



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2024,
Volumen 8, Número 2.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2

REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON ACEITE AUTOMOTRIZ RESIDUAL UTILIZANDO UN SISTEMA DE LAVADO CON SURFACTANTE COMERCIAL

**REMEDIATION OF SOIL CONTAMINATED WITH RESIDUAL
AUTOMOTIVE OIL USING A COMMERCIAL SURFACTANT
FLUSHING SYSTEM**

Marco Arturo Arciniega Galaviz

Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Los Mochis. Departamento Académico de Ingeniería y Tecnología, México

Jeovan Alberto Ávila Díaz

Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Los Mochis. Departamento Académico de Ingeniería y Tecnología, México

Pedro Hernández Sandoval

Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Los Mochis. Departamento Académico de Ciencias Naturales y Exactas, México

Karla Judith Moreno Rentería

Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Los Mochis. Departamento Académico de Ciencias Económico-Administrativas, México

Narda Anabel Cota Nolazco

Rotoplas del Pacífico, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10911

Remediación de Suelos Contaminados con Aceite Automotriz Residual Utilizando un Sistema de Lavado con Surfactante Comercial

Marco Arturo Arciniega Galaviz¹

marco.arciniega@uadeo.mx

<https://orcid.org/0000-0001-8532-7130>

Universidad Autónoma de Occidente,
Unidad Regional Los Mochis.
Departamento Académico de Ingeniería y
Tecnología.
México

Jeovan Alberto Ávila Díaz

jeovan.avila@uadeo.mx

<https://orcid.org/0000-0002-7692-4547>

Universidad Autónoma de Occidente,
Unidad Regional Los Mochis.
Departamento Académico de Ingeniería y
Tecnología.
México

Pedro Hernández Sandoval

pedro.hernandez@uadeo.mx

<https://orcid.org/0000-0001-7005-4555>

Universidad Autónoma de Occidente,
Unidad Regional Los Mochis.
Departamento Académico de Ciencias
Naturales y Exactas
México

Karla Judith Moreno Rentería

karla.moreno@uadeo.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5584-0638>

Universidad Autónoma de Occidente,
Unidad Regional Los Mochis.
Departamento Académico de Ciencias
Económico-Administrativas
México

Narda Anabel Cota Nolazco

nardacota@icloud.com

<https://orcid.org/0009-0000-5064-1744>

Rotoplas del Pacífico
México

¹ Autor principal

Correspondencia: marco.arciniega@uadeo.mx

RESUMEN

Los aceites automotrices residuales son el segundo residuo peligroso más generado en México con un 19.9% del total, debido a un manejo inadecuado de éstos residuos se ven afectados cuerpos de agua, aire y suelo produciendo infertilidad de la tierra, contaminación del aire al ser quemados sin control y en caso de caer a cuerpos de agua se afecta la oxigenación del agua y daños a la flora y fauna acuática. Existe la necesidad de remediar suelos contaminados con aceite residual a través de tratamientos que permita eliminarlo, el lavado de suelos mediante el empleo de surfactantes comerciales es una opción para la remoción de dicho contaminante. En esta investigación se evaluó la eficiencia de remoción empleando detergente líquido foca como un surfactante, para tres distintas concentraciones (1ml, 3ml, 5ml) y a tres distintas velocidades de agitación (1500, 1700 y 2000 rpm). Como resultado del análisis se identificó que la concentración de cinco ml a una velocidad de 1500 rpm presenta mejores condiciones de remoción con un porcentaje de 94.2%. Aunque se emplearon tres distintas cantidades de surfactante y tres diferentes velocidades de agitación, en todos los tratamientos se obtuvieron importantes porcentajes de remoción, las mayores cantidades de eliminación de aceite residual se presentaron a velocidades de agitación baja. Es importante la aplicación de la legislación ambiental mexicana en materia de contaminación de suelos por medio de la inspección a centros de trabajo por parte de las autoridades para realizar el manejo de los aceites residuales de una manera segura.

