



**Diseño de un separador de hidrocarburos en la base de
ómnibus Transmetro Morón**
**Design of a hydrocarbon's separator at the Transmetro Morón
bus station**

Yuleisis Valdés García¹

<https://orcid.org/0009-0000-2109-1421>

Néstor Concepción Bonachea¹

<https://orcid.org/0009-0006-7377-9301>

Pedro Manuel Concepción Cuetara²

<https://orcid.org/0000-0003-4148-7479>

¹Empresa de Diseño, Ingeniería y Marketing, Ciego de Ávila, Cuba

²Dirección General Provincial de Educación, Ciego de Ávila, Cuba

yuleisisvaldes93@gmail.com nconcepcionbonachea@gmail.com

cuetara1962@gmail.com

Recibido: 2024/11/07 **Aceptado:** 2025/02/18 **Publicado:** 2025/03/11

Resumen

Introducción: los derrames de hidrocarburos constituyen una de las principales fuentes de contaminación del suelo y del agua, que ocasionan perturbaciones en los ecosistemas al afectar su estructura y bioprocesos. **Objetivo:** diseñar un separador de hidrocarburos clase I para el tratamiento de las aguas vertidas y contaminadas en la planta de lavado de la base de ómnibus Transmetro Morón. **Método:** la investigación realizada es de tipo aplicada y el proceder metodológico del estudio siguió las indicaciones de la Norma Española 858-1:2002 para el diseño, funcionamiento y ensayos de los separadores de hidrocarburos y transitó por dos momentos: la determinación del volumen y diseño del decantador y la determinación del volumen y diseño del separador de hidrocarburos. **Resultados:** como resultados del estudio se logró el diseño de un separador de hidrocarburos clase I para el tratamiento de las aguas vertidas y contaminadas, de hormigón armado, con un volumen de decantación de 2.45 m³, un volumen de separación de 2.59 m³ y un filtro coalescente de láminas onduladas de PVC, según las indicaciones de la Norma



Española 858-1:2002. **Conclusión:** La utilización de un separador de hidrocarburos clase I en la planta de lavado de la base de ómnibus Transmetro Morón, ha permitido separar y recolectar los desperdicios de hidrocarburos que pueden perjudicar el medio ambiente y ha generado un ahorro anual de 1 873 610 CUP.

Palabras clave: contaminación por hidrocarburos; hidrocarburos; separador de hidrocarburos

Abstract

Introduction: hydrocarbon spills are one of the main sources of soil and water pollution, causing disturbances in ecosystems by affecting their structure and bioprocesses. **Objective:** design a class I hydrocarbon separator for the treatment of discharged and contaminated water in the washing plant of the Transmetro Moron bus station. **Method:** the research carried out is of an applied type and the methodological procedure of the study followed the indications of the Spanish Standard 858-1:2002 standard for the design, operation and testing of hydrocarbon separators and went through two moments: the determination of the volume and design of the settler and the determination of the volume and design of the hydrocarbon separator. **Results:** As a result of the study, the design of a class I hydrocarbon separator was achieved for the treatment of discharged and contaminated water, made of reinforced concrete, with a settling volume of 2.45 m³ and a separation volume of 2.59 m³ and a filter coalescing of corrugated PVC sheets, according to the indications of Spanish Standard 858-1:2002. **Conclusion:** The use of a class I hydrocarbon separator in the washing plant of the Transmetro Moron bus station has allowed the separation and collection of hydrocarbon waste that can harm the environment and has generated annual savings of 1,873,610 CUP.

Keywords: hydrocarbon; hydrocarbon pollution; hydrocarbon separator

Introducción

El agua es un recurso natural renovable, aunque limitado y cada vez más escaso, que integra todos los ecosistemas naturales y es imprescindible para sostener y reproducir la vida en el planeta. Cely *et al.*, (2022) afirman que "...el agua es la base



de la vida en la Tierra, es nuestra fuente de supervivencia y la mejor aliada para nuestro metabolismo” (p.20).

