



Universidad
Popular del Cesar

Departamento de
Ingeniería Ambiental y Sanitaria

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN SISTEMA NO CONVENCIONAL A ESCALA PILOTO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES GENERADAS EN LAS ISLAS COMERCIALES DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR, SEDE SABANAS.



AUTOR:

SHERYL DANIELA CARREÑO VÁSQUEZ

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR – CESAR

2025

www.unicesar.edu.co

Teléfono conmutador PBX: (+57 605 588 5592)

Balneario Hurtado, Vía a Patillal

Valledupar – Cesar, Colombia



Universidad
Popular del Cesar

Departamento de
Ingeniería Ambiental y Sanitaria

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN SISTEMA NO CONVENCIONAL A ESCALA PILOTO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES GENERADAS EN LAS ISLAS COMERCIALES DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR, SEDE SABANAS.

AUTOR:

SHERYL DANIELA CARREÑO VÁSQUEZ

DIRECTOR:

JOSE MAURICIO PEREZ ROYERO

MAGISTER EN CIENCIAS AMBIENTALES

CODIRECTORA:

LINA PATRICIA RODRIGUEZ BECERRA

MAGISTER EN PEDAGOGÍA AMBIENTAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR – CESAR

2025

www.unicesar.edu.co

Teléfono conmutador PBX: (+57 605 588 5592)

Balneario Hurtado, Vía a Patillal

Valledupar – Cesar, Colombia



RESUMEN

Este estudio investiga la aplicación de un sistema no convencional a escala piloto para el tratamiento de aguas grises generadas en las islas comerciales de la Universidad Popular del Cesar, sede Sabanas. Este proyecto surgió como respuesta a la problemática de la contaminación ambiental causada por la descarga de aguas grises no tratadas, la cual afecta tanto al medio ambiente como a la salud pública. La metodología empleada se fundamenta en tres fases metodológicas, las cuales incluyen la caracterización de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas grises; el diseño y construcción de un piloto de tratamiento (sistema lineal: trampa de grasa, digestor, biofiltro y desinfección solar); y la evaluación de la eficiencia del sistema propuesto. Se evaluó la eficiencia con respecto a la reducción de contaminantes, incluyendo sólidos suspendidos totales, demanda química y biológica de oxígeno, turbidez, grasas y aceites y coliformes totales. Este piloto se destacó por su eficiencia en todos los parámetros, aunque su eficiencia fue superior en algunos de ellos: la turbidez (95,08%), la demanda química (90,35%) y la biológica de oxígeno (90,15), coliformes totales (74,94%), sólidos suspendidos totales (76,58%) y las grasas y aceites (63,85%), se deduce que esto se debió mayormente por los procesos biológicos (biofiltro y digestor). Los resultados confirman la viabilidad del sistema propuesto como solución de bajo costo y sostenible para el tratamiento de aguas grises de las islas comerciales. Se resalta la relevancia de perfeccionar de manera constante el diseño y los materiales de estos sistemas para maximizar su desempeño.

Palabras Claves: Eficiencia, Aguas Grises, Sistema No Convencional, Digestor.



ABSTRACT

This study investigates the application of a non-conventional system at pilot scale for the treatment of grey water generated in the commercial islands of the Universidad Popular del Cesar, Sabanas campus. This project arose as a response to the problem of environmental pollution caused by the discharge of untreated grey water, which affects both the environment and public health. The methodology used is based on three methodological phases, which include the characterization of the physical, chemical and microbiological parameters of the grey water; the design and construction of a treatment pilot (linear system: grease trap, digester, biofilter and solar disinfection); and the evaluation of the efficiency of the proposed system. The efficiency was evaluated with respect to the reduction of pollutants, including total suspended solids, chemical and biochemical oxygen demand, turbidity, fats and oils and total coliforms. This pilot stood out for its efficiency in all parameters, although its efficiency was higher in some of them: turbidity (95.08%), chemical demand (90.35%) and biochemical oxygen demand (90.15), total coliforms (74.94%), total suspended solids (76.58%) and fats and oils (63.85). It can be deduced that this was mainly due to the biological processes (biofilter and digester). The results confirm the viability of the proposed system as a low-cost and sustainable solution for the treatment of grey water from commercial islands. The importance of constantly improving the design and materials of these systems to maximize their performance is highlighted.

Keywords: *Efficiency, Grey Water, Non-Conventional System, Digester.*



TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	18
3. OBJETIVOS	20
3.1. OBJETIVO GENERAL:.....	20
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	20
4. MARCO REFERENCIAL.....	21
4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
4.2. MARCO TEÓRICO.....	23
4.2.1. Agua Residual.....	23
4.2.1.1. Clasificación De Las Aguas Residuales.	23
4.2.1.2. Caracterización De Las Aguas Residuales.	24
4.2.2. Tipos De Procesos De Tratamiento De Aguas Residuales	24
4.2.3. Etapas del Tratamiento de Aguas Residuales	24
4.2.4. Trampa de Grasa.....	25
4.2.5. Digestor anaeróbico	25
4.2.6. Biofiltros	26
4.2.6.1. Tipos de Biofiltros	27
4.2.7. Desinfección	27
4.2.8. Eficiencia de Remoción	27
4.2.9. Límites Máximos Permisibles.....	28
4.3. MARCO CONCEPTUAL	28



