

Noviembre 2018 - ISSN: 1696-8352

## **DISEÑO DE FILTRO CON FIBRAS NATURALES PARA PURIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE LAVADORA DE VEHÍCULOS**

**Javier Renato Moyano Arévalo**

Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. Carrera de Ingeniería de Mantenimiento, javier.moyano@esPOCH.edu.ec

**Eugenia Mercedes Naranjo Vargas**

Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. Carrera de Ingeniería Industrial, eugenia.naranjo@esPOCH.edu.ec

**Carlos José Santillán Mariño**

Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. Carrera de Ingeniería Industrial, csantillan\_m@esPOCH.edu.ec

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Javier Renato Moyano Arévalo, Eugenia Mercedes Naranjo Vargas y Carlos José Santillán Mariño (2018): "Diseño de filtro con fibras naturales para purificación de aguas residuales de lavadora de vehículos", Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, (noviembre 2018). En línea:

<https://www.eumed.net/rev/oel/2018/11/filtro-purificacion-aguas.html>

### **RESUMEN**

El planeta requiere la ayuda de la humanidad y una de ellas fue dimensionar un filtro a base de fibras naturales como es la totora, fibra que se encuentra en el medio local de la provincia de Chimborazo y en el entorno ecuatoriano, para disminuir la cantidad de contaminantes como grasas e impurezas que se hallan en los exteriores e interiores de los vehículos cuando estos están en las distintas lavadoras de las zonas de la urbe. Además de ser este filtro biodegradable con el ambiente.

El dimensionamiento es proporcional al diámetro de tubería sea de ½ o de 2 pulgadas es indistinto la distribución y ubicación de las fibras es la consideración para que el procedimiento de filtrado de agua sea idóneo. Además se realizó un análisis de aguas sea cruda y la tratada del filtrado para medir la cantidad de impurezas el valor de turbiedad del agua cruda es de 180,4 UNT y de la tratada un valor de 30,7 UNT; la cantidad de sólidos sedimentables es de 3 mL/L y la tratada un valor menor a 0,1 mL/L, sólidos totales de un valor de 44 730 mg/L para el agua cruda y de 2100 mg/L, la demanda química de oxígeno es de 32400 mg/L, mientras que el valor de tratado es de 610 mg/L, la

demanda bioquímica de oxígeno es de 32400 mg/L reducido a 430 mg/L; la composición de aceites y grasas 870 mg/L reducido a 39 mg/L.

Palabras claves: Filtro, fibras naturales, contaminación, análisis de aguas, simulación.

#### **ABSTRACT:**

The planet requires the help of humanity and one of them was to design a filter based on natural fibers such as the totora, a fiber found in the local environment of the province of Chimborazo and in the Ecuadorian environment, to reduce the amount of contaminants such as fats and impurities found in the exteriors and interiors of vehicles when they are in different washing machines in the areas of the city. In addition to being this filter biodegradable with the environment.

The dimensioning is proportional to the diameter of the pipe, whether it is ½ or 2 inches, regardless of the distribution and location of the fibers, so that the water filtering process is suitable. In addition, a raw water analysis was carried out and the filtrate was treated to measure the amount of impurities. The turbidity value of the raw water was 180.4 NTU and the treated value was 30.7 NTU; the amount of settleable solids is of 3 mL / L and the treated one a value lower than 0.1 mL / L, total solids of a value of 44 730 mg / L for raw water and of 2100 mg / L, the chemical demand of oxygen is 32400 mg / L, while the treated value is 610 mg / L, the biochemical oxygen demand is 32400 mg / L reduced to 430 mg / L; the composition of oils and fats 870 mg / L reduced to 39 mg / L.

Keywords: Filter, natural fibers, pollution, water analysis, simulation.