Palabras clave: *Tratamiento, Detergente, Hidrocarburos*



Remediation of Soil Contaminated with Residual Automotive Oil using a Commercial Surfactant Flushing System

ABSTRACT

Residual automotive oils are the second most generated hazardous waste in Mexico with 19.9% of the total. Due to inadequate management of these wastes, bodies of water, air and soil are affected, producing land infertility and air pollution when burned. without control and if it falls into bodies of water, the oxygenation of the water is affected and damage to aquatic flora and fauna. There is a need to remediate soils contaminated with residual oil through treatments that allow it to be eliminated; soil washing through the use of commercial surfactants is an option for the removal of said contaminant. In this research, the removal efficiency using seal liquid detergent as a surfactant was evaluated, for three different concentrations (1ml, 3ml, 5ml) and at three different agitation speeds (1500, 1700 and 2000 rpm). As a result of the analysis, it was identified that the concentration of five ml at a speed of 1500 rpm presents better removal conditions with a percentage of 94.2%. Although three different amounts of surfactant and three different stirring speeds were used, significant removal percentages were obtained in all treatments; the highest amounts of residual oil removal occurred at low stirring speeds. It is important to apply Mexican environmental legislation regarding soil contamination through inspection of work centers by authorities to handle residual oils in a safe manner.

Keywords: *Treatment, Detergent, Hydrocarbons*

Artículo recibido 19 marzo 2024

Aceptado para publicación: 22 abril 2024



INTRODUCCIÓN

El objetivo 11 de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de la agenda 2030, busca que las ciudades y asentamientos humanos sean sostenibles, uno de las principales dificultades que aquejan a las ciudades es la contaminación del agua, aire y suelo (Naciones Unidas, 2022), una de las principales metas es minimizar el impacto ambiental negativo al desarrollar una mejor gestión de los desechos municipales y de otro tipo, como pueden ser los residuos peligrosos.

Uno del principal residuo peligroso generado en México es al aceite residual generado en maquinarias, en el año 2018, el 19.9% de los residuos peligrosos correspondieron a los aceites gastados lo que implica una cantidad de 478 838 toneladas al año (Semarnat, 2018).

La contaminación del suelo con el aceite residual automotriz es un problema económico y ambiental en el mundo, ya que al ser usados en maquinarias y motores adquieren metales pesado los cuales pueden contaminar al suelo, cuerpos de agua y agua subterránea. En el suelo los aceites usados afectan a la fertilidad, y en el agua la película flotante impide el enriquecimiento con oxígeno, indispensable para la vida de los microorganismos y para los procesos de renovación y reactivación. Los animales acuáticos mueren asfixiados por los restos de lubricantes que les tapan sus branquias, como derivados del crudo, los aceites contienen una preocupante cantidad de metales pesados, que llegan al cuerpo humano a través de la cadena alimentaria (Reyes, 1997).

Un problema común en los centros de cambio de aceite como son los talleres mecánicos, no disponen de un plan de almacenamiento adecuado por lo que se ven en la necesidad de arrojar el aceite a las coladeras de la ciudad. Una afectación importante sucede cuando estos siniestros dañan suelos agrícolas, provocando un perjuicio económico y social debido a la inutilización de estos suelos para la producción de cultivos o ganadería (Villena et al, 2019).

Existen diferentes tratamientos para remediar suelos contaminados, entre estos están las técnicas de remediación biológicas (biorremediación), bioventeo, bioestimulación, bioaumentación, biolabranza, fitorremediación, (Álvarez, 2006), extracción e inyección, biolabranza, electroquímicos y lavado de suelos.

El objetivo de la investigación fue lavar un suelo contaminado con aceite automotriz residual empleando un surfactante, en este caso se utilizó el detergente comercial “foca”, en los



tratamientos se variaron las cantidades de surfactante y velocidades de agitación, y al final se determinó bajo qué condiciones se obtuvo el mayor porcentaje de remoción de aceite residual presente en el suelo.

METODOLOGÍA

Para este trabajo se tomó como antecedente el trabajo realizado por Castillo (2008), empleándose tres diferentes velocidades de agitación (1500, 1700, y 2000 rpm) y tres distintas cantidades de surfactantes (1,3 y 5 mililitros) disueltos en agua.