4.4.	MARCO CONTEXTUAL	30
4.4.1.	Caracterización y Descripción Geográfica	30
4.4.2.	Aspectos de Contextualización Locativa	31
4.4.3.	Representación Espacial y Geográfica.....	31
4.5.	MARCO LEGAL.....	33
5.	MARCO METODOLÓGICO.....	37
5.1.	LÍNEA, SUBLÍNEA Y ÁREA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN	37
5.2.	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	37
5.3.	ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	38
5.4.	POBLACIÓN DE ESTUDIO	38
5.5.	MUESTRA POBLACIONAL	38
5.6.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	38
5.7.	ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....	40
	ETAPA 1. CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS GRISES GENERADAS EN LAS ISLAS COMERCIALES DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR-MUNICIPIO DE VALLEDUPAR.	40
	Actividad 1.1. Recolección de la muestra.....	40
	Actividad 1.2. Caracterización Preliminar del Agua Gris Sin Tratar o Cruda (Afluente).	41
	ETAPA 2. DISEÑO DEL SISTEMA NO CONVENCIONAL A ESCALA PILOTO COMPUESTO POR TRAMPA DE GRASAS, DIGESTOR ANAERÓBICO, BIOFILTRO Y DESINFECCIÓN SOLAR PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS GRISES GENERADAS EN LAS ISLAS	



COMERCIALES DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR, SEDE SABANAS.....	42
Actividad 2.1. Diseño Del Modelo Piloto.....	42
Actividad 2.2. Construcción Del Modelo Piloto.....	43
Actividad 2.3. Puesta En Marcha.....	43
ETAPA 3. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DEL SISTEMA NO CONVENCIONAL IMPLEMENTADO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES GENERADAS EN LAS ISLAS COMERCIALES DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR, SEDE SABANAS.....	43
Actividad 3.1 Evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento.	43
Actividad 3.2: Comparación de la eficiencia con el proyecto de titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PILOTO DE TRATAMIENTO DE AGUAS REDIDUALES EN LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR DE VALLEDUPAR/CESAR”, el realizado en la asignatura Tratamiento de Agua Residuales con el docente José Mauricio Pérez Royero.	44
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	45
6.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS GRISES GENERADAS EN LAS ISLAS COMERCIALES DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR-MUNICIPIO DE VALLEDUPAR.....	45
6.1.1. Recolección de la Muestra.	45



6.1.2.	Caracterización Preliminar del Agua Gris Sin Tratar o Cruda (Afluente)	48
6.2.	DISEÑO DEL SISTEMA NO CONVENCIONAL A ESCALA PILOTO COMPUESTO POR TRAMPA DE GRASAS, DIGESTOR ANAERÓBICO, BIOFILTRO Y DESINFECCIÓN SOLAR PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS GRISES GENERADAS EN LAS ISLAS COMERCIALES DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR, SEDE SABANAS.....	53
6.2.1.	Diseño Del Modelo Piloto.	54
6.2.2.	Construcción Del Modelo Piloto.	57
6.2.3.	Puesta En Marcha.	66
6.3	DETERMINACIÓN LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO NO CONVENCIONAL DE AGUAS GRISES PARA LAS ISLAS COMERCIALES DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR, SEDE SABANA.....	70
6.3.1	Evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento	71
6.3.2.	Comparación de la eficiencia con el proyecto de titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PILOTO DE TRATAMIENTO DE AGUAS REDIDUALES EN LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR DE VALLEDUPAR/CESAR”, el realizado en la asignatura Tratamiento de Agua Residuales con el docente José Mauricio Pérez Royero.	97
7.	CONCLUSIONES	104
8.	RECOMENDACIONES	108
	REFERENCIAS	110
	ANEXOS	120



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Trampa de Grasa	25
Figura 2. Corte Longitudinal de un Tanque Séptico con Filtro Anaerobio de Gravas en la Última Cámara	26
Figura 3. Esquema de Biofiltro.....	26
Figura 4. Mapa Delimitación Área de Estudio.	32
Figura 5. Esquema del Piloto Propuesto.....	40
Figura 6. Etapas de la estrategia metodológica llevadas a cabo en la investigación.	44
Figura 7. Recolección de la Muestra.	46
Figura 8. Diseño del Sistema No Convencional A Escala Piloto Para Tratamiento De Aguas Grises (Vista en Alzado).....	55
Figura 9. Diseño del Sistema No Convencional A Escala Piloto Para Tratamiento De Aguas Grises (Vista en Planta)	56
Figura 10. Grava y Carbón Activado.....	62
Figura 11. Arena Fina y Suelo Turboso.....	62
Figura 12. Toma del Suelo Turboso	63
Figura 13. Planta Acuática (Lenteja de Agua).....	63
Figura 14. Proceso de Limpieza en la Trampa de Grasa	75
Figura 15. Variaciones del pH Antes y Después del Tratamiento.....	79
Figura 16. Eficiencia de Remoción de la Turbidez en las Repeticiones (R1-R4)	80
Figura 17. Variaciones en el Oxígeno Disuelto Antes y Después del Tratamiento.....	81
Figura 18. Eficiencia de Remoción de los Sólidos Suspendedos Totales (SST) en las Repeticiones (R1-R4).....	82
Figura 19. Eficiencia de Remoción de las Grasas y Aceites en las Repeticiones (R1-R4) ...	83
Figura 20. Eficiencia de Remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en las Repeticiones (R1-R4).....	84
Figura 21. Eficiencia de Remoción de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5) en las Repeticiones (R1-R4).....	85
Figura 22. Eficiencia de Remoción de los Coliformes Totales en las Repeticiones (R1-R4)86	