## **INTRODUCCIÓN:**

Las principales polémicas que se presentan en el mundo es la contaminación desmedida por parte de las personas hacia el medio natural que nos ofrece el planeta. Muchas son las medidas secundarias que las personas buscan adoptar para crear concientización hacia la problemática, una de ellas es buscar alternativas que ayuden al planeta y a la vez que no se genera mayor contaminación aparte de la existente, esta medida incurre en optar por material de origen orgánico. Al evidenciar que existe una gran contaminación de agua en lavadoras de vehículos y con la finalidad de reducir esta contaminación se determina el propósito de construir un filtro con base totora, algodón y carbón activo que permita reducir la aglomeración de sustancias tóxicas a los sumideros de alcantarillado como detergentes grasos, suciedad que se genera y aglomera en las distintas lavadoras de carros en la ciudad de Riobamba. Esta medida permitirá reducir de manera porcentual la contaminación en el agua residual de la ciudad de tal manera que el agua pueda ser reutilizada para la agricultura u otras actividades.

## **MARCO TEÓRICO:**

**Agua:** Es uno de los recursos más importantes para la supervivencia de los seres vivos, cada vez son los requerimientos de este líquido vital ya que el medio poblacional ha venido incrementándose día tras día (Vicenta, 2016).

**Calidad de agua:** representa el conjunto de características físicas, químicas, biológicas que el agua se apropiada dependiendo la aplicación sea para consumo humano, animal, plantas o para poder ser retornadas a las fuentes fluviales, para definir la calidad del agua es necesario definir las condiciones fisicoquímicas y biológicas de un medio natural que no ha sufrido intervención humana (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2016).

### **Aguas residuales:**

Son materiales derivados de residuos domésticos, industrial, las cuales deben ser tratadas antes de ser vertidas en ríos o fluentes naturales (Baron, 2009).



*Figura 1. Lavadora para carros pequeños*  
Fuente: Los autores.

### **Normativa:**

Existen algunas normas que establecen criterios de calidad en función del uso, dentro de normativa europea se manejan algunas normas como las que se detalla a continuación (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2016).

- Normativa Europea Normativa española abastecimiento humano(captación), Directiva 75/440/CEE, R, D, 927/1988 (Anexo I del R.A.P.A y O.H. \*). ORDEN 11/05/1988 y Orden 15/10/1990.
- Abastecimiento Humano (agua potable) Directiva 80/778/CEE directiva 98/83 CE R.D. 1423/82, R.T.S. \*\* para aguas potables.
- Baño (uso recreativo) Directiva 79/160/CEE R.D. 927/1988 (Anexo II del R.A.P.A y P.H.\*)
- Directiva 75/440/CEE: relativa a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable (DIRECTIVA DEL CONSEJO, 1975).
- Directiva 76/464/CE: relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas desde fuentes terrestres en el medio acuático (BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO, 2014).
- Directiva 91/271/CEE: relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas consideraciones generales (WIKI, 2018).

**Composición:** para composición de agua se realiza mediante mediciones físicas, biológicas, químicas, a su vez los sólidos suspendidos que se clasifican en sedimentables y no sedimentables; volátiles y no volátiles. La composición de las infiltraciones como se muestra en la figura 2, implica la procedencia como por ejemplo las aguas subterráneas, agua lluvia, industria del papel, agua proveniente de hogares, aguas de desecho de un hospital, lavadoras, industrias (Baca, y otros, 2014).

Sólidos mg/L					
Tipo de sólido	Fijos	Volátiles	Total	DBO5 mg/L	DQO mg/L
Suspendidos	70	175	245	110	108
Sedimentables	45	100	145	50	42
No sedimentables	25	75	100	60	66
Disueltos	210	210	420	30	42
TOTAL	280	385	665	140	150

Figura 2. Valores típicos en aguas residuales domésticos  
Fuente: Comisión de Aguas de la ciudad de México

En la figura 3. que se muestra a continuación se muestra alguno de los contaminantes que usualmente se encuentran en las aguas residuales.

