

Sistema de tratamiento de aguas residuales para laboratorios camaroneros. Factores y parámetros en la estimación de áreas, tiempos y costos

Wastewater treatment system for shrimp laboratories. Factors and parameters in the estimation of areas, times and costs

Juan Carlos Muyulema-Allaica¹

**Universidad Estatal Península de Santa Elena - Ecuador
jmuyulema@upse.edu.ec**

Richard Edinson Muñoz-Bravo²

**Universidad Estatal Península de Santa Elena - Ecuador
rmunozb@upse.edu.ec**

Ariel Bernardo González-Bazán³

**Universidad Estatal Península de Santa Elena - Ecuador
ariel.gonzalezbazan@upse.edu.ec**

Paola Martina Pucha-Medina⁴

**Universidad Estatal Península de Santa Elena - Ecuador
paola.pucha@upacifico.edu.ec**

doi.org/10.33386/593dp.2024.2.2305

V9-N2 (mar-abr) 2024, pp 275-287 | Recibido: 27 de diciembre del 2024 - Aceptado: 21 de febrero del 2024 (2 ronda rev.)

1 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9663-8935>

2 ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6770-8228>

3 ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6742-9650>

4 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4712-7661>

Cómo citar este artículo en norma APA:

Muyulema-Allaica, J., Muñoz-Bravo, R., González-Bazán, A. y Pucha-Medina, P., (2024). Sistema de tratamiento de aguas residuales para laboratorios camarones. Factores y parámetros en la estimación de áreas, tiempos y costos. 593 Digital Publisher CEIT, 9(2), 275-287, <https://doi.org/10.33386/593dp.2024.2.2305>

Descargar para Mendeley y Zotero

RESUMEN

El diseño eficiente de un sistema de tratamiento de aguas residuales puede asegurar el correcto manejo del recurso hídrico utilizado en las diferentes industrias como en los laboratorios camarones, además de ayudar a preservar el medio ambiente. El presente estudio tuvo como objetivo dar a conocer los factores y parámetros que se deben considerar para realizar el diseño de un sistema de tratamiento en relación con la estimación de áreas, tiempos y costos. La metodología utilizada estuvo enfocada en la obtención de datos como el caudal de salida de una empresa de estudio, la definición del sistema de tratamientos a diseñar, la determinación de las maquinarias y concentraciones a considerar para los análisis respectivos, además de la generalización de los tiempos de tratamientos. Se efectuó diferentes métodos para analizar y estimar diferentes datos y compararlos con un diseño ya realizado por otro autor. Por último, se pudo concluir que las estimaciones realizadas ayudan a entender de forma clara los factores que se deben tomar en cuenta en el diseño de un sistema y su distribución de áreas, con el fin de evitar riesgos y de lograr la evacuación sostenible de las aguas residuales.

Palabras claves: aguas residuales, industria, recurso hídrico, laboratorios camarones, tratamiento de agua

ABSTRACT

The efficient design of a wastewater treatment system can ensure the correct management of water resources used in different industries such as shrimp laboratories, also to helping to preserve the environment. The objective of this study was to present the factors and parameters that should be considered for the design of a treatment system in relation to the estimation of areas, time, and costs. The methodology used was focused on obtaining data such as the outflow of a study company, the definition of the treatment system to be designed, the determination of the machinery and concentrations to be considered for the respective analyses, also to the generalization of treatment times. Different methods were used to analyze and estimate different data and compare them with a design already made by another author. Finally, it was concluded that the estimates made help to clearly understand the factors that must be considered in the design of a system and its distribution of areas, to avoid risks and achieve sustainable wastewater disposal.

Keywords: wastewater, industry, water resources, shrimp laboratories, water treatment

Introducción

El rápido crecimiento de la industria del camarón ha traído innumerables beneficios económicos en todo el mundo, convirtiéndose en una importante fuente de empleo y una fuente de alimento muy buscada (Iber & Kasan, 2021). Sin embargo, este avance también ha generado importantes desafíos ambientales, especialmente en lo que respecta a la gestión adecuada de las aguas residuales generadas por estas actividades (Alviano & Andriyono, 2020). Las empresas de cultivo de larvas de camarones, al igual que otras industrias, generan aguas residuales contaminadas con una variedad de sustancias, incluidos sedimentos, nutrientes, pesticidas y otros productos químicos utilizados en la acuicultura. Si no se maneja adecuadamente el efluente generado, puede tener efectos devastadores en los ecosistemas acuáticos circundantes, degradar la calidad del agua y amenazar tanto la vida marina como la salud humana ambiente (González-Fragozo et al., 2020)

Por lo tanto, es importante que las empresas camaroneras implementen sistemas de tratamiento de aguas residuales eficientes y sostenibles (Ramos & Navarro, 2020), para minimizar los impactos ambientales negativos y cumplir con los parámetros establecidos por los agentes reguladores del país. Estos sistemas deben estar diseñados para eliminar o reducir significativamente la carga contaminante de las aguas residuales, permitiendo que el agua tratada sea devuelta al medio ambiente sin causar daño (Cabrera-Martínez, 2018).