Preparación del Suelo

La muestra de suelo que se sometió al tratamiento fue preparada en el laboratorio, cuatro kilos de suelo agrícola seco y sin solidos grandes se mezclaron con un litro de aceite residual obtenido de un taller automotriz. Para cada tratamiento se emplearon 200 gramos de suelo contaminado con aceite residual y 600 mililitros de una solución acuosa con surfactante.

Desarrollo de la Prueba

En el tanque de mezclado se vertieron los 200 gr de suelo contaminado seco, 599 ml de agua destilada y 1ml de solución surfactante. En la segunda concentración se utilizó 200 gr de suelo contaminado seco, 597 ml de agua destilada y 3 ml de la solución surfactante. En la tercera concentración se utilizó 200 gr de suelo contaminado, 595 ml de agua destilada y 5ml de la solución surfactante.

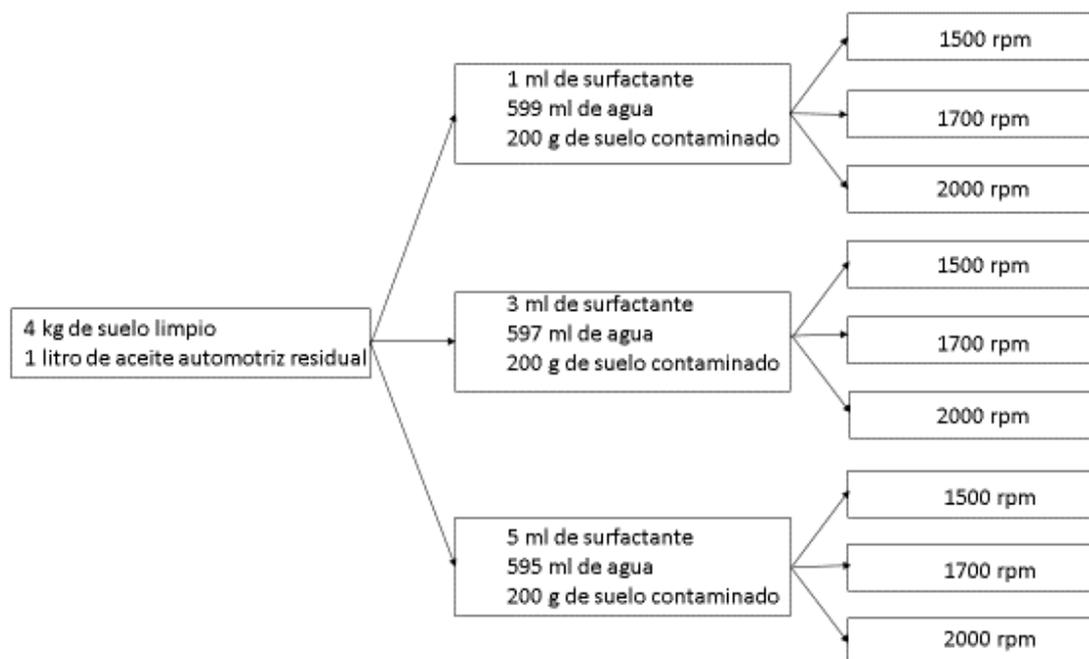
Las pruebas se realizaron con tres distintas velocidades de agitación a 1500 rpm, 1700 rpm y 2000 rpm, el tiempo de lavado de suelo se realizó haciendo funcionar el equipo durante 30 minutos cada uno de los nueve tratamientos (Figura 1).

Figura 1. Desarrollo de la prueba – lavado del suelo con surfactante



Una vez terminado el proceso de lavado, se trasladó la mezcla a otro recipiente donde se dejó sedimentar por 24 horas. Después de este periodo se decantó el agua de lavado y el suelo sedimentado se puso a secar a 60°C. En total se realizaron nueve tratamientos, utilizando tres diferentes cantidades de surfactante y tres distintas velocidades de agitación (Figura 2).

