, ya que incrementa bastante el coste de mantenimiento (incluyendo productos y personal).

#### Referencias

WashTec, Cátedra UNESCO de Sostenibilidad, Rubí et al. 2009, Bhatti et al. 2011

## FICHA 4. Electrocoagulación - electroflotación

### Descripción

La electrocoagulación – electroflotación (EC-ECF) consiste en un método de depuración del agua mediante un proceso electroquímico que tiene un doble efecto. Se induce una corriente eléctrica en el agua a través de placas metálicas paralelas de materiales diversos que optimizan la remoción. Las más utilizadas son de hierro y aluminio. Alrededor de los dos electrodos, que se encuentran en las aguas residuales, se aplica una tensión eléctrica. Los iones metálicos del ánodo (de hierro y aluminio) se liberan y se dispersan por el medio líquido y tienden a formar óxidos metálicos que atraen los contaminantes desestabilizados y forman nuevas partículas que pueden precipitar y ser eliminadas. Además de la reacción de producción de iones de hierro también tiene lugar la correspondiente reacción catódica de reducción de especies  $H_3O^+$ . Aquí, las burbujas de hidrógeno generadas son aprovechadas para transportar de forma ascendente los flóculos o precipitados generados y recogerlos.

### Condiciones previas

Hay que tener en cuenta y controlar el efecto del pH durante el proceso, que puede aumentar y que será necesario neutralizar. Puede ser ideal como proceso previo a la ultrafiltración, nanofiltración y osmosis inversa.

### Ventajas

- Es particularmente adecuada para el tratamiento de efluentes altamente contaminados, de difícil tratamiento con otras técnicas (alto porcentaje de eliminación).
- Se requiere poca cantidad de productos químicos en comparación al tratamiento fisicoquímico.

- Generación de menos lodos en comparación con los procesos convencionales.

- Capacidad para remover color y una gran cantidad de componentes

### Limitaciones

- Aumento de cationes ( $Fe^{3+}$  i  $Al^{3+}$ ) en el agua residual (y, sobre todo, en los lodos).

- La instalación requiere un alto grado de mantenimiento. Si los electrodos están a poca distancia, pueden quedar obstruidos fácilmente (ya sea por presencia de partículas más grandes en el agua o por la formación de flóculos).

- Las placas metálicas que forman los electrodos deben de ser reemplazadas regularmente. El óxido formado en el ánodo puede, en muchos casos, formar una capa que impida el paso de la corriente eléctrica y disminuya la eficiencia del proceso.

- Coste energético elevado.

### Aplicabilidad

La tecnología de EC-ECF puede servir para depurar aguas residuales que contengan emulsiones aceitosas, coloides y/o

iones metálicos, por procesos de depuración destinados a reciclar el agua en el mismo proceso productivo. Tiene diversas aplicaciones industriales, entre las que se encuentra la recuperación del agua de lavado de vehículos. Si bien tiene poca aplicabilidad en instalaciones convencionales de lavado, puede ser necesario si el agua está más contaminada de lo habitual.

### Valoración

Poco utilizada en España, algunas aplicaciones en estudios al Brasil (ver Zaneti et al. 2013, 2012 i 2011) y en Alemania (ver novoflow GmbH)

### Referencias

Novoflow GmbH, Zaneti et al. 2013, Zaneti et al. 2012, Zaneti et al. 2011, Panizza et al. 2010

## **FICHA 5.**

### **Trampas de aceites y grasas – Separador de hidrocarburos**

#### **Descripción**

Consiste en separar los diferentes tipos de aceites y grasas de las aguas residuales. La separación se suele llevar a cabo de forma estática: por decantación y flotación. El funcionamiento del proceso es simple. Las aguas residuales que contienen aceites y grasas llegan al decantador de grasas, produciendo una primera decantación de las sustancias sólidas más pesada hacia el fondo del depósito. Al mismo tiempo, y gracias a la diferencia de densidades entre el agua y los lípidos (aceites y grasas), estos se separan por flotación, quedándose en la parte superior del depósito y quedan retenidos en una parte del separador que tiene un sistema de cierre para evitar que el aceite se escape. El agua limpia se evacúa a través de un sifón o un deflector y se bombea hacia etapas de depuración posteriores o hacia el alcantarillado.

Los separadores de aceites convencionales consisten principalmente en una parte de decantación y otra parte en la que el aceite flotante es capturado. En estaciones de servicio, estaciones de lavado, etc. se están utilizando sobre todo separadores de hidrocarburos coalescentes. Se caracterizan por una gran capacidad de retención gracias a su superficie efectiva. La cámara de separación está equipada con una célula lamelar o coalescente de polipropileno (permite transformar las gotas de aceite finas en gotas más grandes y, por

lo tanto, incrementar la flotación y la mayor facilidad de separación del afluente), una reja de protección y un obturador automático de flotación. En el caso de que la capa de aceites supere una determinada altura, el obturador (boya) tapanía la salida del agua evitando así la salida de hidrocarburos.

#### **Condiciones previas**

Los separadores de hidrocarburos lamelares se instalan normalmente después de los decantadores de lodos.

#### **Ventajas**

- Es una tecnología simple, sin componentes mecánicos o eléctricos.

#### **Limitaciones**

- Producen un residuo que debe procesarse a través de un gestor autorizado (coste elevado).
- Tienen limitaciones en la separación, en función del tipo (ver apartado de Valoración).

#### **Aplicabilidad**

Los separadores de grasas, aceites e hidrocarburos son, junto con los decantadores (ver **Ficha 1**), la mínima tecnología de pretratamiento requerida para poder verter a alcantarilla (talleres mecánicos, estaciones de servicios y lavado de vehículos).