El agua es un recurso natural crucial para la humanidad (Larramendi *et al.*, 2021; Cely *et al.*, 2022), es un líquido vital para la subsistencia de la vida del hombre, de los animales y de las plantas (Araque, 2022). El desarrollo económico de la humanidad también se ha supeditado a la disponibilidad de agua como un recurso imprescindible, ya que la sociedad recurre al agua para generar y mantener el crecimiento económico y la prosperidad (Larramendi *et al.*, 2021).

Los seres humanos necesitan el agua para desarrollar sus procesos vitales (beber, alimentarse, asearse, construir, producir, entre otros), y por ello “...su exceso o escasez, es causa de calamidades públicas con pérdidas de vidas humanas, bienes, cosechas, hambre y migraciones (Leturia y Nugoli, 2021, p. 3)

La humanidad está llamada a utilizar de manera racional el agua, por razones convincentes: millones de personas carecen de agua apta para el consumo (Araque, 2022) y el United Nations International Children Emergency Fund (UNICEF) reconoce que cada día mueren 1000 niños por enfermedades causadas por la falta de servicios de agua potable, saneamiento e higiene (UNICEF, 2023).

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) señala que para el alcance del objetivo general de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible: erradicar la pobreza extrema y crear un mundo mejor y más sostenible; es fundamental el logro del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6, que plantea la necesidad de garantizar agua y saneamiento para todos los fines de aquí al 2030 (ONU, 2021), porque el logro de este objetivo protegerá a la humanidad de muchas amenazas que se pueden acercar si no se produce el cambio necesario.

No obstante, aunque la humanidad conoce que la supervivencia de la vida en la Tierra depende de la disponibilidad de agua y que la oferta de agua apta para el consumo es escasa y limitada en muchas regiones del planeta; autores como Araque (2022), Larramendi *et al.*, (2021) y Cely *et al.*, (2022) señalan que es la propia actividad humana la principal causa de la contaminación de las aguas.



El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES) reconoce que el desarrollo de actividades humanas como las agrícolas, industriales, mineras, constructivas y transportistas, entre otras; generan mucha demanda de agua y una gran cantidad de residuos que contaminan las aguas superficiales y subterráneas (MADES, 2020). Los vertimientos de contaminantes no controlados provocan la contaminación del agua potable, por la sobrecarga de materia orgánica que causa la eutrofización, y la acumulación de contaminantes (ONU, 2021; Grijalva *et al.*, 2022).

La contaminación del agua puede ser por causas naturales o antropogénicas (Patel *et al.*, 2020). La contaminación natural abarca los fenómenos o elementos naturales que no son originados directamente por el hombre; como las inundaciones, la actividad volcánica, y agentes patógenos (bacterias, virus y parásitos). La contaminación antropogénica es generada por acciones del hombre que provocan la alteración de la composición, estructura y propiedades del agua (Patel *et al.*, 2020).

Leturia y Nugoli (2021) señalan que la contaminación de las aguas se produce cuando a ellas se incorporan sustancias nocivas como productos químicos, residuos industriales, aguas residuales o desechos sólidos de las actividades humanas. Cely *et al.*, (2022) precisan que la contaminación del agua es "...su modificación al introducir alguna materia de procedencia dañina y contaminante, desmejorando su calidad y composición química" (p.21). Larramendi *et al.*, (2021) definen esta contaminación como la introducción de desechos contaminantes en el agua, como resultado directo o indirecto de las actividades humanas, que puede tener efectos perjudiciales al causar daño a los organismos vivos.

Araque (2022) clasifica las formas de contaminación de las aguas en física, química, bioquímica, microbiológica y radioactiva (Araque, 2022); mientras que otros autores (Grijalva *et al.*, 2020; Larramendi *et al.*, 2021; Patel *et al.*, 2022; Cely *et al.*, 2022) clasifican las formas de contaminación en puntual y difusa. La contaminación puntual es aquella en la que las fuentes contaminantes son identificables, como las industrias y la minería (Grijalva *et al.*, 2020; Patel *et al.*, 2022). En la contaminación difusa las fuentes no se identifican fácilmente y se genera en actividades como las agrícolas, que descargan fertilizantes, herbicidas y fungicidas (Cely *et al.*, 2022).