Figura 23. Resumen de los Parámetros Fisicoquímicos de Cada Una de las Repeticiones Finales e Iniciales.....	88
Figura 24. Promedios Horarios de la Irradiación Global en la Estación Fedearroz IDEAM (Valledupar) en Wh/m ²	95
Figura 25. Sistema Piloto Por Comparar (Segundo Piloto).....	98
Figura 26. Rendimiento del tratamiento de aguas residuales durante condiciones de temperatura variables	100
Figura 27. Carta de Compromiso Sobre Respeto a Derechos de Autor.	120
Figura 28. Toma de Muestras	121
Figura 29. Realización de las pruebas en la Universidad Popular del Cesar 1	121
Figura 30. Realización de Pruebas en la Universidad Popular del Cesar 2	122
Figura 31. Registro Fotográfico Durante las Pruebas 1	122
Figura 32. Registro Fotográfico Durante las Pruebas 2.....	123
Figura 33. Registro Fotográfico Durante las Pruebas 3	123
Figura 34. Registro Fotográfico Durante las Pruebas 4.....	123
Figura 35. Registro Fotográfico Durante las Pruebas 5	124
Figura 36. Registro Fotográfico Durante las Pruebas 6.....	124
Figura 37. Registro Fotográfico Durante las Pruebas 7	124
Figura 38. Durante la Construcción del Piloto	125
Figura 39. Durante la Puesta en Marcha.....	125
Figura 40. Sistema Piloto No Convencional.....	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normatividad legal vigente que respalda el presente estudio.....	33
Tabla 2. Parámetros Empleados en la Caracterización Física, Química y Microbiológica. ...	41
Tabla 3. Estructura del Diseño del Sistema Piloto.....	42
Tabla 4. Muestras Preliminares.....	46
Tabla 5. Parámetros Físicos, Tomados In-situ en Muestras Preliminares (agua gris sin tratar: afluente)	47
Tabla 6. Parámetros Fisicoquímicos, Realizados en Laboratorio (Muestras Preliminares). .	49
Tabla 7. Especificaciones del Depósito de Agua.....	58

www.unicesar.edu.co

Teléfono conmutador PBX: (+57 605 588 5592)

Balneario Hurtado, Vía a Patillal

Valledupar – Cesar, Colombia



Tabla 8. Especificaciones de la Trampa de Grasa	59
Tabla 9. Especificaciones del Digestor Anaeróbico	61
Tabla 10. Especificaciones del Biofiltro	64
Tabla 11. Especificaciones de la Desinfección Solar	65
Tabla 12. Especificaciones del Recipiente del Agua Tratada.....	65
Tabla 13. TRH Recomendada según la Resolución 0330/2017.....	66
Tabla 14. Muestras.....	71
Tabla 15. Parámetros Físicos, Tomados In-situ en la Muestra de la Repetición N° 1.....	72
Tabla 16. Parámetros Fisicoquímicos, Realizados en Laboratorio (Repetición N° 1)	73
Tabla 17. Parámetros Físicos, Tomados In-situ en Muestras de la Repetición N° 2.	74
Tabla 18. Parámetros Fisicoquímicos, Realizados en Laboratorio (Repetición N° 2)	74
Tabla 19. Parámetros Físicos, Tomados In-situ en la Muestra de la Repetición N° 3.....	76
Tabla 20. Parámetros Fisicoquímicos, Realizados en laboratorio (Repetición N° 3).....	76
Tabla 21. Parámetros Físicos, Tomados In-situ en Muestras de la Repetición N° 4.	77
Tabla 22. Parámetros Fisicoquímicos, Realizados en Laboratorio (Repetición N° 4)	78
Tabla 23. Porcentaje de Eficiencia de cada una de las muestras	90
Tabla 24. Factores que Contribuyen a Mejorar la Eficiencia del Proceso de Desinfección Solar.	94
Tabla 25. Índice UV.....	94
Tabla 26. Evaluación del Cumplimiento de Eficiencias Según la Resolución 799 de 2021 .	97
Tabla 27. Tabla Comparativa de los Dos Sistema Piloto (No Convencional).....	99



7. CONCLUSIONES

En este apartado, resumiremos los resultados obtenidos a partir de las observaciones personales, es decir, concluir si estos resultados fueron los esperados y que indicó este. Para ello, se llevará el orden según las etapas de la estrategia metodológica, la cual reconoce tres etapas.

La etapa uno llamada “Caracterización de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas grises proveniente de las islas comerciales de la Universidad Popular del Cesar-municipio de Valledupar”, en esta etapa se pudo observar la alta carga contaminante que manejan las islas comerciales pudiendo ser un peligro verterlas dentro de la universidad sin un tratamiento previo, ya que superan los límites máximos permisibles que proporciona la resolución 0631/2015 para el vertimiento a cuerpos de agua, siendo también un peligro para la vegetación y el suelo, ya que esta agua no solo tiene altas concentraciones de DQO, DBO, SST, Grasas y Aceites, sino también alto contenido de coliformes totales, lo que la hace un peligro de contaminación para el ambiente circundante y para la salud de las personas que transitan la universidad. Sin embargo, dichas concentraciones pueden ser variables, puesto que depende de la demanda comercial en las islas, siendo el factor que determina las concentraciones.

Entre las limitaciones de esta etapa, se encuentra la representatividad de la muestra, dado que las mediciones corresponden a un período específico, sugiriendo que pueden fluctuar con el paso del tiempo.

La etapa anterior, llevó a implementar el sistema no convencional para el tratamiento de aguas grises, siguiendo con la etapa llamada “Diseño del sistema no convencional a escala piloto para el tratamiento de las aguas grises generadas en las islas comerciales de la Universidad Popular del Cesar, sede Sabanas”, en esta etapa se diseñó y se implementó el sistema propuesto: trampa de grasa, digestor, biofiltro y desinfección solar, dicho diseño y construcción se hizo con un enfoque económico y ambiental. Cabe mencionar, que los procesos y unidades elegidas se debieron a las muestras preliminares fisicoquímicas y microbiológicas, además, que se buscaba evaluar la eficacia de estas unidades de manera



conjunta, observando la viabilidad técnica y funcional del sistema no convencional, accesible y de bajo costo.

Durante la puesta en marcha se presentaron pequeños problemas, relacionados con el TRH, ya que no cumplían con los requerimientos necesarios, por ello el sistema tuvo que operar de manera intermitente y manual a través de las llaves de paso.