Contaminante	Origen
Fosfatos	Aguas residuales, agricultura, detergentes
Nitratos y nitritos	Aguas residuales, quema de combustibles fósiles, abonos nitrogenados para el campo
Sulfanatos alquílicos	Detergentes de aguas residuales y desechos industriales
Plaguicidas derivados del cloro	Sanitización del campo e industria. Desechos industriales, como en la fabricación de plaguicidas, manufactura de lana y alfombras
Asbesto	Actividad minera, industria del asbesto, industria del cemento
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Vapores de motores de combustión interna y diesel, desechos de fábricas de gas, refinerías e industrias químicas
Petróleo	Extracción de petróleo, refinación, industria petrolera
Materia orgánica degradable	Aguas residuales, basura, desechos industriales y agrícolas
Bacterias patógenas	Excreciones humanas y animales
Dióxido de carbono	Quema de carbón y gas para la generación de energía eléctrica
Anhidrido sulfuroso	Quema de combustibles que contienen azufre
Fluoruros	Producción de aluminio, acero, abonos fosfatados y fabricación de ladrillos
Mercurio	Procesos de minería, refinación, laboratorios médicos, galvanoplastia
Plomo	Motores de combustión interna, fundición de plomo, industria química, elaboración de pinturas, plaguicidas, barnices y esmaltes
Cadmio	Minería, metalurgia, industria química, elaboración de pinturas y plásticos

Figura 3. Principales contaminantes del agua y su origen  
Fuente: Comisión de Aguas de la ciudad de México

**Las fibras.** Son materiales poli cristalinos o amorfos con diámetros pequeños y gran longitud (Macía, M., 2006), son generalmente polímeros y cerámicos, además las fibras soportan la mayor parte de la fuerza transmitida por el material de la matriz (Villareal, 2014). Las fibras se subdividen en:

- Fibras inorgánicas. Están conformadas por productos químicos inorgánicos en base a elementos naturales como el carbono, silicio y boro poseen alta resistencia térmica y mecánica en comparación a otras fibras (Callister, 2014).

- Fibras sintéticas. Son derivados de petróleo, son artificiales y se utiliza en la industria textil uno de los ejemplos más comunes son el nylon el cual es uno de los productos más comercializado en textilería (Nowell, 2011).
- Fibras naturales. Estas fibras pueden ser de origen animal, vegetal o mineral, las de mayor facilidad son de origen vegetal y presentan una baja densidad y bajo costo de obtención (Ludeña & Tinoco, 2010).

La cantidad, orientación y conformado de las fibras refuerzo de acuerdo a la fracción volumétrica de la fibra el desempeño del mismo varía ya que las fibras son las encargadas de soportar la carga aplicada, así como en el presente estudio se enfatiza al paso de flujo de agua sucia. La fracción máxima de volumen de la fibra es alrededor del 80% y si excede esta cantidad el material de la matriz no rodea en su totalidad a la fibra ( Donald R & Wendelin J. , 2016).

Una de las aplicaciones prácticas para realizar un pre-tratamiento del agua como para mejorar las características físicas eliminando material flotante, solidos suspendidos, sedimentables entre ellos está el cribado, sedimentación simple, clarificación, filtración (Peñaranda, 2016).

- Cribado: aplica una malla para no permitir el paso de material o contaminantes (Pérez, 1986).
- Sedimentación simple: es el proceso para crear un desarenador para evitar aglomeración de lodo en el lugar o tubería captadora (FLÓREZ, 2009).
- Clarificación: ocupa sustancias que ayudan a eliminar propiedades coagulantes, como alumbre, sulfato de aluminio, almidones, glucógenos (Richard, 2016).
- Filtración: proceso físico que mejora el tono del agua al retener los sólidos presentes al hacer pasar el líquido por capas de elementos porosos o granular como arena, arcilla, carbón, papel, telas, fibras naturales, yute, entre otros materiales que facilitan el proceso.
- Destilación: Sirve para separar los componentes de líquidos miscibles, el proceso consiste en calentar la mezcla e ir obteniendo los componentes de la sustancia, esta se utiliza en la industria petrolera, química y en bebidas alcohólicas, permitiendo recuperar o purificar sustancias.