Larramendi *et al.*, (2021) y Grijalva *et al.*, (2020) reconocen diferentes fuentes de contaminación de las aguas como los desechos industriales, el uso de pesticidas y fertilizantes en la agricultura, la minería, y los derrames de hidrocarburos. El derrame de hidrocarburos es una de las principales fuentes de la contaminación de las aguas (MADES, 2020; Roque, 2020; Araque, 2022).

A partir de las definiciones de la contaminación del agua de diferentes autores (Patel *et al.*, 2020; Leturia y Nugoli, 2021; Larramendi *et al.*, 2021; Cely *et al.*, 2022) en este estudio, la contaminación del agua por hidrocarburos se define como la alteración de las propiedades químicas del agua y de su calidad, por las actividades humanas que provocan vertimientos, que llegan hasta las aguas subterráneas y que pueden transportarse hasta las aguas superficiales por los escurrimientos.

Rodríguez *et al.*, (2022) y Patel *et al.*, (2022) definen los hidrocarburos como un grupo de compuestos orgánicos formados por hidrógeno y carbono, que se generan a través de diferentes procesos geológicos y que también pueden contener azufre, carbono y nitrógeno, entre otros componentes.

Patel *et al.*, (2020) y Rodríguez *et al.*, (2022) identifican como características de los hidrocarburos que están formados por uniones de carbono e hidrógeno; son insolubles en agua; y no son compuestos biodegradables. Los contaminantes no biodegradables se descomponen a un ritmo más lento porque los microorganismos no pueden degradar sus moléculas resistentes y por ello perduran más tiempo en el agua (Grijalva *et al.*, 2020, Rodríguez *et al.*, 2022).

En forma de combustible (petróleo, gasolina, gas natural y carbón), los hidrocarburos constituyen todavía el principal motor de actividades humanas; pero, al mismo tiempo son muy peligrosos para la vida, por ser tóxicos y contaminantes (Patel *et al.*, 2020; Roque, 2020; Córdova, 2021; Rodríguez *et al.*, 2022); tan es así, que son considerados una de las sustancias más contaminantes, "...una sola gota de crudo puede contaminar 26 litros de agua..." (Córdova, 2021, p.14) y convertirla en agua no potable y nociva para los seres humanos, animales y plantas.

Los vertimientos de hidrocarburos, generan aguas residuales que contienen mezclas heterogéneas de sustancias inmiscibles: el agua y un hidrocarburo. Esta



emulsión en forma de aguas residuales, constituye una mezcla más o menos heterogénea que se pueden distinguir y separar por la acción de la fuerza de gravedad sobre las diferencias de densidades (Roque, 2020; Córdoba, 2021).

La gradual comprensión del impacto medioambiental de la contaminación del agua, han motivado un cambio de paradigma en la gestión de las aguas residuales, para proteger los ecosistemas acuáticos y para contribuir al desarrollo sostenible y a la mitigación del cambio climático (ONU, 2021).

El impacto contaminante de los hidrocarburos es tan significativo que ha demandado el desarrollo de métodos para el tratamiento de las aguas residuales contaminadas por hidrocarburos. Rodríguez *et al.*, (2022) y Patel *et al.*, (2022) reconocen la existencia de tres grupos de métodos para el tratamiento de aguas contaminadas por hidrocarburos: físicos, químicos y biológicos. El uso de cada método depende del caudal de agua residual y de la densidad del hidrocarburo.