La eliminación de los contaminantes puede darse gracias a la combinación de los diferentes métodos para tratar aguas residuales, como lo son los físicos, químicos y biológicos (Hang-Pham et al., 2021), cada uno de ellos tiene un objetivo establecido dentro del sistema de depuración, el físico ayuda a eliminar los sólidos flotantes, el químico a nivelar la carga de contaminantes químicos y el biológico elimina los contaminantes orgánicos en el efluente. Los sistemas que involucre los tres métodos de tratamiento ofrecen altos porcentajes de

remoción de contaminantes a un menor costo de instalación (Tang et al., 2022).

El objetivo de este artículo es presentar el diseño y cotización de un sistema de tratamiento de aguas residuales, utilizando métodos de caracterización física, química y biológica para depurar los efluentes generados por laboratorios de larvas de camarón, dando a conocer una propuesta utilizable en los próximos años. En donde se busca comparar el costo de implementación obtenido en la cotización del sistema de tratamiento con otros sistemas diseñados.

El artículo está dividido en varias secciones. Como primero, se presenta la metodología utilizada para obtener y analizar datos requeridos para el diseño del sistema de tratamiento como las etapas de tratamiento, caudal, dimensiones, y tiempos. Seguido del análisis de los resultados recolectados, de la presentación del sistema diseñado y del presupuesto de implementación obtenido. Continuando con la discusión y comparación de los resultados obtenidos, finalizando con la conclusión de la investigación.

Método

La obtención de datos pertinentes para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales se basó principalmente en la obtención del caudal, seguido de las etapas de tratamiento, la consideración de maquinarias, concentraciones y tiempos.

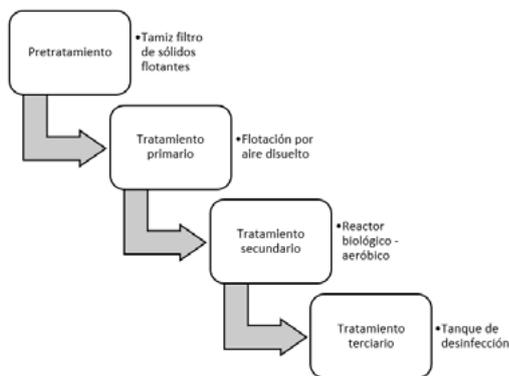
El caudal es el factor más importante para poder realizar el diseño del sistema de tratamiento, éste da a conocer la capacidad de tratamiento del sistema y ayuda a evitar la presencia de cuellos de botella en el proceso. El caudal que se consideró para el sistema fue obtenido de un laboratorio de situado en la comuna Palmar del cantón Santa Elena, que cumple requisitos ideales para el estudio, y por políticas empresariales no se menciona su nombre corporativo. Los datos obtenidos se muestran en la Tabla 1, destacando el volumen, tiempo de evacuación, y caudal:

Tabla 1.
Volumen y periodos de evacuación por mes

Magnitud	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Volumen (m ³)	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Tiempo de evacuación (h)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Caudal (m ³ /h)	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75

Una vez determinado el caudal que proviene de la empresa, se establecieron las etapas que confirmaran al sistema de tratamiento, las cuales se muestran en la Figura 1, la misma que inicia desde el pretratamiento hasta el tratamiento terciario.

Figura 1.
Etapas del sistema de tratamiento.



Las etapas de tratamiento de la Figura 1 tienen un inicio desde el pretratamiento para la eliminación de sólidos, seguido de un sistema de flotación por aire disuelto para eliminar la materia contaminante de menor tamaño, continuando con un tratamiento biológico mediante un reactor aeróbico para eliminar la materia orgánica, por último, con una etapa de desinfección para nivelar los químicos del efluente.

Posteriormente a la definición de las etapas de tratamiento, se procedió a seleccionar las maquinarias que se van a considerar en el diseño. Primero, se seleccionó un tamiz tornillo para el pretratamiento, las características de esta máquina se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2.
Características del tamiz tornillo para el pretratamiento.