#### **Valoración**

Tecnología requerida en cualquier sistema de pretratamiento del agua de lavado de vehículos. Existen muchos proveedores. Hay que asegurarse de que puedan obtener los valores de emisión requeridos en la legislación (ya sean de vertido a alcantarilla o a medio receptor, mucho más restrictivos, lo cual sólo se podrá conseguir con un separador coa-

lescente).

#### **Referencias**

MinAqua A5, Aqua Ambient Iberica S.L., Ecodena, CMP, KESSEL.es, Roth, Al-Oldwani et al. 2007

## FICHA 6. Tratamiento biológico

### Descripción

Los procesos de tratamiento biológico de las aguas residuales están diseñados inicialmente para eliminar materia orgánica tanto disuelta como suspendida. Se optimizan las condiciones para favorecer el crecimiento de los microorganismos que utilizan la materia orgánica del agua residual como sustrato (tratamiento aerobio). De esta manera, los microorganismos van creciendo y reproduciéndose, generando lodos que tienen que ser suprimidos del sistema. El tratamiento biológico también puede eliminar una parte de nutrientes (nitrógeno y fósforo utilizados por los microorganismos), metales pesados y xenobióticos que quedarán adheridos en los lodos. Hay tres tipos principales de técnicas biológicas de depuración con múltiples variantes, según el estado del cultivo biológico:

- 1.- En suspensión (lodos activados)
- 2.- Fijado en una superficie inmóvil (lechos bacterianos)
- 3.- Fijado en una superficie que gira (biodiscos o MMBR)

### Condiciones previas

Para que el proceso de depuración biológica tenga lugar es importante un aporte de oxígeno suficiente y además, facilitar el contacto entre la materia orgánica (sustrato) y los microorganismos (la biomasa) para potenciar la reactividad, dar suficiente tiempo de contacto, y para evitar que se produzcan efectos inhibitorios del metabolismo microbiano por acción de tóxicos presentes en concentraciones excesivas (por sistemas biológicos los detergentes utilizados tienen que ser biodegradables). Si las aguas residuales tienen una gran toxicidad hay que contemplar el uso previo de algún tratamiento fisicoquímico.

### Ventajas

- No es necesaria la adición de sustancias químicas, lo que simplifica el procedimiento y lo que permite considerarla una depuración más ecológica.
- La producción de agua es elevada.
- El sistema no sufre problemas de olor.

### Limitaciones

- La instalación de lavado debe utilizar productos de limpieza biodegradables, ya que los microorganismos son sensibles a sustancias tóxicas.
- Existe consumo de energía adicional por el aporte de oxígeno.
- La velocidad de degradación biológica está influenciada por la temperatura ambiente. A temperaturas bajas (por debajo de 12 °C) puede darse una disminución de la eficiencia de depuración.
- Es necesario un tiempo de residencia elevado para asegurar la depuración (los microorganismos necesitan un orden de magnitud de 6 a 12 h, alta carga o baja,

respectivamente, para realizar el proceso de metabolización de forma completa. Eso significa tanques más grandes).

### Aplicabilidad

En general, el tratamiento biológico es el método más eficiente y económico para eliminar la contaminación orgánica de los efluentes. Ya se han desarrollado algunas aplicaciones de depuración biológica para la industria del lavado de vehículos, bastante compactas y eficientes. Siempre que se cumplan las condiciones necesarias, la mineralización de la materia orgánica puede ser del 80 a 90 % dentro de las 24 horas (Van der Werf, 2000).

### Valoración

Puede ser una tecnología de depuración necesaria en caso de vertido a medio. Para el reciclaje del agua de lavado se puede requerir además algún tratamiento de afinamiento en función de las etapas de lavado a las cuales se quiera destinar el agua recuperada.

### Referencias

Washtec, Abwassertechnik-Kersting, van der Werf, 2000; Istobal; Rowafil

## FICHA 7. Filtros de arena

### Descripción

Es un proceso físico en el cual se elimina la materia en partículas de las aguas residuales a través de un lecho de arena. El medio de filtración consiste en diversas capas de arena con una granulometría determinada. Las partículas mayores que el tamaño de los poros entre los granos de arena quedarán retenidas. Generalmente, el proceso está automatizado, y cuando todos los poros están saturados, los equipos de filtración por arena tienen un contra lavado (*backwash*) para limpiar y recuperar el filtro (normalmente, esta función depende de la presión a lo largo del filtro y de los tiempos de operación). Existe también una modalidad de filtro de arena en continuo y unos filtros de arena activados biológicamente.

### Condiciones previas

En algunos casos, para garantizar un buen resultado o incrementar los rendimientos, se pueden dosificar algunos reactivos como agentes de coagulación/floculación (dosificación previa al paso por el filtro de arena) y cloro (dosificación posterior, para desinfectar el agua y prevenir malos olores). Si es así, puede resultar necesario un equipo de medida y regulación del pH y conductividad. Un rango entre 6,8-7,8 es adecuado para el uso de coagulantes y floculantes.

### Ventajas

- Es un proceso físico simple, con un procedimiento sencillo.
- Los costos de mantenimiento son bajos.

### Limitaciones

- En algunos casos, es necesario dosificar reactivos químicos (floculantes).
- En un filtro de arena convencional todas las sustancias contaminantes se acumulan en la parte superior, lo que limita la capacidad de filtración. Es importante la configuración del filtro para aprovechar al máximo todo el lecho i evitar caminos preferenciales, obstrucciones, y limpioueza por retrolavado.
- La apariencia del agua, aunque se hayan retenido muchas partículas (hasta 25 micras), suele ser gris.