Córdoba (2021) explica que la separación por gravedad es un método físico para tratar una mezcla de agua e hidrocarburos, que se basa en su separación, mediante la acción de la fuerza de gravedad en virtud de las diferencias del peso específico del agua y de los hidrocarburos. La Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) reconoce que para separar del agua de los hidrocarburos son muy utilizados los separadores de hidrocarburos (AENOR, 2002).

Un separador de hidrocarburos es un dispositivo que se instala en el sistema de tratamiento de aguas para impedir la contaminación del agua en lugares como talleres mecánicos, estaciones de servicios y plantas de lavados de autos. Su función es el tratamiento de aguas residuales contaminadas por aceites de origen mineral, con una densidad menor o igual a 0.95 g/cm³, y que son insolubles (NetJets Aviation Inc., 2021 ; AENOR, 2002). Los separadores se pueden diseñar siguiendo las indicaciones de la Norma Española 858-1:2002 (AENOR, 2002).

Los separadores de hidrocarburos funcionan según el tiempo de retención y por la fuerza de gravedad, los hidrocarburos se separan del agua por flotación porque son insolubles y tienen densidades diferentes al agua, pero para ello necesitan estar un tiempo dentro del separador, lo que garantiza que el hidrocarburo quede separado del



agua y acumulado dentro del equipo formando una capa flotante (NetJets Aviation Inc., 2021; Córdoba, 2021). Según la Norma Española 858-1:2002, los separadores de hidrocarburos se dividen en dos clases: clase I y clase II.

El separador clase I es un sistema eficiente de separación del hidrocarburo del agua, que permite separar la fase ligera con una salida de agua con una concentración máxima de hidrocarburos de 5.00 mg/l (AENOR, 2002; NetJets Aviation Inc., 2021). Esta clase de separador es muy utilizada para caudales bajos en talleres mecánicos y plantas de lavado de vehículos (NetJets Aviation Inc., 2021). El separador clase II es un sistema de separación del hidrocarburo menos eficiente porque permite la salida de agua con una concentración máxima de hidrocarburos de 100 mg/l (AENOR, 2002; ACO Remosa, 2022).

AENOR (2002) y ACO Remosa (2022) coinciden en que los separadores clase I están conformados por dos o tres cámaras, que las separan deflectores que permiten su interconexión. En la primera se recibe el agua oleosa desde el diseño del sistema y es donde se produce la decantación de los desechos sólidos. En la segunda tiene lugar la separación del agua del hidrocarburo debido a la diferencia de densidades, es la de mayor volumen y es donde se coloca el filtro. En la tercera se deposita el agua con la mínima cantidad de hidrocarburo y es desde donde sale del separador.

NetJets Aviation Inc. (2021), Envirotecnics global service S.L (2021) y ACO Remosa (2022) reconocen que un separador clase I se compone de los siguientes elementos: tubería de entrada, cámara de decantación, cámara de separación de los fluidos, un filtro coalescente, tres tapas de registro y una tubería de salida.

El filtro coalescente es un dispositivo diseñado para separar dos fases líquidas inmiscibles, fusionando gotas más pequeñas en otras más grandes, que luego se separan más fácilmente debido a la diferencia de densidad de las sustancias que se deben separar (Envirotecnics global service S.L, 2021; NetJets Aviation Inc., 2021).

La instalación de separadores de hidrocarburos clase I, para el tratamiento de las aguas residuales, en talleres mecánicos y plantas de lavado de vehículos, se debe realizar de forma soterrada y el material de construcción más utilizado es el hormigón armado (Córdoba, 2021).



En la planta de lavado de la base de ómnibus Transmetro de Morón, las insuficiencias del sistema primario de depuración para separar los hidrocarburos mezclados en las aguas vertidas, constituye una problemática que debe atenderse por el impacto negativo que generan en la contaminación de las aguas subterráneas y por el perjuicio al medio ambiente en el entorno de la planta. Por ello se identificó el problema científico: ¿Cómo disminuir la contaminación por hidrocarburos de las aguas residuales en la planta de lavado de la base de ómnibus Transmetro Morón?