Característica de maquinaria	Valor
Tamiz tornillo TTM 250	\$7500
Separación de rejillas	4 mm
Caudal	44 - 190 m ³ /h
Flujo	Continuo
Dimensiones (L*A*h) (m)	4,89*0,9559*2,9093

Entre las características más importante se destacó el diámetro de la separación de rejillas, caudal, tipo de flujo y dimensiones. Continuando con el tratamiento primario, en la Tabla 3 se muestran las características principales consideradas.

Tabla 3.
Características del sistema DAF para el tratamiento primario.

Característica de maquinaria	Valor
Sistema DAF PLD-QF-100	\$7167
Capacidad de tratamiento	Hasta 100 m ³ /h
Flujo	Continuo
Dimensiones (L*A*h) (m)	10,322*2,238*2,0734
Concentración de dosificación de aire	0,01 lb de aire/lb de SST

Fuente. Adaptado de Kosar et al., (2022)

Entre las características más importantes se presenta la concentración de la dosificación de aire que se requiere en base a la cantidad de sólidos suspendidos totales que hay en el efluente, además de sus dimensiones. Este tratamiento es capaz de disminuir un 4% el volumen total del efluente.

El tratamiento secundario consta de un reactor digestor aeróbico para descomponer la materia orgánica que se encuentra en el efluente,

para el funcionamiento de este se requiere de la utilización de dos tipos de bacterias descomponedoras y de la dosificación de oxígeno, las concentraciones se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4.
Características del reactor biológico para el tratamiento secundario.

Característica de maquinaria	Valor
Reactor – Digestor aeróbico MBBR	\$9000
Capacidad de tratamiento	Hasta 100 m ³ /h
Dimensiones (D*h) (m)	5,0036*5
Flujo	Estacionario
Concentración de bacteria 1	100 mg/l de NH ₃
Tiempo de tratamiento	3h
Concentración de bacteria 2	3g/l de DQO
Tiempo de tratamiento	5h
Concentración de adición de oxígeno	1,3lb O ₂ /lb de DBO

Fuente. Adaptado de Ye et al., (2023).

Al igual que en el tratamiento primario, la cantidad a dosificar depende de los parámetros de entrada del agua al sistema. Este tratamiento es capaz de disminuir un 4% el volumen total del efluente. Por último, en el tratamiento terciario se requiere de un tanque de desinfección con el fin de poder nivelar los químicos mediante la dosificación del cloro, además del color y olor mediante la dosificación de carbón activado, en la Tabla 5 se muestran los valores considerados para esta etapa de tratamiento.

Tabla 5.
Características del tanque de desinfección para el tratamiento terciario.

Característica de maquinaria	Valor
Tanque de desinfección	\$1400
Capacidad de tratamiento	Hasta 100 m ³ /h
Dimensiones (L*A*h) (m)	8*5*5,2
Flujo	Estacionario
Concentración de cloro	1,5 ppm
Tiempo de cloración	20 min
Concentración de carbón activado	160g/ton
Tiempo de desinfección	10 min

Fuente. Adaptado de Kesar & Bhatti, (2022); Sgroi et al., (2020)

En esta etapa, se debe de considerar dos procesos mencionados: la cloración y la desinfección, las cuales tienen un tiempo definido para el tratamiento. Por otro lado, cada una de las etapas de tratamiento tienen un tiempo general de funcionamiento, los mismos que se muestran en la Tabla 6, en el caso del pretratamiento y del tratamiento primario, los tiempos van a depender de la cantidad de efluente que ingresa a dichas etapas, mientras que, el tiempo de retención va a depender de las dosificaciones a realizar para el tratamiento secundario y terciario. Estos tiempos deben de ser analizados y normalizados.