Figura 2. Diseño del experimento



Determinación del Aceite Automotriz Residual en el Suelo

La determinación del aceite automotriz residual antes y después de los tratamientos se realizó con el método de reflujo con equipo Soxhlet propuesto por (Fernández, 2006), consistió en extraer los hidrocarburos contenidos en el suelo mediante la acción de un solvente orgánico volátil apropiado, en este caso Diclorometano (CH₂Cl₂), que se recirculó a través de la muestra.

Antes de realizar los procesos de extracción debemos de obtener el peso constante como lo establece la metodología propuesta por la (NMX-AA-134-SCFI- 2006). El cálculo para conocer la concentración de Material Extraíble con Diclorometano (MED) .

La concentración de hidrocarburos totales de petróleo provenientes de la muestra se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Aceite automotriz residual} = \frac{P1-P2}{S} * 1,000,000$$

Donde:

P1= peso, en gramos, de la capsula vacía a peso constante.

P2= peso, en gramos, de la capsula con el extracto orgánico concentrado.

S= cantidad de suelo seco utilizado para la extracción, en gramos.

1,000,000= factor de conservación de g/kg a mg/kg de suelo seco.

Los cálculos se realizaron para las muestras de suelo contaminado y las muestras de suelo lavado después del tratamiento, con la finalidad de determinar el porcentaje de remoción

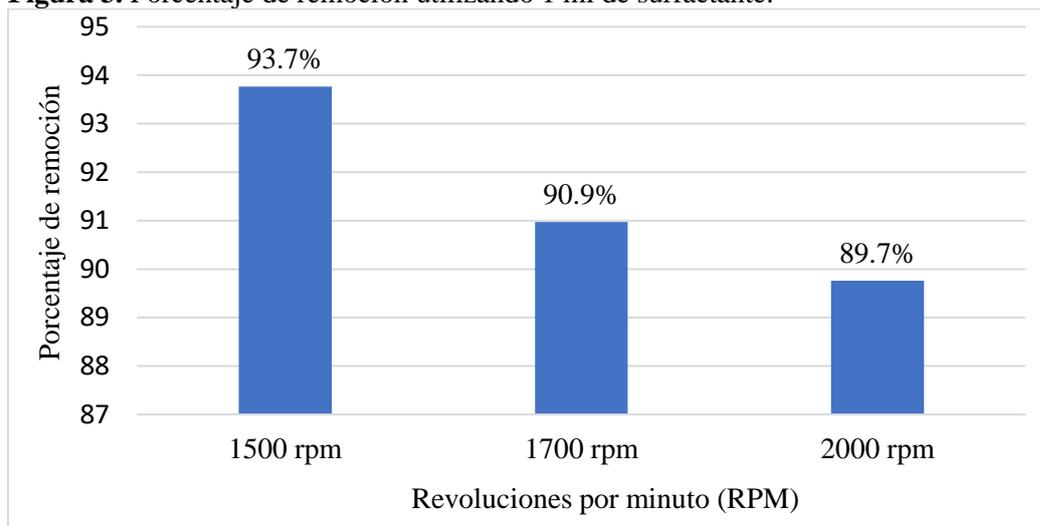
$$\% \text{ de remoción} = 100 - \frac{\text{Aceite residual despues del lavado} * 100}{\text{Aceite original contaminado}}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez obtenidos los porcentajes de remoción para cada uno de los nueve tratamientos, se realizó una base de datos para elaborar las graficas de distribicion y poder representar los resultados.

El mayor porcentaje de remoción empenado 1 mililitro de surfactante y 599 mililitros de agua se obtuvo empenado la agitación mas baja que fue de 1500 revoluicones por minuto (rpm), el cual fue de 93.7% (Figura 3) y el porcentaje mas bajo que fue de 89,7% se logró utilizando 2000 rpm, es importante mencionar que para lo tres velocidades de agitación el porcentaje de emoción fue considerable.