El objetivo general del estudio es diseñar un separador de hidrocarburos clase I para el tratamiento de las aguas vertidas y contaminadas por hidrocarburos en la planta de lavado de la base de ómnibus Transmetro Morón. Para el logro de este objetivo general se fijaron dos objetivos específicos: determinar el volumen y diseño del decantador del separador de hidrocarburos y determinar el volumen y diseño del separador de hidrocarburos. La novedad del estudio radica en que se evidencia un proceder metodológico para el diseño de un separador de hidrocarburo clase I, para el tratamiento de las aguas contaminadas por hidrocarburos.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en la planta de lavado de la base de ómnibus Transmetro Morón, ubicada en la ciudad de Morón, provincia de Ciego de Ávila, Cuba. La base de ómnibus Transmetro Morón se localiza en las coordenadas plano rectangulares: X =746 234. 000; Y =253 831. 000 (Figura 1).

Figura 1

Localización de la zona de estudio.



La planta de lavado de la base de ómnibus Transmetro de Morón tiene una dotación de $0.60 \text{ m}^3/\text{u}$, donde se lavan 10 ómnibus al día, con un tiempo de lavado y engrase de 80.00 min y un tiempo de retención de 30.00 min. El local tiene un área de cubierta de 465.00 m^2 (0,0465 ha), un drenaje pluvial con coeficiente de escorrentía de 0.98 y una intensidad de las lluvias de $3.00 \text{ mm}/\text{min}$ ($180 \text{ mm}/\text{h}$).

La investigación realizada es de tipo aplicada y el proceder metodológico siguió las indicaciones de la Norma Española 858-1:2002 (AENOR, 2002) para el diseño, funcionamiento y ensayo de los separadores de hidrocarburos. Dicho proceder incluye dos pasos: la determinación del volumen y diseño del decantador y la determinación del volumen y diseño del separador de hidrocarburos.

Se decidió diseñar un separador clase I, conformado por dos cámaras y un filtro coalescente, por ser un sistema eficiente que permite separar la fase ligera con una salida de agua con una concentración máxima de hidrocarburo de $5.00 \text{ mg}/\text{l}$ ((AENOR, 2002); NetJets Aviation Inc., 2021). Esta clase de separador es muy utilizada para caudales bajos en talleres mecánicos y plantas de lavado de vehículos, para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con hidrocarburos, como las que se generan en la planta de lavado de la base de ómnibus Transmetro de Morón.

Para determinar el volumen del decantador integrado al separador de hidrocarburos clase I, se tuvo en cuenta las indicaciones de la Norma Española 858-1:2002 (AENOR, 2002), que establece que el volumen del decantador (L_d) es igual al



producto de $90.00 \times NS$ (tamaño nominal del decantador) y $NS = [Q_r + (Q_s \times f_x)] \times f_d$, donde (Q_s) es el caudal máximo de aguas residuales, (Q_r) es el caudal porcentual de aguas residuales, (f_x) es el coeficiente de impedimento, y (f_d) es el coeficiente de densidad del líquido.

Para calcular el caudal porcentual de aguas residuales (Q_r) se utilizó la ecuación: $Q_r = (20\%-50\%) \times CIA$. Para determinar el valor del caudal máximo probable de escorrentía (CIA) se utilizó el método racional, que es un modelo hidrometeorológico para la obtención del caudal máximo de aguas pluviales, mediante la fórmula: $Q = (C \times I \times A) \div 360$, donde (C) es el coeficiente de escorrentía, (I) es la intensidad de las lluvias y (A) es el área de la cuenca.

Para calcular el caudal máximo de aguas residuales (Q_s) se utilizó la ecuación: $Q_s = 1.50 \times \text{Dotación} / T_{\text{LAVADO Y ENGRASE}}$. En el cálculo del caudal máximo de aguas residuales (Q_s) se asumió como valor de la dotación para el lavado de ómnibus $0.60 \text{ m}^3/\text{u}$, valor que se establece la Resolución 27 de 2020 del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH, 2020).