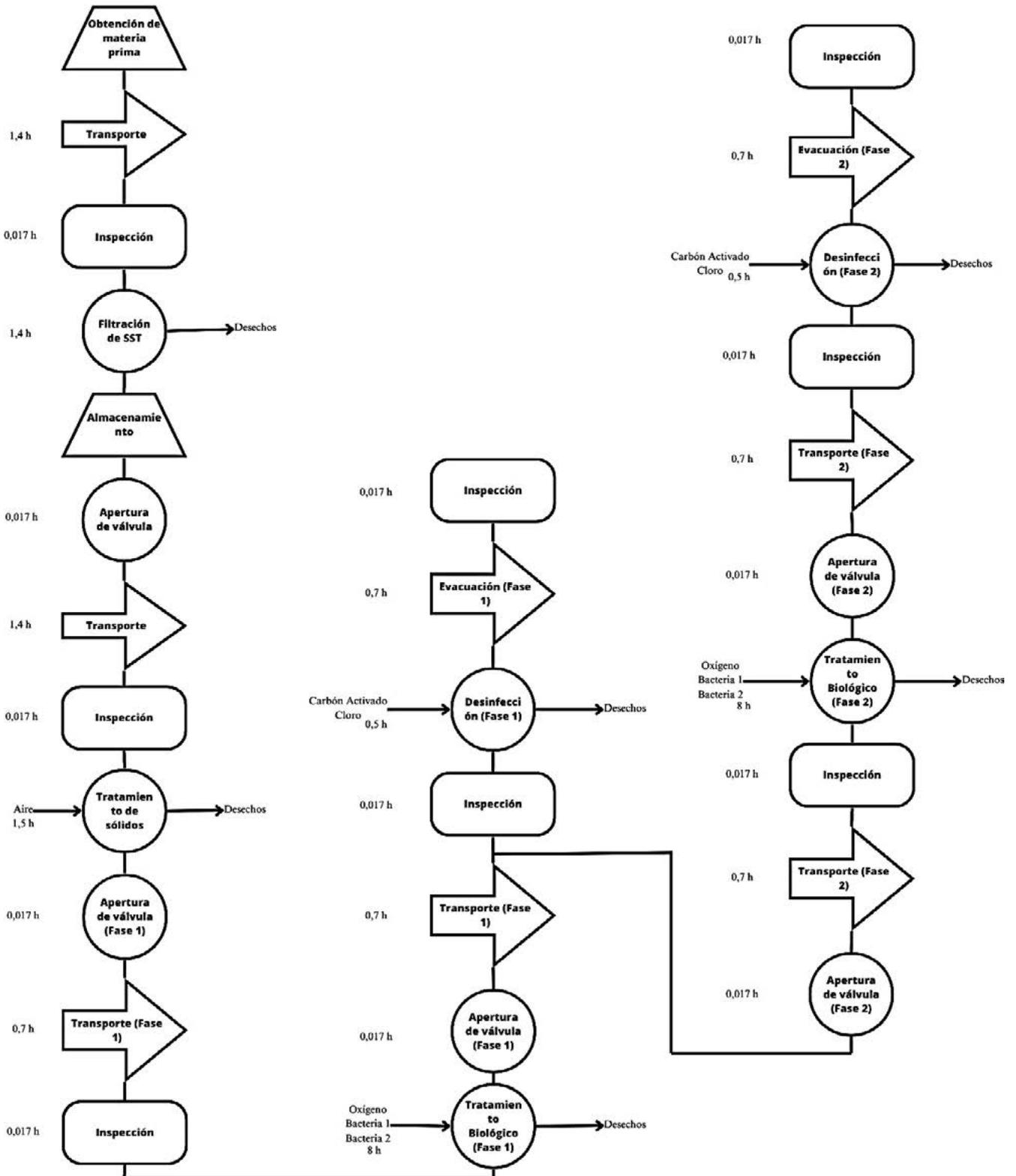
Tabla 6.
Tiempos de retención por cada etapa de tratamiento.

Etapas de tratamiento	Dosificación	Tiempo / Dosificación	Tiempo general (h)
Pretratamiento			2
Tratamiento primario			1,75
Tratamiento secundario	Bacteria 1	3 horas	8
	Bacteria 2	5 horas	
Tratamiento terciario	Cloro	20 min	0,5
	Carbón Activado	10 min	
Total			12,25

Como ya se mencionó anteriormente, el tiempo de retención en el pretratamiento y el tratamiento primario depende del volumen de agua que ingrese a estas etapas, teniendo un flujo continuo de volumen. Sin embargo, en el tratamiento secundario y terciario va a depender de las dosificaciones que se realizan en cada una de ellas, además de que su flujo de agua no es continuo, más bien es estacionario.

Resultados

La descripción de las etapas de tratamiento presentadas en la Figura 1 es extendida mediante un diagrama de operaciones del proceso mostrado en la Figura 2, tomando en cuenta las actividades, tiempos y distancias.



En esta, se da a conocer los tiempos requeridos en cada una de las actividades desde la entrada del efluente al sistema, hasta la salida de agua hacia los cuerpos de agua. Los valores de las cantidades a dosificar en cada una de las etapas de tratamientos van a depender de los parámetros de entrada del efluente, en este caso, la empresa de estudio no cuenta con los análisis sobre el efluente que evacúa, sin embargo, los cálculos de estas cantidades se pueden realizar de forma sencilla, teniendo en cuenta las concentraciones establecidas en las Tablas 3, 4 y 5.