### Aplicabilidad

Se aplica la filtración de arena en muchos casos (piscinas, agua potable, tratamiento de aguas residuales, aguas grises, agua superficial, etc.). En el caso del lavado de vehículos, normalmente se lleva a cabo una etapa de filtración después de un pretratamiento o después de un tratamiento biológico. Dependiendo de los requisitos que tenga que cumplir el agua depurada, después del filtro

a arena puede seguir una etapa con carbón activado (tratamiento mucho más caro, aplicable solo si se requiere una calidad más exigente, y siempre después de una filtración previa con arena) o una instalación de osmosis inversa o intercambiador de iones.

### Valoración

Es un método robusto y frecuentemente utilizado. Se recomienda sobre todo para instalaciones con una gran frecuencia de lavado o sistemas de lavado para vehículos industriales. Permite reutilizar hasta un 85 % del agua de lavado (Washtec). Los lavados de vehículos han utilizado tradicionalmente agua proveniente de un filtro de arena para el prelavado, lavado de neumáticos o incluso para aplicar detergentes.

### Referencias

Lenntech; Wasthec; Con-Serv manufacturing; WATEC ; Al-Oldwani et al. 2007

## FICHA 8.

### Sistemas naturales de depuración

#### Descripción

Las tecnologías naturales (también conocidas como extensivas, blandas, de bajo coste energético, no convencionales o sostenibles) se definen en función de la presencia de componentes naturales o sistemas completos (ecosistemas) en el tratamiento de aguas residuales. Son sistemas artificiales diseñados y construidos para reproducir (y optimizar) los procesos de depuración de contaminantes que se dan naturalmente en estas zonas. Los procesos que intervienen para degradar o eliminar los contaminantes del agua residual son, en general, similares a los que se desarrollan en los sistemas convencionales (degradación biológica aerobia o anaerobia, reacciones de oxidación y reducción, sedimentación, filtración, ...) a los que se unen otros procesos que se dan naturalmente en los ecosistemas (fotosíntesis, asimilación por microorganismos o plantas, ...). La diferencia fundamental entre las tecnologías convencionales y las no convencionales recae en el hecho de que en las primeras, los fenómenos transcurren en reactores a velocidades aceleradas por el aporte de energía, mientras que los sistemas extensivos, los procesos se desarrollan a velocidad "natural" (sin aporte de energía artificial). Este ahorro energético se compensa con una mayor necesidad de superficie (esto es, por una misma carga de contaminantes los sistemas naturales o extensivos requerirán bastante más superficie que los convencionales). Existen numerosos tipos de tecnologías naturales y varias formas de clasificarlos en función de la matriz ambiental predominante (Salgot et al., 2003) o según

el tipo de biomasa (Alexandre et al., 1998).

#### Condiciones previas

Los productos utilizados en el lavado tienen que ser biodegradable y no tóxicos. Se recomienda una decantación previa de sólidos más gruesos y una separación de aceites, grasas e hidrocarburos, para evitar la colmatación de las matrices del sistema y así prolongar su vida útil. Disponibilidad de espacio.

#### Ventajas

- Mínimo o nulo gasto energético: energía natural (sol y ocasionalmente viento).
- Poco cemento o pocos o ningún elemento de tecnología avanzada.
- Mantenimiento y explotación simples.
- Tiempo de residencia hidráulico prolongado. Usualmente buena adaptabilidad a cambios de caudal y/o carga.
- Buena integración en el paisaje.
- Generación de lodos reducida o nula.

#### Limitaciones

- Requieren mucha superficie
- Los movimientos de tierra son importantes durante la construcción.
- El gestor tiene que reconocer los procesos y ser capaz de prevenir problemas. Los operarios habituales no suelen aceptar la tecnología.
- Los mecanismos de tratamiento tienen mucha inercia, suele ser difícil actuar con rapidez.

#### Aplicabilidad

Se ha demostrado su aplicabilidad en instalaciones de lavado de vehículos por primera vez. Otras aplicaciones en las cuales la tec-

nología está ya más consolidada son las aguas domésticas, las aguas residuales urbanas de pequeños municipios y los efluentes industriales (agrícolas, de escorrentía, lixiviados de vertedero, deshidratación de lodos).

#### Valoración

Sistema que ofrece una buena calidad para el reciclaje del agua de lavado de vehículos. Es una tecnología poco desarrollada para esta aplicación.

#### Referencias

MinAqua A7, Torrens 2015, y proveedores de tecnologías naturales: Moix, Ecodena, Naturalea, Iridra, Aquanea, Ema (Edepura), la Gota, ...

## FICHA 9.

### Filtración por membranas: osmosis inversa

#### Descripción

Los equipos de osmosis inversa consisten en un módulo de membranas semipermeables, a través de las cuales se introduce la corriente de agua a tratar. Se generan dos corrientes de salida: Una, presenta una concentración elevada de sales y se llama rechazo, mientras que la otra presenta una concentración muy baja en sales, y se llama ultrafiltrado o permeado. Las membranas actuales están formadas por poliamidas. En el mercado, los equipos de osmosis inversa presentan módulos, en cuyo interior hay membranas de osmosis inversa. Normalmente, en cada módulo o tanque de osmosis inversa hay entre 6 y 8 membranas (Dow Chemical, 2006). Se requiere una presión elevada.