Para la determinación del volumen del separador de hidrocarburos clase I, también se tuvo en cuenta la Norma Española 858-1:2002 (AENOR, 2002) para el diseño de sistemas separadores para líquidos ligeros, la que establece que el volumen del separador (L_s) es igual al producto de $100.00 \times NS$ (tamaño nominal del separador) y $NS = [Q_r + (Q_s \times f_x)] \times f_d$, donde (Q_s) es el caudal máximo de aguas residuales, (Q_r) es el caudal porcentual de aguas residuales, (f_x) es el coeficiente de impedimento, y (f_d) es el coeficiente de densidad del líquido.

El filtro coalescente de láminas onduladas de PVC está construido por placas paralelas corrugadas separadas entre sí de 2.00 a 4.00 cm de distancia y una inclinación de 45° (Roque, 2020). El separador de hidrocarburos clase I con filtro coalescente de láminas onduladas de PVC se utiliza para una concentración máxima a la salida de 5.00 mg/l de hidrocarburos y un rango de velocidad de 1.50 a 2.50 l/s. La superficie del filtro (A_f) se determina aplicando el principio de continuidad, mediante la razón entre el caudal (Q) de agua residual y la velocidad (v).

Resultados y Discusión



El volumen del decantador (Ld) integrado al separador de hidrocarburos clase I, se determinó según la Norma Española 858-1:2002 (AENOR, 2002), y para ello, primero se calculó el caudal máximo de aguas residuales (Qs) y el caudal porcentual de aguas residuales (Qr).

Para determinar el caudal porcentual de aguas residuales (Qr), es necesario calcular primero el caudal máximo de escorrentía (CIA), sabiendo que la planta tiene un área de cubierta de 465.00 m² (0,0465 ha), un drenaje pluvial con coeficiente de escorrentía de 0.98 y una intensidad de las lluvias de 3.00 mm/min (180 mm/h). El caudal máximo de escorrentía (CIA) calculado es igual a 22.80 L/s.

El caudal porcentual de aguas residuales (Qr) calculado es igual a 11.40 L/s y el caudal máximo de aguas residuales (Qs) calculado es igual a 0.19 L/s. Con estos dos valores y asumiendo que el coeficiente de impedimento (fx) para lavaderos de ómnibus es igual a 2 y que el coeficiente de densidad del líquido (fd), para densidades entre 0.85 g/cm³-0.90g/cm³ también es igual a 2 (AENOR, 2002); se calculó el tamaño nominal del decantador (NS) que es igual a 23,54, y posteriormente, se calculó el volumen del decantador (Ld) que es igual a 2.45 m³.

El procedimiento utilizado en este estudio para calcular el tamaño nominal del decantador (NS) integrado al separador de hidrocarburos, fue el sugerido por Envirotecnics global service S.L (2021), que considera que: "...el dimensionamiento de los separadores de líquidos ligeros debe basarse en el tipo y en el caudal del líquido a tratar" (p.22) y por ello, utilizan la ecuación $NS = [Qr + (Qs \times fx)] \times fd$ para calcular el tamaño nominal del decantador en separadores de hidrocarburos.

El volumen del separador de hidrocarburos (Ls) también se determinó según indicaciones de la Norma Española 858-1:2002 (AENOR, 2002) y a partir del valor del tamaño nominal del decantador (NS) calculado anteriormente. El volumen del separador (Ls), calculado según la ecuación: $Ls = 100.00 \times NS$, es igual a 2.59 m³.

Una vez calculado el volumen del decantador integrado al separador (Ld) y el volumen del separador (Ls), se determinaron las dimensiones del separador de hidrocarburos, las dimensiones del filtro coalescente de láminas onduladas de PVC y las cantidades de accesorios hidráulicos necesarios para el montaje del mismo.