Tras la adecuación del sistema, comenzó a funcionar. Se le dio un periodo de un mes para que los microorganismos en los procesos biológicos se adaptaran a las condiciones ambientales y luego llevar a cabo la siguiente fase denominada "Determinación de la eficiencia de eliminación del sistema no convencional empleado en el tratamiento de aguas grises producidas en las islas comerciales de la Universidad Popular del Cesar, sede Sabanas", basándonos en los resultados obtenidos, se puede concluir que el sistema implementado logró una reducción significativa de la carga contaminante, cumpliendo en gran medida con los estándares de la Resolución 0631 de 2015.

Se evidenció un alto porcentaje de reducción en los parámetros de Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5), con valores de remoción del 90,35% y 90,15%, respectivamente, dichos resultados indican que el sistema es efectivo en la biodegradación de la materia orgánica presente en el agua gris. No obstante, algunas fluctuaciones en la eficiencia pueden atribuirse a variaciones en la carga contaminante del afluente.

En la remoción de sólidos suspendidos y turbidez, el sistema demostró un buen rendimiento, con una eficiencia del 95,08% en la reducción de la turbidez, esto sugiere que los procesos de flotación, sedimentación, filtración y biodegradación fueron eficaces en la eliminación de partículas en suspensión (trampa de grasa, digestor y biofiltro). No obstante, la eficiencia de los SST fue de 77,58% sugiriendo que podrían implementarse mejoras en la retención de partículas más grandes, como un mayor tiempo de retención en la trampa de grasa o la adición de un proceso de coagulación-floculación previo.

En los aceites y grasas, se registró una disminución del 63,85%. Esta eficiencia fue inferior en comparación con otros indicadores, esto se atribuye en cierta medida a la característica de los aceites y grasas, que necesitan periodos de retención más largos para su

www.unicesar.edu.co

Teléfono conmutador PBX: (+57 605 588 5592)

Balneario Hurtado, Vía a Patillal

Valledupar – Cesar, Colombia



separación correcta. Por esta razón, se aconseja mejorar esta unidad del sistema, ya sea prolongando el tiempo de conservación o fusionándolo con procesos fisicoquímicos adicionales.

En el caso de los coliformes totales se evidencio una reducción, pero no por completo, quedaron entre 10^4 NMP/100ML, y según lo analizado está estrechamente ligado a las radiaciones UV, condiciones ambientales; sin embargo, en este estudio, se enfoca su deficiencia en la turbidez de las muestras finales, ya que para que sea más efectivo el proceso de desinfección solar, la turbidez debe estar por debajo de los 30NTU, y las muestras finales oscilaron entre 80-90 NTU.

Entre las principales limitaciones de esta etapa, se debe a factores como la composición variable del agua residual, las condiciones climáticas y la operación manual del sistema, ya que pudieron introducir fuentes de error en la medición de la eficiencia del tratamiento.

A pesar de estas limitaciones, los resultados obtenidos respaldan la viabilidad de implementar este sistema como una alternativa sostenible para el tratamiento de aguas grises en comunidades con acceso limitado a tecnologías convencionales. En futuras investigaciones, se sugiere realizar pruebas a largo plazo y analizar la posibilidad de reutilización del efluente tratado en actividades secundarias, como riego, limpieza industrial y reutilización sanitaria.

En esta misma etapa, se comparó el estudio propuesto con el de Perez & Otros (2023), con el fin de determinar las mejoras y recomendaciones de cada uno de los sistemas, al comparar la eficiencia de ambos sistemas piloto de tratamiento de aguas grises se observó que cada uno presenta ventajas y oportunidades de mejora en diferentes parámetros. Ambos cumplen con la normativa vigente en cuanto a temperatura y pH, sin embargo, se identificaron diferencias significativas en la remoción de algunos contaminantes.

El segundo piloto mostró una mayor eficiencia en la reducción de turbidez y coliformes totales, lo que puede atribuirse a la inclusión de unidades adicionales como el desarenador y el humedal. Por otro lado, el primer piloto tuvo un mejor desempeño en la remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), lo que sugiere una mayor efectividad en los procesos biológicos involucrados.



En cuanto al oxígeno disuelto, las diferencias en la reducción se explican principalmente por las condiciones iniciales del agua tratada, y no necesariamente por la eficiencia del sistema. Asimismo, en la remoción de aceites y grasas, aunque el primer piloto presentó un porcentaje de eliminación del 64%, no se cuenta con datos específicos del segundo piloto para una comparación precisa, sin embargo, se deduce que la eficiencia del segundo piloto puede ser similar por la presencia de la trampa de grasa.

Estos resultados permiten concluir que la optimización de las unidades de pretratamiento y la combinación de procesos biológicos aeróbicos y anaeróbicos, como procesos terciarios (desinfección solar) influyeron significativamente en la eficiencia del tratamiento. Además, la elección de las especies vegetales en sistemas de humedales juega un papel clave en la neutralización y eliminación de contaminantes.

La eficiencia de cada parámetro depende de las unidades y los procesos implementados, ya que el primer sistema es más eficiente en la degradación de materia orgánica y reducción de sólidos suspendidos, mientras que el segundo piloto mejora la calidad visual del agua. Para optimizar el tratamiento del piloto de este estudio, se recomienda mejorar la trampa de grasa, reducir la turbidez con un desarenador y utilizar la Taruya para mayor remoción. Además, considerar aumentar el tiempo de retención hidráulica (TRH) en algunas unidades mejoraría la eliminación de contaminantes. En conclusión, combinar la biodegradación del primer sistema con la clarificación del segundo permitiría un tratamiento más eficiente y sostenible para las aguas grises en la Universidad Popular del Cesar.

Finalmente, se concluye que este sistema podría ser una alternativa sustentable y asequible para el tratamiento de aguas grises en contextos parecidos, aunque su puesta en marcha a gran escala necesitaría modificaciones en el diseño y evaluaciones a largo plazo para asegurar su estabilidad y efectividad en diversas circunstancias operativas.