#### Condiciones previas

En general, la osmosis inversa se aplica al agua del grifo que se utiliza en el enjuague final de los vehículos. Si es así, la secuencia previa para que funcionen correctamente las membranas de osmosis inversa es la siguiente:

- Condicionamiento del agua de red, especialmente para descalcificarla y declorarla. De este modo, se necesitarán unos descalcificadores cuya función es eliminar el calcio y el magnesio para evitar su precipitación en forma de sulfatos sobre las membranas (ver **Ficha 11** intercambiador iónico). El declorador tiene la función de eliminar el cloro del agua y evitar que se dañen las membranas. Funciona con carbón activo y su regeneración es regulada de forma automática. Sin embargo, la vida del carbón activo es limitada, con lo cual se pueden utilizar otras técnicas de decloración (por ejemplo, con tiosulfato) que permitan reducir costes de operación y mantenimiento.

- Microfiltración: después de los procesos anteriores, el agua pasa por un filtro para proteger las membranas de las partículas en suspensión de tamaño superior a 5 micras (o el tamaño que requieran las membranas de osmosis).

#### Ventajas

- Obtención de agua de mucha calidad para el enjuague final (más que la obtenida a través de intercambio de iones)
- Los vehículos enjuagados con agua osmotizada pueden secarse al aire libre sin dejar prácticamente rastro
- No hacen falta productos químicos

#### Limitaciones

- El efluente de rechazo tiene una concentración salina elevada. La

cantidad de rechazo dependerá del tipo de membranas (suele ir del 40 al 70%).

- Coste de inversión y consumo de energía elevados.
- Mantenimiento del sistema complejo.
- Sensibilidad de las membranas con la temperatura (con la temperatura ambiental elevada aumenta la permeabilidad de la membrana).

#### Aplicabilidad

Se usan sobre todo en túneles y puentes de lavado de vehículos y en boxes de autolavado, que también pueden tener membranas de osmosis.

Otras aplicaciones: industria farmacéutica (obtención de agua para inyectables), industria electrónica (agua de proceso), servicios hospitalarios, etc.

#### Valoración

Es una técnica de desmineralización muy efectiva usada en ámbitos muy diversos, pero muy poco selectiva cuando únicamente nos interesa eliminar un elemento (no es el caso de la aplicación en lavado de vehículos). Generalmente, los proveedores de esta tecnología se encuentran entre los que ofrecen agua potable (teniendo en cuenta que si el uso final es de consumo, hay que remineralizarla).

#### Referencias

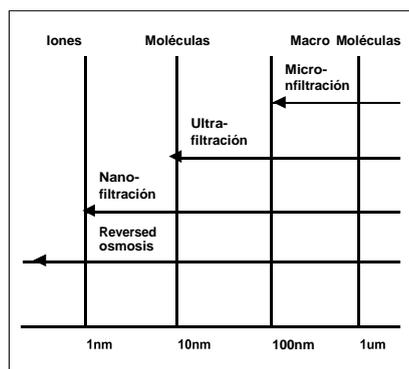
Pedrol et al. 2010, Dow Chemical 2006, Monwater S.L., Boussou et al. 2007, Boussou et al. 2008, CDPH 2009, Huybrechts et al. 2002

## FICHA 10. Filtración por membranas: ultrafiltración

### Descripción

El principio de ultrafiltración (UF) se basa en la separación de partículas disueltas por medio de una membrana selectivamente permeable. Se utiliza ultrafiltración para separar sólidos en suspensión, partículas coloidales, bacterias y virus que tienen un tamaño entre 1 y 100 nm. La UF se utiliza también como pretratamiento de la osmosis inversa (sería un tratamiento entre la microfiltración y la osmosis inversa).

El principio de funcionamiento es el mismo que el de la osmosis inversa (ver **Ficha 9**), y la diferencia con este sistema recae en la permeabilidad de las membranas.



### Condiciones previas

Los productos (detergentes y ceras) tienen que ser adecuados para el tipo de membrana. Esto hace que la UF pueda ser una técnica poco adecuada para el reciclaje del agua en algunas instalaciones de lavado (especialmente autolavados). Se necesita una filtración previa (micro filtro) para eliminar MES.

### Ventajas

- La ultrafiltración por membranas ofrece un tratamiento extenso de las aguas a escala molecular.
- No es necesaria la adición de productos químicos para realizar la separación.
- En función del tamaño de los poros de la membrana, algunos detergentes pueden pasar a través (20-30%) y quedar retenidos en el permeado (en el agua ya purificada). Por lo tanto, estarán disponibles en un nuevo ciclo de lavado.

### Limitaciones

- El proceso produce una corriente de rechazo llamada concentrado (puede ser aproximadamente el 10% del volumen de agua que pasa a través de las membranas). Este concentrado contiene todos los componentes contaminantes que han quedado retenidos en las membranas. Este flujo residual debe ser tratado con un sistema de depuración biológica. En la literatura hay estudios en este sentido (Colen, 2002; Boussu et al. 2007).
- A pesar del alto grado de purificación, el agua no es adecuada para un enjuague final libre de manchas (tratamiento previo a osmosis inversa).
- Los detergentes catiónicos y ceras cargadas positivamente pueden fijarse en la carga negativa de la membrana, haciendo que

la regeneración de esta sea muy difícil o imposible (Huybrechts et al., 2002). Este problema se pueda evitar a través de productos de limpieza (para la contracorriente de las membrana hacen falta productos químicos).

- Mantenimiento a cargo de expertos.

### Aplicabilidad

La UF se puede aplicar como tratamiento de descalcificación, remoción de metales pesados y reducción del contenido de sales en aguas salubres.