El decantador integrado al separador tiene unas dimensiones mojadas de 1.70 m x 1,80 m x 0.80 m, equivalentes a un volumen de 2.45 m³, delimitadas por losas y muros de hormigón armado fundido in situ. El separador como tal, tiene unas dimensiones mojadas de 1.80 m x 1.80 m x 0,80 m, equivalente a un volumen de 2.59 m³, delimitadas por losas y muros de hormigón armado. El filtro coalescente de láminas onduladas de PVC tiene unas dimensiones de 0.58 m x 1.40 m x 0.28 m.

Las cantidades de accesorios hidráulicos utilizados en la instalación del separador de hidrocarburos son los siguientes: te sanitaria de PVC Ø: 6", tubería de PVC Ø: 6", filtro coalescente (con lamas de PVC onduladas), fijaciones de las lamas de PVC onduladas, y fijaciones del filtro a los muros de hormigón armado.

La puesta en marcha del diseño del separador de hidrocarburos clase I, en la planta de lavado de la base de ómnibus Transmetro Morón, permitió realizar el análisis de sus beneficios ambientales y económicos. El análisis del beneficio ambiental reveló que con la instalación del separador de hidrocarburos clase I, se han disminuido los niveles de vertimientos de hidrocarburos sin tratar al subsuelo y se han evitado problemas fisiológicos de los organismos de la flora y la fauna de la zona que pueden tener contactos con las aguas residuales de la planta de lavado.

El análisis del beneficio económico reveló que la instalación del separador de hidrocarburos clase I, por la diferencia entre el costo de la instalación del separador diseñado en este estudio (30 000,00 MN) y el costo de la importación de un separador hidrocarburos Modelo SHDPCO 25 CE (3700,00 € equivalente a 463 610,00 MN, sin incluir los costos de la transportación), reportó un ahorro de 433 610.00 MN. Por concepto del lavado de 10 ómnibus diarios por un costo de 500.00 MN, en otra planta de lavado ajena a la base de ómnibus Transmetro Morón, se han ahorrado 1440000.00 MN/año. En total, la puesta en marcha del separador de hidrocarburos ha representado un ahorro de 1 873 610.00 MN/año.

Conclusiones

El diseño de un separador de hidrocarburos clase I de hormigón armado para el tratamiento de las aguas vertidas y contaminadas, con un volumen de decantación de 2.45 m³ y un volumen de separación de 2.59 m³, ha permitido disminuir los niveles de



vertimientos de hidrocarburos sin tratar al subsuelo y se han evitado problemas fisiológicos de los organismos vivos en el entorno de la planta de lavado de la base de ómnibus Transmetro Morón.

La puesta en marcha del separador de hidrocarburos clase I de hormigón armado fundido in situ, en la planta de lavado de la base de ómnibus Transmetro Morón, reportó un ahorro total de 1 873 610.00 MN/año.

Referencias Bibliográficas

- ACO Remosa. (2022). Separadores de hidrocarburos: principios, normas y marcado. *RETEMA: Revista Técnica de Medio Ambiente*, 356(239), 41-42. <https://www.retema.es/actualidad/separadores-de-hidrocarburos-principios-normas-y-marcado-ce>
- Araque Arellano, M. (2022). El agua en la naturaleza. En: M. Araque Arellano (Ed.), *Diseño hidráulico de plantas de tratamiento de agua potable*, 15-24. Editorial Abya-Yala. <https://doi.org/10.7476/9789978108208.0002>
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2002). *Norma Española UNE-EN 858-1:2002. Sistemas separadores para líquidos ligeros*. Editora AENOR. <https://pdf-to-word.tlum.info/download/pdftodocx>
- Cely Calixto, N. J., Carrillo Soto, G. A., y Bonilla Granados, C. A. (2022). *Fundamentos de la contaminación de aguas subterráneas*. ECOE Ediciones https://www.researchgate.net/publication/384868055_FUNDAMENTOS_DE_LA_CONTAMINACION_DE_AGUAS_SUBTERRANEAS
- Córdova Medina, L. A. (2021). *Diseño de la automatización del separador API para la recuperación de hidrocarburos refinados mediante Skimmer en Ecopetrol S.A.* [Tesis en opción al título de Ingeniero Electromecánico, UAN, Santa Martha, Colombia]. https://redcol.minciencias.gov.co/Record/UAntonioN2_f60c7803feceb06b99ec2809c6ce6bf
- Envirotecnicos global service S.L (2021). *Separador de hidrocarburos*. https://envirotecnicos.com/envirotecnicos_files/docs/50-FT-16-1-1-Separador-de-hidrocarburos.pdf