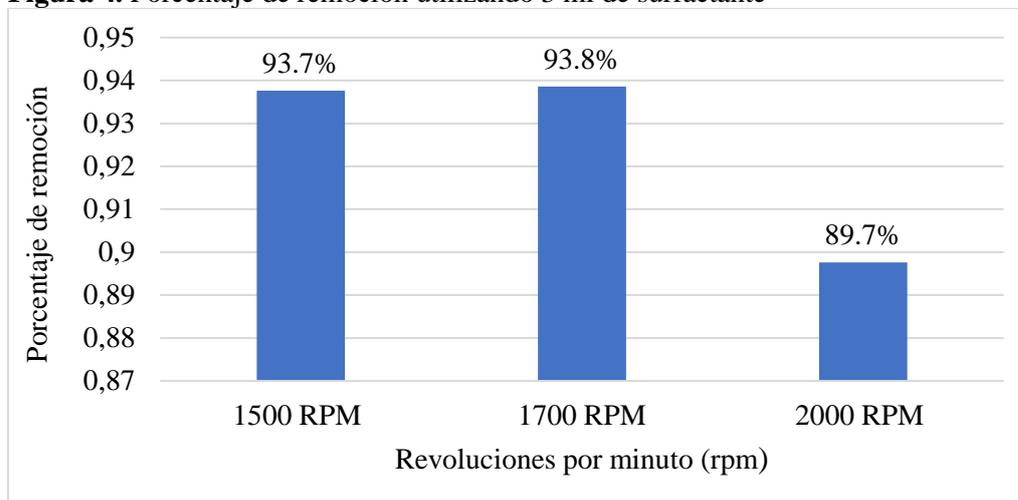
Figura 3. Porcentaje de remoción utilizando 1 ml de surfactante.



Para los tratamientos donde se utilizaron tres mililitros de surfactante y 597 mililitros de agua, el mayor porcentaje de remoción que se obtuvo fue de 93.8% utilizando 1700 rpm 8Figura 4) y el

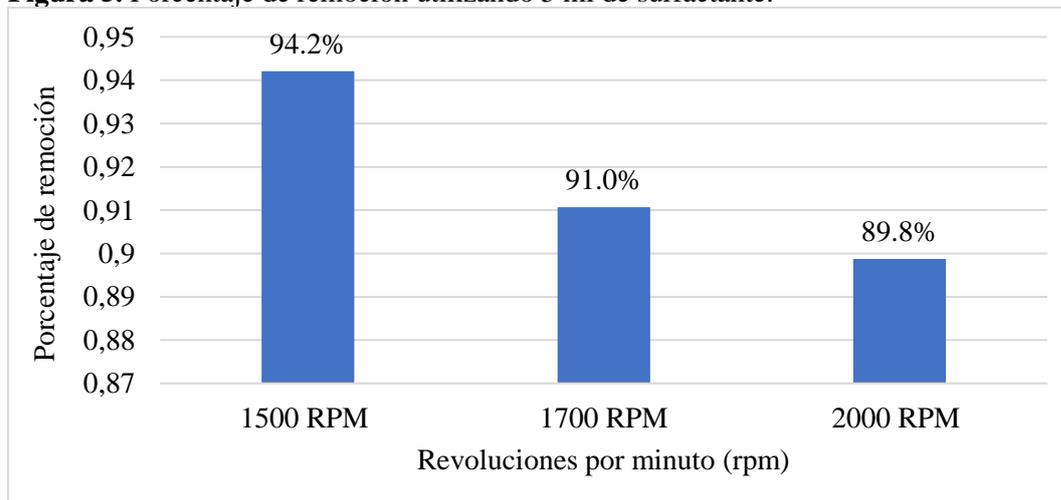
menor porcentaje empleado 2000 rpm, de igual manera, en los tres tratamientos en los que se utilizaron tres mililitros de surfactante, la eliminación de aceite automotriz residual fue de una manera considerable.

Figura 4. Porcentaje de remoción utilizando 3 ml de surfactante



Para los tratamientos de remoción de aceite automotriz residual donde se emplearon cinco mililitros de surfactante y 595 mililitros de agua, los porcentajes de remoción fueron considerables, pero el mayor porcentaje se obtuvo utilizando 1500 rpm logrando eliminar el 94.2% (Figura 5) y el menor porcentaje se logró empleando 2000 rpm.