### Valoración

Para el lavado de vehículos ofrece una calidad más elevada que la requerida en la mayoría de procesos donde se recicla agua y no se conocen usos comerciales específicos. Sí que hay estudios para su aplicación industrial.

### Referencias

Boussou et al. 2007, Kiran et al. 2015, Lenntech

## FICHA 11. Intercambiador de iones

### Descripción

El intercambiador iónico permite un intercambio reversible de iones entre un sólido (resina de intercambio iónico) y un líquido, de manera que el sólido no experimenta ningún cambio permanente en su estructura. Las resinas están formadas por una matriz polimérica de forma granular, con pequeñas perlas que son capaces de absorber iones de una solución y ceder o cambiar una cantidad equivalente de otro ion. Hay diversos tipos de resinas, en función de los grupos activos. Básicamente, se agrupan en resinas aniónicas, catiónicas y no iónicas. En el caso del lavado de vehículos, una variante utilizada sirve para el ablandamiento del agua, que consiste en un intercambiador de cationes, en el cual el  $\text{Ca}^{2+}$  y el  $\text{Mg}^{2+}$  se intercambian con el  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}^+$ . Para facilitar su funcionamiento, las resinas de intercambio iónico se colocan dentro de unas columnas o tanques que disponen de toda la instrumentación y las válvulas necesarias para llevar a cabo los ciclos de operación y regeneración sin que tenga que desplazarse y sin que la matriz polimérica tenga que extraerse en ningún momento de la columna o tanque. En el caso que interese que el tratamiento de intercambio iónico pueda funcionar de manera continua, se necesitan, por lo menos, dos columnas de trabajo, ya que mientras una está en funcionamiento, la otra se regenera o está en espera. Al cabo de cierto tiempo de funcionamiento, la resina empieza a saturarse y su capacidad de intercambio iónico se reduce drásticamente, de manera que la concentración de elementos que queremos eliminar aumenta progresivamente en el agua tratada.

Cuando esto sucede, el proceso debe pararse para que la resina pueda recuperarse con una solución regeneradora. Se debe tener un depósito anexo, en el que se prepare la solución regeneradora (en el caso de las resinas de intercambio iónico para descalcificación se utiliza sal). Un vez regenerada, la resina se enjuaga con agua limpia y, a continuación, ya se puede volver a utilizar hasta su agotamiento.

### Condiciones previas

En general, el intercambio de iones se aplica al agua de red. Si se aplicara al agua reciclada necesitaría siempre una filtración previa para evitar la obstrucción de las resinas (según la recomendación del fabricante, normalmente la MES del agua de entrada a las resinas tiene que ser  $\leq 1$  mg/L)

### Ventajas

- La eficiencia es bastante alta, aunque depende del uso al que esté destinada y, por tanto, del tipo de resina; pero en términos generales, en condiciones óptimas —esto es, si evitamos los factores limitantes—, está entre un 85 i un 90%.
- Gasto energético bajo.

### Limitaciones

- Calidad del agua de entrada (turbidez, MES, ...)
- Gasto de productos regeneradores (en el caso del ablandamiento sólo se utiliza sal, en otros casos, ácido clorhídrico y/o sosa)
- Corriente de agua más o menos salina durante la regeneración

### Aplicabilidad

Descalcificación del agua antes de entrar en el proceso de ósmosis, para la obtención de agua de más calidad en el enjuague final.

Otras aplicaciones: desnitrificación, desmineralización total,

descarbonatación, retención de metales pesados, retención de tensioactivos, etc.

### Valoración

Es una técnica de primera opción, ya que tienen una eficiencia elevada, la operatividad es simple y se puede automatizar a un coste razonable. La regeneración se realiza con un producto barato y de manipulación fácil (sal común). Es un sistema ampliamente comercializado, robusto, poco tecnificado y está al alcance de cualquier instalador. El coste de inversión es bajo y el funcionamiento, económico.

Ajustable a cualquier volumen.

### Referencias

Dow Chemical, MonWater S.L., Pedrol et al. 2010.

## FICHA 12. Desinfección química

### Descripción

Mediante la adición de reactivos oxidantes se efectúa una oxidación química de la biomasa y de otros compuestos que se encuentran en estado reducido (anaeróbico). Los compuestos de cloro ( $\text{ClO}_2$ ,  $\text{NaOCl}$ ,  $\text{Cl}_2$ ) son los más utilizados. Cuando se añade cloro al agua, una parte se utilizará para la eliminación de microorganismos y la otra se consumirá reaccionando con compuestos orgánicos y nitrogenados, y permanecerá en forma de cloro residual combinado. Lo que queda del cloro añadido es lo que se llama cloro residual libre (o cloro libre). Para conseguir que la aplicación de hipoclorito provoque la eliminación de los microorganismos que producen enfermedades —esto es, una buena desinfección—, hay que mantener la concentración de cloro residual libre por encima los 0,5 mg/l, durante un tiempo mínimo de media hora. Estos valores para la dosis y tiempos de contacto no son fijos, y podrían ser incrementados en función de la carga microbiana y del tipo de gérmenes presentes en el agua. Para realizar las cloraciones hay dos sistemas:

1.- Proporcional al caudal de agua. En este caso se instala una bomba, un contador emisor de impulsos que envía un señal a la bomba para cada litro de agua que pasa en el contador;

2.- En el caso de depósitos, también puede instalarse una recirculación y un controlador en línea, que realiza lecturas de cloro y controla la bomba dosificadora.