- Grijalva Endara, A., Jiménez Heinert, M. y Ponce Solórzano, H. (2020). Contaminación del agua y aire por agentes químicos. *RECIMUNDO*, 4(4), 79-93. <http://recimundo.com/index.php/es/article/view/883>
- Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). (2020). *Resolución No. 27 del 2020*. Gaceta Oficial No. 61, Ordinaria del 20 de agosto de 2020. https://www.gacetaoficial.gob.cu/sites/default/files/goc-2020-o61_0.pdf
- Larramendi Benítez, E. M., Millán Verdecia, G. y Plana Castell, M. A. (2021). Escasez y contaminación del agua, realidades del siglo XXI. *Revista 16 de Abril*, 60(279), 1-7. https://rev16deabril.sld.cu/index.php/1604/article/view/854/pdf_295
- Leturia, M. F. y Nugoli, S. C. (2021). *La contaminación por hidrocarburos. El caso "Magdalena"*. <https://estrucplan.com.ar/la-contaminacion-por-hidrocarburos/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES). (2020). *Guía de Buenas Prácticas Ambientales y Mejores Tecnologías Disponibles para el Manejo de Residuos Peligrosos*. <https://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2020/12/Anexo-II-Gu%C3%ADadeBuenasPr%C3%A1cticas-Residuos-Peligrosos.pdf>
- NetJets Aviation Inc. (2021). En qué consiste un separador de hidrocarburos clase I. NETJETS. <https://www.netjet.es/articulo/en-que-consiste-un-separador-de-hidrocarburos-de-clase-i/>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2021). *Progresos en el tratamiento de las aguas residuales*. https://unhabitat.org/sites/default/files/2021/10/sdg6_indicator_report_631_progress-on-wastewater-treatment_2021_es.pdf
- Patel, A. B., Shaikh, S., Jain, K. R., Desai, C. y Madam War, D. (2020). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Sources, Toxicity, and Remediation Approaches. *Front Microbial*, 11, 1-23. <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2020.562813/pdf>
- Rodríguez González, A., Zárata Villarroel, S. G. y Bastida Codina, A. (2022). Biodiversidad bacteriana presente en suelos contaminados con hidrocarburos para realizar biorremediación. *Revista de Ciencias Ambientales*, 56(1), 178-208. <https://www.redalyc.org/journal/6650/665070679009/665070679009.pdf>



Roque Betancourt, A. (2020). *Diseño de un sistema de separación que disminuya la cantidad de combustibles en aguas oleosas*. [Tesis en opción al título de Master en Producciones Más Limpias, Universidad de Matanzas]. <https://rein.umcc.cu/bitstream/handle/123456789/3063/TM20%20Adri%C3%A1n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

United Nations International Children Emergency Fund (UNICEF). (2023). *La triple amenaza*. Ediciones de la UNICEF. <https://www.unicef.org/media/137301/file/triple%20threat%20SP.pdf>

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflictos de intereses.



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/). Se permite su copia y distribución por cualquier medio siempre que mantenga el reconocimiento de sus autores, no haga uso comercial de los contenidos y no realice modificación de la misma.

Cite este artículo como:

Valdés García Y., Concepción Bonachea, N. y Concepción Cuetara, P.M. (2025). Diseño de un separador de hidrocarburos en la base de ómnibus Transmetro Morón. *Universidad & ciencia*, 14(2), 174-188.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8742>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14941637>