8. RECOMENDACIONES

A continuación, se dispondrá lo que se recomienda para mejoras en futuras investigaciones, ya sea en la parte técnica, experimental o metodológica. Asimismo, que se puede lograr al patrocinar este proyecto y al invitar a la comunidad académica.

En cuanto al perfeccionamiento técnico y metodológico, se recomienda potenciar la trampa de gases al aumentar el tiempo de retención hidráulico requerido por la resolución 0330/2027 o en su defecto, incorporar otra unidad de pretratamiento para reducir aún más las grasas y aceites y mejorar la sedimentación de los sólidos suspendidos totales. Por otro lado, se aconseja optar por la Taruya (planta acuática) en lugar de la lenteja de agua en los humedales y biofiltros, ya que la Taruya absorbe mayor cantidad de nutrientes llevando a un porcentaje de remoción mayor. Y, por último, se recomienda un dosificador de pH, con el fin que el pH este regulado desde la entrada del sistema y pueda ser un poco más alcalino, con ellos pueden verse mejores resultados en la eficiencia, ya que el pH es clave en los procesos biológicos.

En futuras investigaciones, se recomienda medir la eficacia del sistema por unidad o por cada proceso, ya que de esta manera se puede observar detenidamente que unidad está trabajando mejor cada parámetro en estudio. Además, que se expanda la magnitud del sistema y así abordar volúmenes más grandes.

Patrocinar estos proyectos resulta beneficioso, ya que se está probando la viabilidad con materiales de fácil acceso, pudiendo contribuir a comunidades donde es difícil el tratamiento de las aguas que se generan. Por ello, es necesario motivar a científicos e instituciones educativas para que propongan soluciones y perfeccionar el diseño.

Asimismo, para futuras investigaciones donde se planee usar el digestor o cualquier otra unidad anaeróbica, se recomienda emplear volúmenes de agua más altos con la finalidad de medir el metano que se genera en la liberación del biogás. Por último, es necesario establecer el uso que se le dará al agua tratada en función de los parámetros analizados, pero para ello se deben analizar muchos más parámetros como lo son los metales pesados, esto con el fin de saber su potencial reutilizable en áreas industriales, agrícolas o en sistemas sanitarios como el inodoro, ya que así no desperdicia el agua potable.



Implementar cada una de las recomendaciones, conllevará a beneficios técnicos y metodológicos durante la implementación del sistema de tratamiento, pero sobre todo llevará a beneficios ambientales, ya que un tratamiento más eficiente ayuda a proteger los cuerpos de agua, si se reutiliza el agua se reduce la demanda de agua potable y el uso de materiales reutilizables para la construcción de estos sistemas, contribuyen a un sistema más sostenible y respetuoso con el medio ambiente. También conlleva beneficios económicos porque la mejora en el diseño reduce los costos en posibles problemas que se presente y, por último, beneficios sociales, ya que mejora la calidad de vida de las personas y evita enfermedades causadas por vectores.



REFERENCIAS

- ACUATECNICA. (05 de 06 de 2017). *LA SITUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLOMBIA*. <https://acuatecnica.com/la-situacion-del-tratamiento-aguas-residuales-colombia/>
- Aireación en plantas de tratamiento de aguas residuales*. (s.f.). hoffman-lamson: <https://quillbot.com/es/generador/folders/4DJmsc3q5eAIxO2h3a9m5Q/lists/7Ka01icSv7moUgrvOJ4SkD/sources/6Ek0NiZFCgbZUpCG2lpune/edit>
- Area, M. C., Ojeda, S. A., Barboza, O. M., Bengoechea, D. I., & Felissia, F. E. (2010). Tratamientos aplicables para la reducción de la DQO recalcitrante de efluentes de pulpados quimimecánicos y semiquímicos (revisión). *Revista De Ciencia Y Tecnología*, 13, 4–12. <https://www.fceqyn.unam.edu.ar/recyt/index.php/recyt/article/view/513>
- Arroyave, M. (2004). LA LENTEJA DE AGUA (LEMNA MINOR L.): UNA PLANTA ACUÁTICA PROMISORIA. *Revista EIA*, 1, págs. 33-38. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372004000100004
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA. (s.f.). *Constitución Política de Colombia*. <https://www.anla.gov.co/eureka/normatividad/constitucion>
- Azario, R., Metzler, C., & Marcó, L. (2004). Higiene y Sanidad Ambiental. *La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales*. (4-pp 72-82). [https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc510156890491c_Hig.Sanid_.Ambient.4.72-82\(2004\).pdf](https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc510156890491c_Hig.Sanid_.Ambient.4.72-82(2004).pdf)
- Baque, J. V., & Ullauri, S. E. (2020). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales industriales para una empresa Empacadora y Exportadora de Camarón en la ciudad de Guayaquil (Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana)*. Repositorio Institucional. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19149/4/UPS-GT002985.pdf>



Banco Mundial . (31 de 12 de 2013). *Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas.*

<https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>

Campo Usuga, J. F. (2022). *Estado del arte de los sistemas sépticos para el tratamiento del agua residual.* Trabajo de pregrado, Universidad de Antioquia, Medellín.

https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/31573/5/CampoJuan_2022_SaneamientoZonasRurales

Carrión, B. N. (2018). *EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.* Lima, Perú.

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/88d343e4-7509-4b93-8d6a-1193482fb10e/content>

Cassandro Salazar, J. S. (2006). *IMPLEMENTACIÓN DE UN REACTOR PILOTO ANAEROBIO DE CARGAS SECUENCIALES PARA EL TRATAMIENTO DE LOS VERTIMIENTOS DEL MATADERO DE ACACIAS, META.*

Corrales MSc, L. C., Antolinez Romero, D. M., Bohórquez Macías, J. A., & Corredor Vargas, A. M. (2015). Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta. *Nova, Vol 13(24)*, págs. 55-81.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702015000200007

Cupe Flores, E. D., & Portocarrero Contreras, C. J. (2009). *Evaluación de la eficiencia de plantas acuáticas flotantes Lemna Minor (lenteja de agua), Eichhornia Crassipes (Jacinto de agua) y Pistia Stratoides (lechuga de agua): para el tratamiento de aguas residuales domésticas.* Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería.