Existen alternativas a la desinfección con cloro: desinfección física [filtración por membranas (**Ficha 9 y 10**)]; acción de radiaciones UV (**Ficha 14**); y otros reactivos como

el ozono (**Ficha 13**), sales de plata, peróxido de hidrógeno, permanganato potásico.

### Condiciones previas

Es muy importante una dosificación adecuada, sobre todo de los productos del cloro (determinar la dosis para cada tipo de agua). No es muy recomendado clorar en combinación con una depuración biológica, ya que los productos químicos podrían tener un efecto negativo sobre la biomasa.

### Ventajas

- Equipos relativamente simples (versatilidad, facilidad de aplicación: medida y control)
- Persistencia
- Economía

### Limitaciones

- La eficacia desinfectante del cloro depende del pH
- Formación de THM (trihalometanos), producen efectos secundarios que pueden ser nocivos (limitación en aguas de consumo)
- Características organolépticas desagradables (sobre todo es una limitación en aguas de consumo)

### Aplicabilidad

Es un tratamiento aplicable en aguas recicladas, especialmente en las que se utilizan en los arcos donde hay posibilidad de aerosolización. La desinfección es un paso importante antes de la aplicación a la maquinaria para evitar la proliferación de la legionela (instalaciones de bajo riesgo, según R.D. 865/2003), además de tener un control de otros microorganismos que marca R.D. de legionela, tales como *E. coli* y *Aerobios* totales.

### Valoración

El peróxido de hidrógeno y la cloración son los más utilizados en los módulos recuperadores de

agua de los lavados de vehículos. La cloración, incluso a bajas dosis, consigue un efecto positivo. El peróxido de hidrógeno es relativamente inestable, lo que propicia que sea muy activo en el lugar donde se dosifica, pero que luego se desintegre y no presente una actividad más larga. Esto puede ser una ventaja en cuanto al riesgo de daños en los equipos, vehículos y/o personas.

### Referencias

Salvatella et al. (s.d.)

## FICHA 13. Ozonización

### Descripción

La ozonización es un proceso de oxidación avanzada. En el agua, comprende, fundamentalmente, tres instalaciones o equipos: la generación de ozono (ozonizador); contacto del ozono con el agua (contactor), que suele realizarse o por difusores de burbujas o mediante inyectores del tipo Venturi; y, finalmente, el destructor de ozono residual liberado o emitido de las cámaras de mezcla, que se suele realizar por destrucción térmica o por destrucción catalítica con catalizadores de paladio, óxido de níquel o manganeso.

### Condiciones previas

Antes del tratamiento con ozono es recomendable el pretratamiento del agua con una decantación y separación de aceites y grasas. Si el agua lo requiere será necesario complementar el pretratamiento con un fisicoquímico. De esta forma se optimiza el uso de ozono.

### Ventajas

- En un principio no se requiere añadir ningún producto químico.
- No se generan lodos.
- El ozono no sólo reacciona con las sustancias contaminantes, sino también con microorganismos. Utilizado como predesinfección para la eliminación de algas e inhibición de bacterias y virus. Requiere tiempo de contacto y dosis menores que el cloro. No produce subproductos halogenados a menos que el agua contenga bromuros.

### Limitaciones

- El uso de ozono depende fuertemente de la composición de las aguas residuales. La degradación, por ejemplo, de aceites y grasas requiere grandes cantidades de ozono (por eso se recomienda un pretratamiento, ver condiciones previas).
- La producción de ozono es continua, mientras que la producción de las aguas residuales puede variar mucho. Esto puede conducir a una variación de la calidad de los efluentes.
- El ozono es (en altas concentraciones) perjudicial para la salud. Por lo tanto, es necesario evitar que la concentración en el agua sea demasiado alta y se escape ozono.
- El coste de inversión es bastante alto. Consumo de energía importante.

- Mientras que el ozono en sí mismo es un desinfectante, puede no ser suficiente y requerirse desinfección (sobre todo si es necesario mantener el poder desinfectante).

### Aplicabilidad

El ozono (O<sub>3</sub>) es un oxidante fuerte, que se puede utilizar para oxidar compuestos orgánicos de las aguas residuales de lavado de vehículos, pero no para aguas muy sucias (más bien se utiliza como agente desinfectante, oxidante de compuestos tóxicos u orgánicos y agente para eliminar las partículas en suspensión).

En otras aplicaciones es utilizado en la oxidación de la materia orgánica e inorgánica, en un tratamiento para eliminar los compuestos que dan color, gusto y olor al agua. Elimina la turbidez, los iones metálicos y la parte de los trihalometanos presentes en el agua, contaminantes emergentes, etc.

### Valoración

Requiere una inversión alta, con mantenimiento especializado.

### Referencias

Mehrjoui et al. 2015.; Abwassertechnik Kersting

## FICHA 14. Desinfección mediante UV

### Descripción

La irradiación de los microorganismos con la luz ultravioletada (UV) (a una longitud de onda entre 250 y 260 nm, con un máximo alrededor de 254 nm) provoca una reacción fotoquímica en el material genético (ADN), que hace que el metabolismo se pare. La fuente de rayos UV se obtiene mediante equipos especializados capaces de producir estas longitudes de onda. La fuente de radiación UV se encapsula, de manera que el riesgo de contacto con esta radiación es mínimo. El proceso es fácil de automatizar pero requiere una limpieza regular.