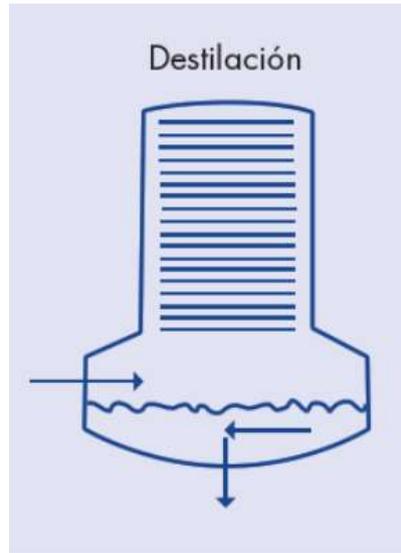


Figura 4. Proceso de destilación  
Fuente: Baca y otros 2014.

- Evaporación: El proceso implica someter a la sustancia a calor a su vez venciendo el valor de presión para que se genere el cambio de fase, en la industria existen muchos evaporadores como la capsula de evaporación, caldeo por gas, evaporador de simple efecto, evaporador de múltiple efecto.

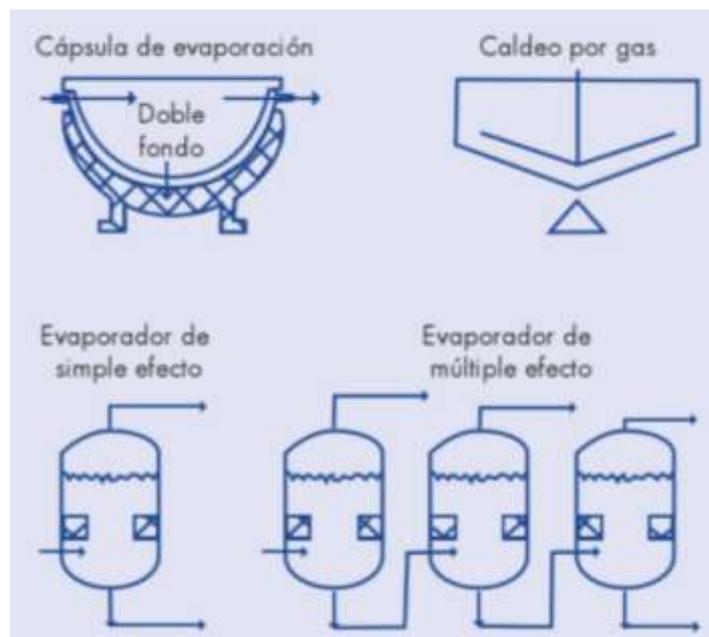


Figura 5. Procesos de evaporación  
Fuente: Baca y otros 2014.

- Secado: es la eliminación de sustancias mediante un proceso económico, esto se realiza a temperatura de bajo punto de ebullición, además se realiza en superficies grandes, con poca sustancia.

- Centrifugación: consiste en separar sólidos no disueltos, o líquidos, aplicando fuerza centrífuga.
- Tamizado: el proceso permite separar partículas quebrantadas, a través de mallas metálicas, de diferentes calibres (Baca, y otros, 2014).

### **Tipos de filtros**

- Filtro bioarena (BSF): poseen capacidad de 25 litros de agua con algunas capas de materiales como grava 5 cm, arena 5 cm, zeolita con un espesor de 2,5 cm, y arena muy fina.

Existen muchos filtros de origen natural, uno de ellos es carbono activo, algunos minerales que permiten asimilar al proceso de purificación de líquidos en este caso el de agua



*Figura 6. Filtro con varios materiales*  
Fuente: Los autores

La orientación de las fibras juega un papel importante en el desempeño del compuesto debido a que se puede introducir en la matriz en varias orientaciones como se puede apreciar en la figura 6., la orientación con fibras cortas son aleatorias y proporcionan las mismas propiedades en todas las direcciones ya que tienen propiedades isotrópicas, las fibras largas unidireccionales tienen más capacidad de reforzamiento en dirección longitudinal ya que las fibras están alineadas en la dirección de la fuerza aplicada, por lo que poseen propiedades anisotrópicas (Askeland, 2004).