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_5141b7ebca41d629233373f0af513b30/Details

Chaves Contreras, J. P., & Franceschi Arrieta, M. R. (22 de 05 de 2019). *Eficiencia de remoción de materia orgánica mediante carbón.* Bogotá.

www.unicesar.edu.co

Teléfono conmutador PBX: (+57 605 588 5592)

Balneario Hurtado, Vía a Patillal

Valledupar – Cesar, Colombia



<https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/990/Chaves%20Co?sequence=1>

Departamento Administrativo de la Función Pública . (s.f.). *Decreto 2811 de 1974*.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551>

Departamento Administrativo de la Función Pública . (s.f.). *Ley 99 de 1993*.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297#:~:text=5,del%20proceso%20de%20investigaci%C3%B3n%20cient%C3%ADfica>.

Donaldson. (2012). *ABC de Filtración-Tipos de Medios Filtrantes* .

https://www.widman.biz/Filtracion/ABC_Medios_Filtrantes.pdf

Equipo Flowen . (08 de 09 de 2020). *Cifras de tratamiento de aguas residuales en el mundo*.

<https://flowen.com.pe/cifras-de-tratamiento-de-aguas-residuales-en-el-mundo/>

Fabregas, J. (30 de 05 de 2023). *Separación de aceites y grasas mediante sistemas DAF*.

Sigmadaf: <https://sigmadafclarifiers.com/separacion-de-aceites-y-grasas-mediante-sistemas-daf/>

Fernández, P., & Díaz, P. (2002). *Investigación cuantitativa y cualitativa*.

<https://ocw.unican.es/pluginfile.php/355/course/section/154/Tema%25208.pdf>

Fernández, S. Q., Gutiérrez, C. M., & Izquierdo-Kulich, E. F. (2019). *Tratamiento de aguas y aguas residuales*. Portoviejo: ©Ediciones UTM- Universidad Técnica de Manabí.

https://www.researchgate.net/publication/338490931_Tratamiento_de_aguas_y_aguas_residuales

Florez, M. S. (04 de 12 de 2024). *Proyectan construir en Valledupar una nueva Planta de Tratamiento de Aguas Residuales*. *ELHERALDO.COM*.

<https://www.elheraldo.co/cesar/2024/12/04/proyectan-construir-en-valledupar-una-nueva-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales/>

García Morales, A. L., & Meza Bolaño, G. T. (2023). *EVALUACIÓN DE UN MÉTODO A ESCALA PILOTO COMO ALTERNATIVA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA*



CALIDAD DEL AGUA SUMINISTRADA A LA. *Universidad Popular del Cesar*.
Valledupar.

García Iquise, F. N. (2015). *Calidad microbiológica de superficies vivas e inertes en contacto con los alimentos de los comedores populares del distrito de Ciudad Nueva, Región Tacna*. ALICIA:

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNJB_7a23059f6cfb91a779d8a5a8caf4f7f6

García Salazar, Y. (2022). DISEÑO DE UN SISTEMA NO CONVENCIONAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES; CASO DE ESTUDIO: FINCA LA ALEGRÍA MUNICIPIO DE TÚQUERRES NARIÑO. *UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA*. Pereira.

Giraldo, G. I. (1995). *MANUAL DE ANÁLISIS DE AGUAS*(Trabajo presentado para optar a la categoría de Profesor Asistente). UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, Manizales.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/55218/manualdeanalisisdeaguas.pdf>

Henry. (15 de 01 de 2024). *Biofiltros para Aguas Residuales: Soluciones Ecológicas y Efectivas para la Depuración del Agua*. <https://institutodelagua.es/aguas-residuales/biofiltros-para-aguas-residuales-aguas-residuales/>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (2014). *Metodología de la Investigación* (6 ed.). Mc Graw Hill. México D.F. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Methodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

Hirpahuanca, R. A. (2021). *Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cusipata, provincia Quispicanchi – Cusco*(Tesis de pregrado, Universidad Continental). Repositorio Institucional - Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11355>



IDEAM y la UPME . (2017). *Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia*".
<https://www.andi.com.co/uploads/radiacion.compressed.pdf>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (2007). *TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS RESIDUALES*.
http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma_Muestras_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428

Jacobo Lopez, A., Esparza Soto, M., Lucero Chavez, M., & Fall, C. (2018). TRATAMIENTO DE UN AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL A TEMPERATURA PSICROFÍLICA CON UN REACTOR UASB. *Rev. Int. Contam. Ambient*, 35(4), 905-915.

Lipps, W., Howland, E., & Baxter, T. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21.

López, P. L. (2004). POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO. *Punto Cero*, 09(08), págs. 69-74.
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012

Lozano-Rivas, W. A. (2012). *Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
https://www.researchgate.net/publication/298354134_Disenio_de_Plantas_de_Tratamiento_de_Aguas_Residuales

Luna, J. L. (s.f.). Diseño de Investigación. *UNIVERSIDAD ANÁHUAC*. Mexico.
<https://www.anahuac.mx/mexico/biblioteca/sites/default/files/inline-files/disenodeinvestigaagos19.pdf>

Martínez. (2020). *Análisis comparativo entre el Método Leopold y el EPM-Arboleda para la identificación de impactos ambientales en la intervención de vías principales urbanas*.