### Condiciones previas

El agua a tratar tiene que ser muy clara. El paso de los rayos UV queda muy reducido por la presencia de materia en suspensión. Los tubos de vidrio se tienen que limpiar con regularidad

### Ventajas

- Eficacia y rapidez
- No origina THM
- No modifica las características del agua (olor, color, sabor, pH)
- No requiere adición de reactivos químicos, son sistemas compactos y fáciles de instalar

### Limitaciones

- Nula acción residual
- Dificultad de determinación rápida de la eficacia
- No aplicable en aguas con turbidez

### Aplicabilidad

El tratamiento UV se utiliza comúnmente en la industria farmacéutica y la alimentaria, la preparación de agua, y en menor medida, en el tratamiento de aguas residuales

### Valoración

En el sector de lavado de vehículos no es una técnica habitualmente aplicada ya que es más cara en comparación con otras técnicas y sobre todo, porque requiere que el agua se muy clara (máximo 5 NTU), cosa difícil con las recicladas del lavado.

### Referencias

Lenntech

## FICHA 15. Recuperación y uso del agua de lluvia

### Descripción

El agua de lluvia proveniente del tejado de la propia instalación o del tejado de un edificio adyacente puede ser perfectamente utilizada en el proceso de lavado de vehículos. Con esta finalidad, el agua de lluvia se recoge en un depósito correctamente dimensionado a través de las canaletas y bajantes. Los tanques de agua de lluvia suelen ir equipados con algún dispositivo automático para que, cuando se vacíen, se repongan con agua (normalmente de red). También van equipados con un rebosadero para que el exceso de agua de lluvia pueda salir.

### Condiciones previas

Filtración del agua previa a la entrada del tanque de recogida (normalmente a través de un tamiz o filtro de malla). El volumen del tanque de almacenaje tiene que ser de tamaño y material adecuados (existen diferentes métodos para este cálculo).

### Ventajas

- El abastecimiento del agua de lluvia es barato; sin embargo, una vez contaminada, el vertido se rigue según normas de vertimiento en Colombia.
- Es una agua relativamente baja en iones (interesante para las fases de enjuague). Si se utiliza para estas fases no será necesario descalcificarla.

### Limitaciones

- Contiene sólidos en suspensión procedentes del techo; por lo tanto, requiere una filtración.
- La calidad no es constante (pueden registrarse variaciones de pH que, si son muy importantes, se deberán de neutralizar).
- El paso alternativo de agua de lluvia y de red puede implicar cambios en la dosificación, etc. si se quiere mantener la misma calidad de lavado.
- Las cantidades disponibles de agua de lluvia son generalmente insuficientes para satisfacer la demanda y, además, el suministro de agua de lluvia según el régimen pluvial puede ser totalmente irregular. El uso de lluvia es más factible cuando se incrementa la superficie disponible de techo.
- Puede haber crecimiento de algas (si el agua de lluvia se expone a la luz), que pueden conducir a bloqueos y a problemas de olores

(sobre todo en verano, aunque si hay movimiento, no suele ser habitual).

### Aplicabilidad

Para recoger el agua de techos y superficies no transitadas. Es una medida que se ha aplicado para el ahorro de agua (a nivel doméstico en viviendas unifamiliares o plurifamiliares).

### Valoración

Si la instalación dispone de suficiente superficie de recogida, es una inversión que puede resultar rentable; se ahorrará agua de red y el mantenimiento y operación es sencillo. Hay distintos proveedores en el mercado que ofrecen sistemas completos de recogida de pluviales.

### Referencias

Huybrechts et al. 2002; MinAqua E4; ACA 2011; Fundación Ecología y Desarrollo (b)

# Anexo II

## Ahorro eficiente del agua.

## Reciclaje del agua residual del lavado de vehículos

A tener en cuenta dentro del capítulo de la ordenanza municipal destinado a SISTEMAS Y MEDIDAS PARA EL AHORRO DE AGUA

### 1. Obligatoriedad de instalar recicladores de agua en los lavados de vehículos

Todas las instalaciones industriales destinadas a lavar vehículos tienen que tener un sistema de reutilización del agua que permita la recuperación de al menos el 60 % del agua utilizada en cada lavado, independientemente del tipo de instalación.

### 2. Usos aplicables del agua recuperada

El agua recuperada se destinará solo para usos internos y principalmente se utilizará para volver a lavar vehículos. En casos puntuales y debidamente justificados, se puede contemplar el uso para riego o limpieza interna de la instalación cumpliendo los requisitos para estos usos específicos.

Independientemente del tipo de instalación (autolavado a mano boxes, puente, túnel, etc.), el agua recuperada se destinará preferentemente a las fases de prelavado y lavado (hidrolavadoras a presión, arcos de espuma y espuma activa, arco cepillos o en su defecto de alta presión, lavado de ruedas y de los bajos del vehículo). Si se dispone de un sistema que permita recuperar un porcentaje de agua

más elevado, se recomienda que no sea nunca superior al 90 % (es decir, que se haga una aportación al menos del 10 % de agua de red en el acabado final).

### 3. Diseño y dimensionado de las instalaciones

3.1. El diseño y dimensionado de las instalaciones de recuperación de aguas residuales del lavado de vehículos se hará de acuerdo con cada tipo de instalación (capacidad máxima).

3.2. Deben recogerse de forma separada las aguas provenientes del lavado de vehículos, de las negras (provenientes de los inodoros) y de las pluviales. Sólo las aguas residuales provenientes del lavado de vehículos irán al sistema de recuperación para este uso.