Por otro lado, el área del sistema de tratamiento a diseñar puede ser estimada mediante el método de Guerchet (Avendaño-Delgado et al., 2022), en el cual se establecen las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned}
 S_s &= L * A \\
 S_g &= S_s * N \\
 S_e &= (S_s + S_g) * K \\
 k &= \frac{h_{em}}{2 * h_{ef}} = \frac{\sum_{i=1}^n S_s * n * h}{2 * \frac{\sum_{i=1}^n S_s * n * h}{\sum_{i=1}^n S_s * n}} \\
 S_t &= (S_s + S_g + S_e) * n
 \end{aligned}$$

La fórmula “St” indica la superficie total que requiere el sistema, las demás tienen una mejor comprensión al momento de aplicarlas cuando es necesario, para ello, se plantea la Tabla 7 con los valores de las dimensiones de cada una de las maquinarias del sistema.

Tabla 7.
Dimensiones de las maquinarias del sistema

Maquinaria	n	L (m)	A (m)	H (m)	Área
Tamiz	1	4,89	0,96	2,91	4,69
DAF	1	10,32	2,24	2,07	23,12
Reactor	1			5	19,63
Tanque de desinfección	1	8	5	5,2	40
Bomba 5 hp	1	0,55	0,38	0,34	0,21
Total					87,65

La Tabla 7, dio a conocer que la superficie inicial de las maquinarias debe de ser de 87,65 m². Con los valores ya presentados, se plantea la Tabla 8 para la resolución mediante el método de

Guerchet, teniendo como prioridad el cálculo de la constante K.

Tabla 8.
Aplicación de fórmulas del método de Guerchet

Tipo	n	N	L (m)	A (m)	H (m)	Ss.	Ss.*n	Ss.*n*h	
Maquinaria	1	2	4,89	0,95	2,9	4,69	4,69	13,66	
Tamiz	1	2	10,32	2,2	2,07	23,12	23,12	47,85	
DAF	1	2			5	19,63	19,63	98,15	
Reactor	1	3	8	5	5,2	40	40	208	
Tanque de desinfección	1	3	0,55	0,38	0,34	0,21	0,21	0,07	
Fijo									
Bomba 5 hp						1,65	0,5	1,5	2,48
Móvil									
Personas	3								
	1								

En donde,

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n S_s * n * h}{2 * \frac{\sum_{i=1}^n S_s * n * h}{\sum_{i=1}^n S_s * n}} = \frac{\frac{2,48}{1,5}}{2 * \frac{367,73}{87,65}} = 0,197$$

$k = 0,197$

Con el valor del coeficiente k calculado, se plantea la Tabla 9 para calcular la superficie total requerida en la distribución del proceso de tratamiento.

Tabla 9.
Cálculo de la superficie requerida por el sistema.

Maquinaria	n	N	L (m)	A (m)	Ss.	Sg	Se	ST
Tamiz	1	2	4,89	0,95	4,65	9,29	2,75	16,68
DAF	1	2	10,32	2,2	22,70	45,41	13,42	81,53
Reactor	1	2			19,63	39,26	11,60	70,49
Tanque de desinfección	1	3	8	5	40	120	31,52	191,52
Bomba 5 hp	1	3	0,55	0,38	0,21	0,63	0,16	1
Total								361,22

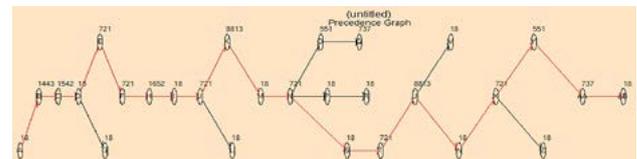
De acuerdo con el método de Guerchet, el sistema de tratamiento de aguas residuales requiere de una superficie estimada de 361,22 m², siendo esta el área óptima posible para evitar todo tipo de riesgo en los puestos de trabajo.

Así mismo, se puede estimar el tiempo de tratamiento de cada una de las actividades que conformar el sistema general, para ello, se planteó la Tabla 10 en donde se muestran los datos utilizados para el cálculo del tiempo normalizado o estándar y la codificación respectiva para analizar la precedencia de actividades. Los datos mostrados corresponden a: índice de asignación de actividades (IAA), tiempo normal (TN), porcentaje de recuperación (%R), el tiempo estándar (TE) y las actividades precedentes.

Ver tabla 10.