Meierhofer , R., & Wegelin, M. (2003). Desinfección Solar del Agua.
https://www.pseau.org/outils/ouvrages/eawag_sodis_desinfeccion_solar_del_agua_2005.pdf



Melo Parra, A., & Herrera Delgado, J. S. (2016). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA PILOTO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA.*

MetAs & Metrólogos Asociados. (2010). *Medición de Turbidez en la Calidad del Agua.*
https://metas.com.mx/guia_metas/archivos/La-Guia-MetAs-10-01-Turbidez.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible . (s.f.). *Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.*
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible . (s.f.). *Norma de Reúso - La Ley 373 de 1997.*
<https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/norma-de-reuso/#:~:text=La%20Ley%20373%20de%201997,las%20normas%20de%20calidad%20ambiental.>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible . (s.f.). *Resolución 0699 de 2021.*
<https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-0699-de-2021/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible . (s.f.). *Resolución 1256 de 2021.*
<https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-1256-de-2021/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible . (s.f.). *Resolución 631 de 2015.*
<https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-631-de-2015/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015,17 marzo). *Resolución 0631.*
<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/11/resolucion-631-de-2015.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible . (2021,23 de noviembre). *Resolución 1256.*
<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/Resolucion-1256-de-2021.pdf>

Ministerio de Desarrollo Economico. (2000). *REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS - 2000. En Titulo E-TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.* Bogotá.

www.unicesar.edu.co

Teléfono conmutador PBX: (+57 605 588 5592)

Balneario Hurtado, Vía a Patillal

Valledupar – Cesar, Colombia



Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia . (s.f.). *Resolución 0799 - 2021*.
<https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0799-2021>

Naphtali, J., Chan, A., Saleem, F., Li, E., Devri, J., & Schellhorn, H. E. (2022). Comparative metagenomics of anaerobic digester communities reveals sulfidogenic and methanogenic microbial subgroups in conventional and plug flow residential septic tank systems. *Processes, Vol 10(3)*. <https://www.mdpi.com/2227-9717/10/3/436>

NIÑO RODRÍGUEZ, E. D., & MARTÍNEZ MEDINA, N. C. (2013). *Estudio de las aguas grises domésticas en tres niveles socioeconómicos de la ciudad de Bogotá*. Trabajo de grado, PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, Bogotá.
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/11139>

NUÑEZ, L., MOLINARI, C., PAZ, M., TORNELLO, C., MANTOVANO , J., & MORETTON, J. (2014). Análisis de riesgo sanitario en aguas grises de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista internacional de contaminación ambiental, Vol 30(4)*, págs. 341-350.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000400003

Obaid Alisawi, H. A. (7 de Marzo de 2020). Performance of wastewater treatment during variable temperature. *Applied Water Science, Vol 10(4)*.
<https://doi.org/10.1007/s13201-020-1171-x>

PACHECO GONZÁLEZ, S. I. (2016). *CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN DIGESTOR ANAEROBIO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS APARTIR DE RESIDUOS DEALIMENTOS Y PODA A ESCALA BANCO*. Universidad Nacional de Colombia.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/56095/75084817.2016.pdf?sequence=1>

Paredes, D. A. (2016). *BIOFILTRACIÓN SOBRE CAMA DE TURBA, PARA EL TRATAMIENTO SOBRE AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DEL LAVADO DE JEANS (Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato*. Reporsitorio Universidad



Técnica de Ambato.

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24604/1/Tesis%201084%20-%20Paredes%20Paredes%20Daniel%20Alejandro.pdf>

Perez, J., & Otros. (2023). *Diseño y Contrucción de piloto de tratamiento de aguas residuales en la Univeridad Popular del Cesar de Valledupar, Cesar*. Valledupar: Universidad Popular del Cesar.

Pimentel, H. R. (13 de 03 de 2017). *Las aguas residuales y sus efectos contaminantes*. <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>

Poveda, M. C., & Villalba, J. F. (2017). *Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas para el sector El Palmar municipio de Flandes – Tolima(Tesis de pregrado, Universidad Minuto de Dios)*. Repositorio Institucional. <https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/6691/1/T.IC%20CASTIBLANCO%20POVEDA%20MARIA%20CAMILA.pdf>

Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. (s.f.). DESINFECCIÓN SOLAR, UNA ALTERNATIVA PARA PEQUEÑAS COMUNIDADES RURALES. En *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas* (págs. 110-112). http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_09.pdf

Rincones, J., & Rios, C. (2018). *DISEÑO DE BIOFILTRO DE FIBRA DE COCO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES EN EL CORREGIMIENTO DE VILLA GERMANIA, VALLEDUPAR*. Valledupar.

Rojas, R., & Alberto, J. (2021). *Tratamiento de aguas residuales industriales: teoría y principios de diseño*. Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/3109>

Salazar, M. Y. (2012). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Ciudad de México: REFUGIA CENTRO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA ECOBIODIVERSIDAD A. C.



[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/497800/REFUGIA_CENTRO_PA
RA_LA_CONSERVACION_1.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/497800/REFUGIA_CENTRO_PA
RA_LA_CONSERVACION_1.pdf)

Secretaría de la Convención Ramsar. (2013). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)*. (6. edición, Ed.) Gland, Suiza.
<https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/manual6-2013-sp.pdf>

Secretaría Distrital del Ambiente. (2020). *Conoce qué es un vertimiento y cómo se clasifica*.
[https://www.ambientebogota.gov.co/historial-de-noticias/-
/asset_publisher/VqEYxdh9mhVF/content/conoce-que-es-un-vertimiento-y-como-se-
clasifica](https://www.ambientebogota.gov.co/historial-de-noticias/-
/asset_publisher/VqEYxdh9mhVF/content/conoce-que-es-un-vertimiento-y-como-se-
clasifica)

Tutiempo Network, S.L. (s.f.). *Radiación solar en Valledupar (Colombia) - Energía solar*.
www.tutiempo.net. [https://www.tutiempo.net/radiacion-
solar/valledupar.html#google_vignette](https://www.tutiempo.net/radiacion-
solar/valledupar.html#google_vignette)

UNICESAR. (2021). *Acuerdo N°003 del 08 de julio de 2021 “por medio del cual se adoptan las líneas de investigación de los programas de Pregrado de la Facultad de Ingeniería y Tecnológicas sede Valledupar, y se dictan otras disposiciones”*. Valledupar, Cesar: Universidad Popular del Cesar.