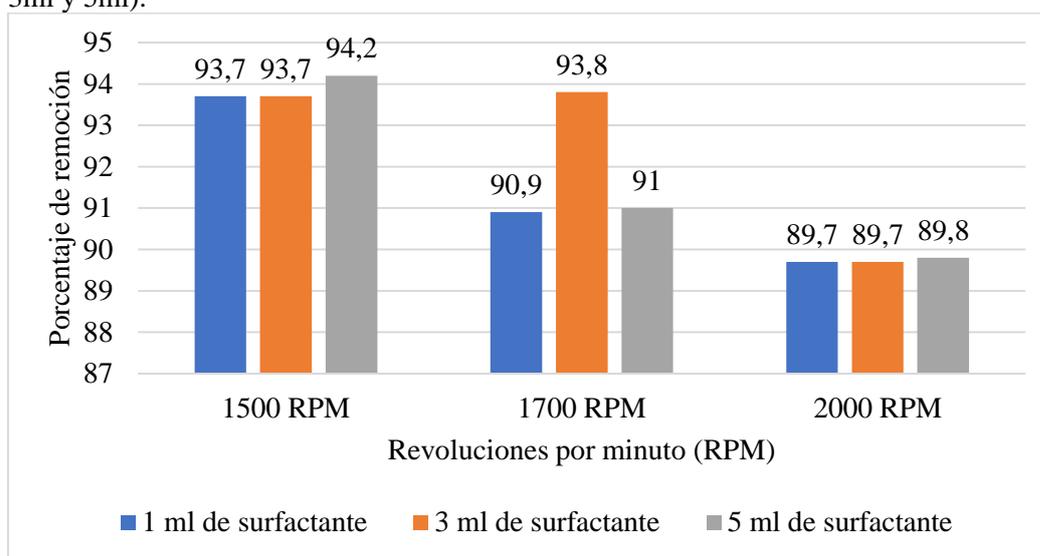
Figura 5. Porcentaje de remoción utilizando 5 ml de surfactante.



Para los nueve tratamientos realizados, el mayor porcentaje de remoción se obtuvo empleando cinco mililitros de surfactante y 595 mililitros de agua a una velocidad de agitación de 1500 rpm. En rango de remoción estuvo entre los 94.2% y 89.7% (Figura 6), no se aprecia una diferencia significativa entre los tratamientos. Es importante mencionar que los mayores porcentajes de

remoción se dieron empleando una velocidad de agitación de 1500 rpm y las menores cantidades de aceite automotriz residual eliminado se obtuvieron a 2000 rpm. Se puede decir que existe una tendencia en los porcentajes de remoción, esto es a una velocidad de agitación baja, la cantidad de aceite removido es mayor.

Figura 6. Comparación de porcentajes de remoción de las tres cantidades de surfactantes (1ml, 3ml y 5ml).