Hoy en día existen muchas aplicaciones de filtros para purificación de agua para el ser humano, pero algunos de ellos ocupan materiales que requieren un proceso o no son de origen natural, es decir tienen un procedimiento.



*Figura 7. Agua sucia de la lavadora*  
Fuente: Los autores

### **Manipulación de residuos:**

Debemos recordar que los residuos generados en el filtro, se debe manejar un sistema de gestión homologada, es decir tener conocimiento de no generar impactos ambientales, así como de reducirlos (Martínez Guijarro, Pachés Giner, & Aguado García, 2017).

En muchos países ya existen este tipo de políticas, con relación al manejo de sustancias residuales, lastimosamente en países latinoamericanos como Ecuador, aún no se analiza este trabajo para la sustentabilidad del planeta. El 88 % de aguas residuales llega a los ríos, pocas son las ciudades que cuentan con plantas de tratamiento de aguas así como Quito, Ambato, Ibarra (La Hora, 2016).

### **Parámetros físicos del agua:**

**Temperatura:** es un parámetro que afecta las propiedades fisicoquímicas como biológicas, se mide con un termómetro de mercurio medido en grados Celsius.

**Turbidez:** capacidad de absorber o dispersar la luz en el agua, es la cantidad de materia suspendida en función de su tamaño, forma y distribución de las partículas. Se determina con el método nefelométrico y se mide en unidades nefelométricas de turbidez (NTU).

**Sólidos:** son sustancias disueltas o suspendidas presentes en el agua, se subdivide en sólidos disueltos (SD), suspendidos (SS). Se determina mediante fracciones de sólidos en el agua es decir medir masa sin diferenciar ninguna otra característica.

Se conoce que en el agua existen sólidos suspendidos por lo que provoca la afectación en la calidad de agua.

**Sólidos totales:** son los sólidos suspendidos luego de ser sometidos a evaporación a una temperatura de 105 °C.

$$ST \left( \frac{mg}{L} \right) = \frac{(A - B) * 1000}{\text{volumen muestra (mL)}}$$

*A = peso residuo seco + cápsula a 105 °C (mg)*

*B = peso cápsula a 105 °C (mg)*

**Sólidos suspendidos (SS):** son determinados por filtración y posterior peso de material que se ha quedado retenido, es preferible para este proceso realizarlo a presión o vacío para que no se demore, estos filtros son de fibra de vidrio.

$$SS \left( \frac{mg}{L} \right) = \frac{(C - D) * 1000}{\text{volumen muestra (mL)}}$$

*A = peso capsula + filtro + residuo a 105 °C (mg)*

*D = peso cápsula + filtro a 105 °C (mg)*

**Totora:** Planta acuática, nativa de Ecuador, según datos tiene origen desde aproximadamente 8 000 años antes de Cristo, además de considerarse un hogar para muchos animales desde bacterias, peces, aves. Otra de sus bondades son las de purificación del sitio donde se halle, en lo medicinal tiene bondades como la prevención del bocio, cicatrizar heridas, lavar tumores, heridas y llagas (TOTORA SISA, 2009).