UNIVERSIDAD AGRÍCOLA DE WAGENINGEN, CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA, UNIVERSIDAD DEL VALLE. (11 de 1987). *ARRANQUE Y OPERACIÓN DE SISTEMAS DE FLUJO ASCENDENTE CON MANTO DE LODO -UASB*. <https://www.ircwash.org/sites/default/files/341.5-87AR-6473.pdf>

Universidad de los Andes . (s.f.). *Caracterización de las aguas residuales, producto de la operación y funcionamiento aeropuerto internacional El Dorado*. Bogotá: Universidad de los Andes - Laboratorio de Ingeniería Ambiental .

Viloria, A., & Predeza, J. (2023). *EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS CON FIBRA DE SACCHARUM OFFICINARUM*. Valledupar.

www.unicesar.edu.co

Teléfono conmutador PBX: (+57 605 588 5592)

Balneario Hurtado, Vía a Patillal

Valledupar – Cesar, Colombia



Villavicencio Figueroa , L. C., Gomezcuello Samaniego, J. P., Bravo Crespo, D. I., & Baculima Suárez, J. A. (2023). Coliformes totales y Escherichia coli en superficies inertes en contacto con el consumo. *Pol. Con. (Edición núm. 85), Vol 8(9)*, págs. 377-389. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9152562.pdf>


Zambrano Intriago, H. (2023). DISEÑO DE UN BIOFILTRO UTILIZANDO LEMNA MINOR (LENTEJA DE AGUA) Y EICHHORNIA CRASSIPES (JACINTO DE AGUA) PARA LA CAPTACIÓN DE METALES PESADOS (CD, CR Y PB) DEL RAMAL B DEL ESTERO SALADO GUAYAQUIL-ECUADOR. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26282/1/UPS-GT004730.pdf>




ANEXOS

Figura 27.

Carta de Compromiso Sobre Respeto a Derechos de Autor.



Ingeniería
Ambiental y
Sanitaria



UNICESAR
UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

Valledupar, lunes, febrero de 24 de 2025

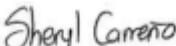
Señores
COMITÉ DE INVESTIGACIÓN Y PROYECTOS DE GRADO
Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Universidad Popular del Cesar

ASUNTO: CARTA DE COMPROMISO SOBRE RESPETO A LOS DERECHOS DE AUTOR

Los estudiantes abajo firmantes manifiestan que el anteproyecto titulado: "**TITULO DEL PROYECTO O INVESTIGACION PRESENTADO POR LOS ESTUDIANTES**", objeto de la presente autorización es original y se realiza sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad sobre la misma. Por tanto, nos comprometemos a guardar el debido respeto a los derechos de autor, según lo contemplado en la Ley 23 de 1982, emanada por el Congreso de Colombia, así como los demás referentes legales.

La utilización del material de otros autores será registrada con su respectiva cita bibliografía, sin exceder la utilización de su contenido. Aceptamos que el incumplimiento de lo anteriormente mencionado sea sancionado con la anulación de la propuesta, con registro a la hoja de vida de los estudiantes. En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, los estudiantes autores asumirán toda la responsabilidad y saldrán en defensa de los derechos aquí autorizados. Para todos los efectos el programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria actúa como un tercero de buena fe.

Atentamente.



SHERYL DANIELA CARRENO VASQUEZ
CC: 1003317135 de Valledupar, Cesar

Nota: Elaborado por la Autora para Entrega de Proyecto, 2025.



Figura 28.

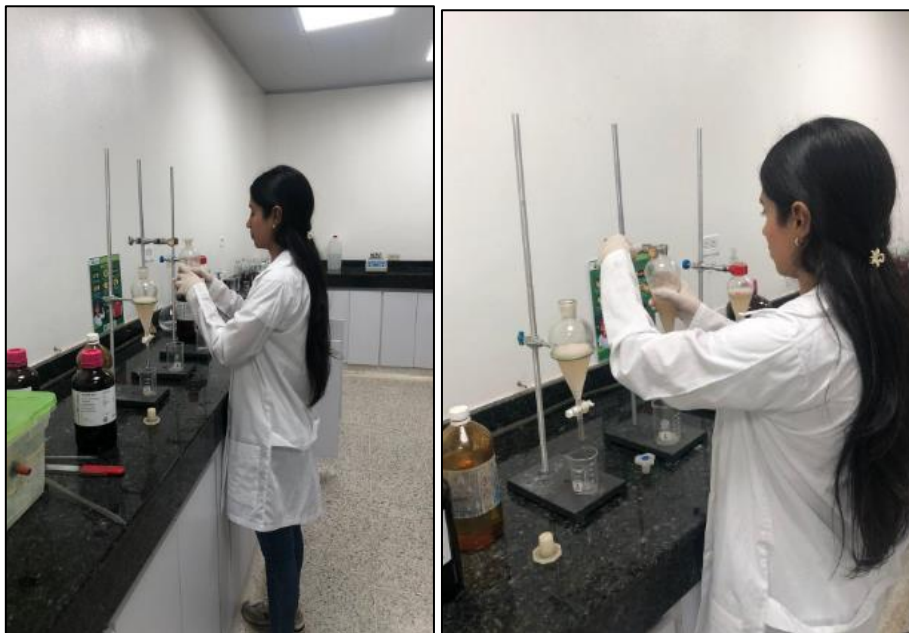
Toma de Muestras



Nota: Elaborado por la Autora, 2025

Figura 29.

Realización de las pruebas en la Universidad Popular del Cesar 1



Nota: Elaborado por la Autora, 2025