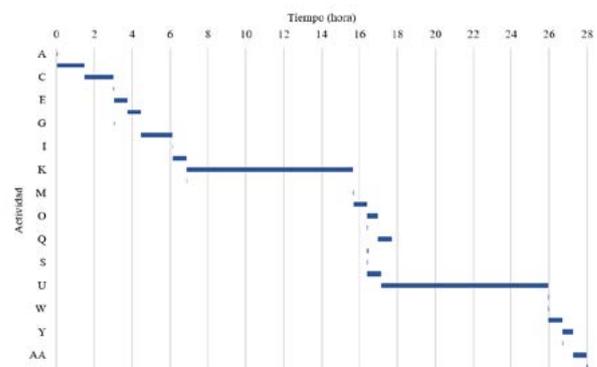
De acuerdo con la Tabla 10 el tiempo total es de 29,40 horas, sin embargo, éste no es el definitivo. Mediante el programa POM – QM se va a encontrar el tiempo total optimizado, eliminado las actividades secundarias que se realizan en el sistema y observando las actividades críticas, así como se muestra en la Figura 3.

Figura 3.
Gráfico de precedencia de las actividades críticas del sistema de tratamiento.



En la Figura 4 se muestra el diagrama de Gantt obtenido, para analizar la sistemática de las distintas actividades.

Figura 4.
Gráfico de Gantt de las actividades precedentes del sistema de tratamiento.



En base al análisis de precedencia realizado para encontrar la ruta crítica de las actividades de la Figura 3 y 4, se deduce que el tiempo de tratamiento para las 150 Ton de agua residual es de 28,003 horas. Así mismo, se observa que las actividades de inspección no forman parte de la ruta crítica del sistema.

Una vez terminado el tiempo de tratamiento, el agua obtenida debe de cumplir con ciertos parámetros de calidad con el fin de asegurar su evacuación amigable con el medio

Tabla 10.
Cálculo del tiempo estándar y designación de las actividades precedentes.

Código	Actividad	T	IAA	TN	%R	TE	Precedencia
A	Inicio de operación de bomba 1	0,017	94	0,016	11	0,018	-
B	Traslado a pretratamiento	1,4	92	1,288	12	1,443	A
C	Filtración de SST	1,4	102	1,428	8	1,542	B
D	Apertura de válvula	0,017	94	0,016	11	0,018	C
E	Traslado 1 al sistema DAF	0,7	92	0,644	12	0,721	D
F	Traslado 2 al sistema DAF	0,7	92	0,644	12	0,721	E
G	Inspección	0,017	92	0,016	12	0,018	D
H	Tratamiento de sólidos no separados	1,5	102	1,530	8	1,652	F
I	Apertura de válvula (f1)	0,017	94	0,016	11	0,018	H
J	Traslado al reactor biológico (f1)	0,7	92	0,644	12	0,721	I
K	Tratamiento biológico (f1)	8	102	8,160	8	8,813	J
L	Inspección	0,017	92	0,016	12	0,018	J
M	Apertura de válvula (f1)	0,017	94	0,016	11	0,018	K
N	Traslado al tanque de desinfección (f1)	0,7	92	0,644	12	0,721	M
O	Desinfección del agua residual (f1)	0,5	102	0,510	8	0,551	N
P	Inspección	0,017	92	0,016	12	0,018	N
Q	Evacuación del agua residual (f1)	0,7	94	0,658	12	0,737	O
R	Inspección	0,017	92	0,016	12	0,018	P
S	Apertura de válvula (f2)	0,017	94	0,016	11	0,018	N
T	Traslado al reactor biológico (f2)	0,7	92	0,644	12	0,721	S
U	Tratamiento biológico (f2)	8	102	8,160	8	8,813	T
V	Inspección	0,017	92	0,016	12	0,018	U
W	Apertura de válvula (f2)	0,017	94	0,016	11	0,018	U
X	Traslado al tanque de desinfección (f2)	0,7	92	0,644	12	0,721	W
Y	Desinfección del agua residual (f2)	0,5	102	0,510	8	0,551	X
Z	Inspección	0,017	92	0,016	12	0,018	X
AA	Evacuación del agua residual (f2)	0,7	94	0,658	12	0,737	Y
AB	Inspección	0,017	92	0,016	12	0,018	AA
Tiempo total (horas)						29,40	

ambiente. De acuerdo con el TULSMA (2018), estos parámetros se dan a conocer en la Tabla 11, mostrando el límite permisible para cada su evacuación a cuerpos de agua marina, los cuales están establecidos en el Anexo 1 del libro VI de la normativa TUSLMA, presentado en el acuerdo ministerial 097.

Tabla 11.