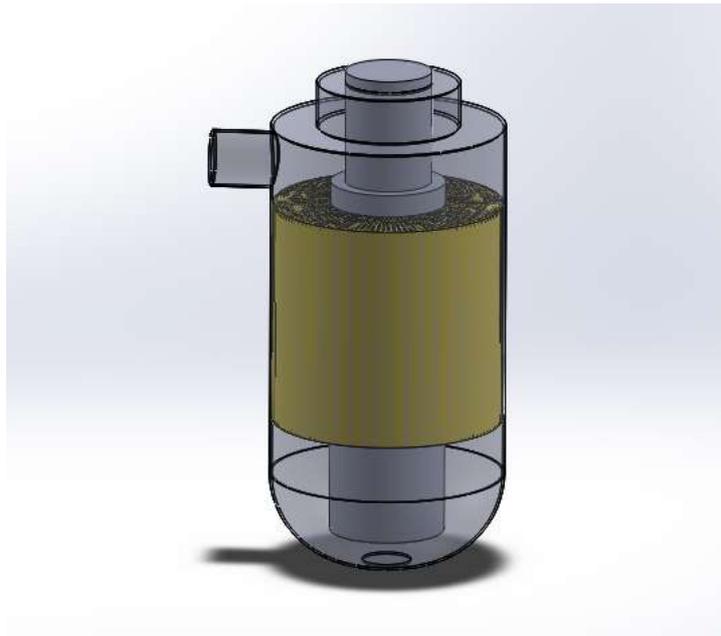
*Figura 8. Sembríos de totora*  
Fuente: <http://totorasisa.blogspot.com/>

**Medidas de seguridad:**

**METODOLOGÍA:**

En esta etapa de la investigación se aplican diferentes métodos para el desarrollo del proyecto, se detalla una metodología experimental, aplicada a la fabricación del filtro que se encuentra conformado por totora, carbón y algodón.

Se realiza en una primera instancia un modelado del filtro considerando la tubería como se observa en la figura 9, conformada por la ubicación vertical de la totora en dirección del flujo de agua residual que circulara por allí.



*Figura 9. Filtro de a base de totora*  
Fuente: Los autores

Con la finalidad de optimizar recursos se parte con la elaboración de un prototipo a base de tubería PVC, también se elabora un filtro de totora de acuerdo al diámetro interno de la tubería donde se va a instalar como se ilustra en la figura 10 y 11.



*Figura 10. Cúmulo de totora vista lateral*  
Fuente: Los autores



*Figura 11. Totora ubicada en la tubería*  
Fuente: Los autores

Una vez colocado el filtro dentro de la tubería se procede a colocar carbón activo con la finalidad de obtener mejores resultados en nuestro análisis como se observa en la figura 12.



*Figura 12. Los autores*  
Fuente: Los autores

Finalmente se realiza la recolección de agua residual necesaria para el análisis del presente proyecto, de una lavadora de automóvil como se observa en la figura 13.



*Figura 13. Recipiente antes de la filtración*  
Fuente: Los autores

Luego se coloca esta agua en el filtro y se evidencia el cambio del filtrado en su coloración y tonalidad apreciado esto en la figura 14.



*Figura 14. Comparación de aguas residuales*  
Fuente: Los autores

Con la recolección de agua filtrada se procederá con el siguiente paso que es el análisis de laboratorio. Al aplicar una investigación exploratoria se determina los elementos contaminantes a analizar, además se realiza una investigación explicativa y descriptiva con los análisis de laboratorio obtenidos del antes y después de haber utilizado el filtro en agua residuales determinando así que los elementos a analizar son:

Tabla 1. Elementos analizados

Turbiedad
Solidos sedimentables
Solidos totales
Demanda Química de oxígeno
Demanda Bioquímica de oxígeno
Aceites y grasa

Fuente: Los autores

Tabla 2. Análisis de aguas antes de filtración

	UNIDADES	VALORES REFERENCIALES	RESULTADOS
Turbiedad	UNT		180.4
Solidos sedimentables	mL/L		3
Solidos totales	mg/L	1600	4473.0
Demanda Química de oxígeno	mg/L	200	32400.0
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/L	100	20800.0
Aceites y grasa	mg/L		870

Fuente: Los autores

Tabla 3. Análisis de agua después de filtrado

	UNIDADES	VALORES REFERENCIALES	RESULTADOS
Turbiedad	UNT		30.7
Solidos sedimentables	mL/L		0.1
Solidos totales	mg/L	1600	2100.0
Demanda Química de oxígeno	mg/L	200	610.0
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/L	100	430.0
Aceites y grasa	mg/L		39.0

Fuente: Los autores.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS:

Realizado los análisis correspondientes entre agua residual y agua filtrada se determinó, que existe una disminución de turbiedad del 83.4% así como también los sólidos sedimentables decrecieron en un valor del 96.7%. Los sólidos totales disminuyeron en 53.1 %. En lo que refiere a la demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno se evidencia una rebaja de 98% y 97% respectivamente. Finalmente se determina una reducción de aceites y grasas del 95,5%.