3.3. El sistema de recuperación del agua debe optar por la mejor tecnología disponible (sea convencional o natural / extensiva) que garantice un nivel de tratamiento adecuado para cumplir los requisitos establecidos en el apartado 4 de este artículo. Debe contar con los siguientes elementos:

- Un pretratamiento que incluya, al menos, un decantador que permita la separación de los sólidos más groseros y un separador de hidrocarburos (homologados y que cumplan normativa de saneamiento vigente en Colombia).

- Un bombeo después de este pre-

tratamiento hacia el sistema de recuperación o reciclaje

- Un contador medidor de flujo de registro que permita la recogida de muestras (antes de entrar en el sistema de reciclaje o el punto de vertido final, ya sea a medio o a alcantarillado)

- Un sistema de reciclado o recuperación con la tecnología adecuada, bien sea convencional (como, por ejemplo, tecnologías compactas de filtro de arena, ultrafiltración, etc.) o no convencional (por ejemplo, las tecnologías naturales o extensivas); esta última opción se recomienda especialmente si se dispone de suficiente espacio, por sus ventajas en cuanto a menor costo de operación y mantenimiento y mejoras en la integración paisajística de la instalación.

- Un depósito acumulador del agua recuperada. Se recomienda minimizar el volumen del tanque de almacenamiento para evitar problemas de deterioro del agua tratada. El fabricante debe considerar los caudales y tiempos de servicios mínimos para asegurar un óptimo funcionamiento de la instalación. El depósito debe estar correctamente señalizado, debe disponer de una entrada independiente de agua de red que permita mantener de forma automática el nivel mínimo requerido para el consumo y debe tener un rebosadero conectado a alcantarillado.

- Un contador para el agua de red aportada y uno para el agua recuperada suministrada.

- Un sistema de desinfección au-

tomática para mantener la calidad en el punto final de uso (cloración, ozonación, radiación ultravioleta, etc.).

- Para la prevención y el control de la legionelosis, todos los elementos de la instalación deben resistir una temperatura máxima de 70°C (setenta grado centígrados) y una cloración de 30 mg/l (treinta miligramos litro) de cloro residual libre

#### 4. Requisitos del agua recuperada

4.1. En el momento de la redacción de esta Guía no existe aún normativa específica que regule el reciclaje de aguas grises en instalaciones de lavado de vehículos. Es por este motivo que se considerarán los requisitos mínimos en base a la normativa existente en cuanto a reutilización de aguas depuradas (Ver marco Jurídico), por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas, Tabla 1, calidad 1.2 d). Los Valores Máximos Admisibles a considerar en el agua gris reutilizada en el lavado de vehículos son: 20 mg/L por los sólidos en suspensión; 10 NTU para la turbidez; 200 UFC/100 mL por *E. coli* y 1 huevo/10 L para Nemátodos intestinales (considerando al menos los géneros *Ancylostoma*, *Trichuris* y *Ascaris*).

4.2. Las instalaciones de lavado de vehículos están contempladas otros aparatos que acumulen agua y puedan producir aerosoles por el que se establecen

los criterios higiénico sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. Concretamente, están catalogados como una instalación de “menor probabilidad de proliferación y dispersión de legionela”. Por este motivo deberá también cumplir los requisitos mínimos de esta normativa, que consisten en una analítica anual de *Legionella* spp. según norma ISO 11731 parte 1, y un recuento total de aerobios a la salida de los pulverizadores con agua reciclada.

4.3. En caso de que para la desinfección adicione cloro, el nivel de cloro residual libre (mg Cl<sub>2</sub>/L) en el depósito de almacenamiento debe estar entre 0,5 a 2,0 y el pH entre 7,0-8,0.

#### 5. Operación y mantenimiento del sistema de recuperación

5.1. Puesta en servicio: se hará de acuerdo con las instrucciones facilitadas por el fabricante del sistema de tratamiento. Incluirá todas las operaciones necesarias, así como las comprobaciones requeridas para garantizar que el equipo se ha instalado y funciona de forma correcta y segura. El operador del equipo deberá formar adecuadamente en el funcionamiento y control del mismo. Se verificará que se disponga de una copia de toda la documentación de operación y mantenimiento del equipo.

5.2. Operación: incluye las acciones necesarias para mantener buenas condiciones de operatividad, la aportación de los productos químicos por los sistemas de dosificación y control de los parámetros de funcionamiento con la frecuencia especificada por el fabricante. También incluirá acciones necesarias para hacer frente a situaciones previsibles, como por ejemplo, periodos de no utilización prolongados.

5.3. Mantenimiento: el protocolo de mantenimiento debe ser proporcionado con el equipo. Debe incluir como mínimo las siguientes operaciones (frecuencias indicadas por el fabricante):

- Verificación del correcto funcionamiento de cada etapa del tratamiento

- Sustitución de piezas gastadas

- Verificación y limpieza de los filtros

- Limpieza de los depósitos de almacenamiento

- Verificación del rendimiento (Rendimiento % = [1 - volumen total de agua apta para el consumo humano aportado / volumen total de agua reciclada suministrada] x 100).

- Controles analíticos necesarios para verificar la eficacia del tratamiento y la seguridad del agua reciclada

- Registro de operaciones: todos los datos recopilados durante la puesta en servicio, de operación y mantenimiento, deberán registrarse en un diario de operaciones que tenga al menos datos de la instalación, intervenciones de mantenimiento, incidencias y reparaciones, y controles analíticos.

En el caso de los lavados de vehículos (aplicaciones con aerosolización) deberán tener en cuenta todas las especificaciones de mantenimiento por el que se establecen los criterios higiénico sanitarios para la prevención y control de la legionelosis así como la Guía Técnica para la prevención y control de la legionelosis en instalaciones