Parámetros máximos permisibles para la evacuación de agua residual a cuerpos de agua marina.

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible
SST	mg/l	250
DBO	mg/l	200
DQO	mg/l	400
Nitrógeno	mg/l	40
Aceites y grasas	mg/l	30
Coliformes fecales	NMP/100 ml	Remoción >99%
Color		Inapreciable en dilución: 1/20

Fuente. Adaptado de (TULSMA, 2018)

Por otro lado, se calculó el presupuesto de implementación del sistema de tratamientos, así como se muestra en la Tabla 12, en la cual se da a conocer los precios unitarios de cada denominación y el costo total en base a las cantidades utilizadas en el diseño del sistema.

Ver tabla 12.

De acuerdo con los datos obtenidos en el cálculo presentado en la Tabla 12, se puede resaltar que el costo de la implementación del sistema de tratamientos es de \$27.887,11. Ante todos los cálculos realizados, se plantea el siguiente diseño de tratamiento mostrado en la Figura 5, el cual consta de un flujo que se maneja por medio de la gravedad y una bomba que impulsa al agua residual hacia los tratamientos.

Figura 5.

Sistema de tratamientos diseñado.

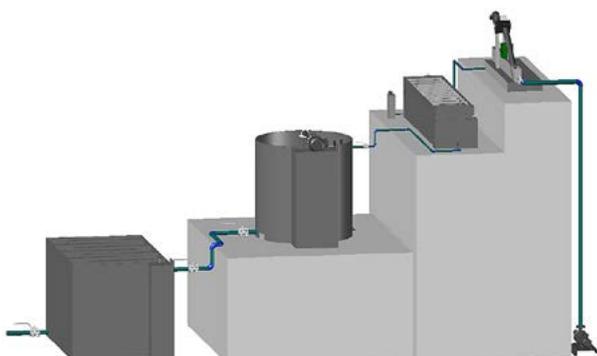


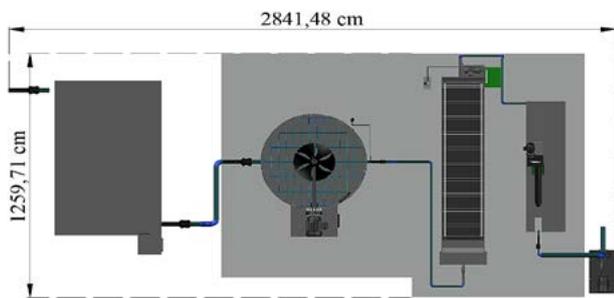
Tabla 12.

Cálculo del costo de implementación del sistema de tratamiento.

DENOMINACION	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL (\$)
MAQUINARIA DEL SISTEMA			
Tamiz tornillo	\$ 7.500,00	1	\$7.500,00
Sistema DAF	\$ 7.167,00	1	\$7.167,00
Reactor biológico	\$ 9.000,00	1	\$9.000,00
Tanque de desinfección	\$ 1.400,00	1	\$1.400,00
Blower	\$ 210,00	1	\$210,00
Bomba de agua 5 hp	\$ 1.119,00	1	\$1.119,00
Tachos de desechos	\$ 40,00	2	\$80,00
Tubería de 1 in	\$ 7,00	2	\$14,00
Tubería de 11 cm	\$ 31,36	5	\$156,80
Tubería de 16 cm	\$ 72,32	4	\$289,28
Codos de 1 in - 90°	\$ 0,47	3	\$1,41
Codos de 11 cm - 90°	\$ 4,00	8	\$32,00
Codos de 16 cm - 90°	\$ 11,45	6	\$68,70
Válvula de 1 in	\$ 8,41	4	\$33,64
Válvula de 11 cm	\$ 57,98	4	\$231,92
Válvula de 16 cm	\$ 81,16	4	\$324,64
Bridas de 1 in	\$ 5,40	4	\$21,60
Bridas de 11 cm	\$ 11,44	8	\$91,52
Bridas de 16 cm	\$ 24,70	4	\$98,80
Pernos de 1/2 para 1 in	\$ 1,30	4	\$5,20
Pernos de 5/8 para 11 cm	\$ 2,00	8	\$16,00
Pernos de 3/4 para 16 cm	\$ 3,20	8	\$25,60
TOTAL			\$27.887,11

Así mismo, en la Figura 6 se muestra la vista superior del sistema y el área total que ocupa el sistema de tratamiento, el cual es de 357,94 m², siendo un valor cercano al que se obtuvo en el método de Guerchet.