## CONCLUSIONES:

El filtro a base de fibras natural de totora posee una eficiencia de 87,3%. Sabiendo que se debe mejorar en lo que refiere a la disminución de sólidos totales.

La totora posee una estructura esponjosa de los tallos y hojas, las cuales están conformadas por cámaras de aire que hacen una excelente absorción de aceites y grasas

Los ductos finos que forman la aerénquima de la totora hacen que sea un excelente filtro para la disminución de sólidos sedimentables.

## Bibliografía

- Martínez Guijarro , R., Pachés Giner, M., & Aguado García, D. (2017). *Manual de prácticas de laboratorio: evaluación de la calidad ambiental*. Valencia: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA.
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2016). *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades*. Obtenido de [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs161.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs161.html)
- Baca, G., Cruz, M., Gutiérrez, J., Pacheco, A., Eustorgio, Á., Rivera, I., & Obregón, M. G. (2014). *Introducción a la Ingeniería industrial*. México: Patria. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/reader.action?docID=3227816&query=metodos+de+purificacion+de+aguas+residuales+de+lavadoras>
- Baron, L. M. (2009). *Aguas residuales*. El Cid Editor | apuntes.
- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO. (2014). Real Decreto 817/2015. En BOE. Obtenido de <https://www.boe.es/boe/dias/2015/09/12/pdfs/BOE-A-2015-9806.pdf>
- Callister. (2014). *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales*. Estados Unidos: Jhon Wiley & Sons.
- DIRECTIVA DEL CONSEJO. (1975). *Relativa a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua*.
- Donald R, A., & Wendelin J. , W. (2016). *Ciencia e Ingeniería de los materiales*. México.
- FLÓREZ, J. M. (2009). CLARIFICACIÓN DE AGUAS USANDO COAGULANTES POLIMERIZADOS: CASO DEL HIDROXICLORURO DE ALUMINIO. *DYNA*.
- La Hora. (29 de Octubre de 2016). Ecuador: 88% de las aguas residuales llega a los ríos . *La Hora*. Obtenido de <https://lahora.com.ec/noticia/1101997377/home>
- Ludeña, J., & Tinoco, F. (2010). *FORMULACIÓN DE PASTA ROJA PARA LA ELABORACIÓN DE UN FILTRO CERÁMICO PURIFICADOR DE AGUA Y VERIFICACIÓN DE SU EFECTIVIDAD FILTRANTE*. Loja.
- Macía, M. (2006). *Las plantas de fibra*. Obtenido de <http://www.beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2023.pdf>
- Nowell, J. (2011). *Ciencia de materiales aplicaciones en ingeniería*. México: Alfaomega Grupo Editor.
- Peñaranda, N. E. (2016). *Análisis de Filtros Caseros como Técnica de Potabilización del A*. Bogotá.

- Pérez, J. (1986). *COAGULACION*. Obtenido de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan/007926/07926-09.pdf>
- Richard. (2016). *Mechanical characterisation of Typa*.
- TOTORA SISA. (2009). Totorisa s.c.c. *Totorisa Sisa*. Obtenido de <http://totorasisa.blogspot.com/>
- Vicenta, M. A. (2016). *Gestión y conservación de aguas y suelos*. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Villareal, M. G. (2014). *OPTIMIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE COMPOSITOS DE RESINAS POLIESTER REFORZADO CON FIBRAS DE VIDRIO Y CARGAS DE CARBONATO DE CALCIO*. México.
- WIKI. (2018). *Ingeniería de aguas residuales*. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/espochsp/reader.action?docID=3174796&query=TRATAMIENTO+DE+AGUAS+RESIDUALES>