CONCLUSIONES

La remediación de suelos utilizando surfactante comercial tiene un gran potencial en la recuperación de suelos contaminados por aceites automotrices y una ventaja es que es más barata que otras alternativas de remediación, debido a la disponibilidad y bajo precio de los surfactantes comerciales. Los aceites residuales son el principal residuo peligroso generado en México, debido a que existen muchas fuentes donde se puedan producir y además de los altos volúmenes, por lo que es necesario una concientización en estas empresas en el manejo de los aceites residuales, que conozcan el impacto al medio ambiente, principalmente a los ecosistemas en cuerpos de agua, suelo y sobre todo los efectos a la salud de las personas. En caso de contaminación de suelos con estos contaminantes existe procesamiento para eliminarlos, uno de ellos es el lavado con un surfactante en los que se puede obtener porcentajes de remoción elevados, los surfactantes como pueden ser los detergentes comerciales son eficaces y de bajo costo, radicando en este punto su viabilidad para utilizarse.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, J., 2006, Crónica del Petróleo en México de 1863 a nuestros días. PEMEX. Pag, 89
México D.F.
- ANE. National Spectrum Agency. Resolution Number 442 of 22 August 2013. Available
online: https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/resolucion_mintic_0963_2019.htm
- Castillo, J., A. (2008). Efecto de la relación suelo-solución surfactante en el lavado de suelos
contaminados por hidrocarburos en un tanque agitado. [Tesis Licenciatura, Universidad
Autónoma de México]. Recuperado de: [https://repositorio.unam.mx/contenidos/efecto-
de-la-relacion-suelo-solucion-surfactante-en-el-lavado-de-suelos-contaminados-por-
hidrocarburos-en-un-tanque-ag-
3524892?c=pzb1or&d=false&q=*&i=2&v=1&t=search_1&as=4](https://repositorio.unam.mx/contenidos/efecto-de-la-relacion-suelo-solucion-surfactante-en-el-lavado-de-suelos-contaminados-por-hidrocarburos-en-un-tanque-ag-3524892?c=pzb1or&d=false&q=*&i=2&v=1&t=search_1&as=4)
- Calderón Arroyo, C., & Castro Miranda, J. C. (2021). The Distance Education Strategy of
Ministry of Public Education During the Covid-19 Pandemic and The Adaptations in The
Pedagogical Mediation and Administrative Functions in The English Teaching Staff of
San José De Alajuela High School During 2020. Sapiencia Revista Científica Y
Académica , 1(1), 78-101. Recuperado a partir de
<https://revistasapiencia.org/index.php/Sapiencia/article/view/15>
- Fernández-Linares, L.C., N.G. Rojas-Avelizapa, T.G. RoldánCarrillo, M.E. Ramírez-Islas, H.G.
Zegarra-Martínez, R. Uribe-Hernández, R.J. Reyes-Ávila, D. Flores-Hernández 99 y J.M.
Arce-Ortega. 2006. Manual de técnicas de análisis de suelo aplicadas a la remediación de
sitios contaminados. Instituto Mexicano del Petróleo, Secretaría de Medio Ambiente y
Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. 179 P.
- Gómez Hernández, A. (2020). Cuidados paliativos y atención a pacientes con enfermedades
terminales. Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano, 1(1), 32-46.
<https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v1i1.8>
- Machuca-Sepúlveda, J., López M., M., & Vargas L., E. (2021). Equilibrio ambiental precario en
humedales áridos de altura en Chile. Emergentes - Revista Científica, 1(1), 33-57.



- Recuperado a partir de <https://revistaemergentes.org/index.php/cts/article/view/3>
- Naciones Unidas (2022). *Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles*. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- NMX-AA-134-SCFI-2006, (2006). *Suelos – Hidrocarburos fracción pesada por extracción y gravimetría – Método de prueba*. Secretaría de Economía. México. Recuperado de: http://104.209.210.233/gobmx/repositorio/FRACCION_I/NMX134SCFI2006IDROCA_RBUROSPESADO.pdf
- Reyes, (1997). Propiedades, aplicaciones y producción de biotensoactivos. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 26 (1) 65-84.
- Semarnat (2018). *Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales*. Informe del Medio Ambiente. México. Recuperado de: <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap7.html>
- Torres Gómez , L. P., & Vargas Sánchez , A. F. (2021). Tendencias históricas en las tasas de condena: Un análisis de cambios legislativos y políticas criminales. *Estudios Y Perspectivas Revista Científica Y Académica* , 1(1), 25–40. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v1i1.3>
- Villena, E., M., Villarroel, A., León, M. (2019). *Efecto de la contaminación del aceite (usado) de motor en las características geotécnicas de las arcillas de la zona urbana del Municipio de Tarija-Bolivia y su impacto en la construcción*. *Revista Digital del Cedex*. España. [https://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/article/view/2385#:~:text=El%20aceite%20de%20motor%20lubricante,del%20suelo%20\(Izza%20et%20al.\)](https://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/article/view/2385#:~:text=El%20aceite%20de%20motor%20lubricante,del%20suelo%20(Izza%20et%20al.))