Figura 6.
Vista superior del sistema de tratamiento y área general utilizada



El costo de implementación del sistema de tratamiento se muestra en comparación con otro sistema cotizado en la Tabla 13, en el cual se destaca el valor utilizado en maquinarias y en otros equipos.

Figura 7.
Comparación de costos.

	Diseño propuesto	Otro diseño
Costo de maquinarias	\$26.396	\$28.975,5
Otros costos de equipos auxiliares	\$1.491,11	\$2723,9
Total	\$27.887,11	\$31.699,4

Fuente. Datos obtenidos de Andrade-Avalos et al., (2021)

Discusión

Los resultados obtenidos mediante los cálculos realizados muestran información muy relevante que debe ser considerada al momento de diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales, en el caso del método de Guerchet se estimó que el área óptima debe de ser de aproximadamente 361 m², sin embargo, este valor no siempre es el mismo que el otro obtenido al momento de diseñar o implementar un sistema, debido a que, la distribución de áreas puede variar mucho en el cálculo de la superficie total establecida, haciendo posible que no coincidan dichos datos (Avendaño-Delgado et al., 2022). Se pudo observar que el área determinada en el diseño es de 357 m², siendo menor que el área óptima sugerida por el método utilizado, un factor muy importante a considerar es la distribución de áreas, un sistema

con un área adecuada puede garantizar el espacio suficiente y facilitar la eficiencia operativa de la misma, por lo que, ambos valores deben de ser considerados en el diseño, procurando que exista área suficiente para poder operar el sistema y minimizar la probabilidad de riesgos en el trabajo.

Así mismo, se observa que la estandarización de los tiempos es algo fundamental en cual tipo de actividades o empresas, con el fin de añadir una tolerancia al tiempo normal de una actividad, en la cual se considera cualquier tipo de interrupción, retraso o disminución de tiempo al momento de realizar un trabajo (Andrade et al., 2019). Además, se elimina todo tipo de actividad improductiva que no aporte directamente al objetivo que se ha planteado (Muñoz-Choque, 2021). En el caso de estudio no se consideró las actividades de inspección dentro del sistema de tratamiento, debido a que, estas no afectan al proceso del tratamiento de las aguas residuales, pasando 29.40 horas como se había estimado en el estudio de tiempos a 28.003 horas como se demostró mediante el análisis de precedencia de actividades, garantizando la eficacia del proceso de tratamiento en un menor tiempo posible.

También, se destacó el costo de implementación del sistema de tratamiento propuesto, el cual, en comparación del otro sistema presentado mantiene un costo menor tanto para el requerimiento de maquinarias, como para la utilización de otros equipos auxiliares, dando a conocer que los sistemas de tratamiento que involucren el método biológico son aquellos que presentan menores costos en comparación a los demás tipos que existen como el físico y químico (Tang et al., 2022).

Conclusiones

Se ha aplicado diferentes cálculos que hacen posible un mejor entendimiento sobre los apartados considerados para el diseño del sistema de tratamiento, como la determinación de la superficie óptima para la distribución de áreas del sistema, el cual es de un aproximado a 361 m² que asegura una eficiencia operativa de forma fluida, además de permitir un buen rendimiento

y sostenibilidad tanto en los trabajadores como en los equipos implementados para tratar las aguas residuales.

Los resultados obtenidos sobre el tiempo estandarizado de tratamiento y el costo de implementación respaldan a los sistemas de tratamientos y su accesibilidad en comparación con los demás tipos de sistemas, demostrando que pueden ser comprometedores y que son capaz de eliminar la mayor cantidad de contaminante en un menor tiempo y al mínimo costo posible, además de direccionarse al cumplimiento de los parámetros establecidos por los agentes reguladores del país.

El presente estudio sirve como base fundamental y como apoyo para futuras investigaciones que se direccionen o vinculen con el tema de tratamiento de aguas residuales en las que se involucren a los tres tipos de tratamientos, como los físicos, químicos y biológicos, tomando en cuenta los diferentes factores que intervienen en el diseño de este tipo de sistemas, para lograr estimar áreas, tiempos, costos y parámetros que debe tener el sistema antes de evacuar efluente que sea sostenible con el medio ambiente.

Referencias

- Alviano, A. R., & Andriyono, S. (2020). Wastewater Treatment on Shrimp Processing Industry. *Journal of Marine and Coastal Science*, 9(3), 139. <https://doi.org/10.20473/jmcs.v9i3.22296>
- Andrade, A. M., A. Del Río, C., & Alvear, D. L. (2019). Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado. *Información Tecnológica*, 30(3), 83–94. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000300083>
- Andrade-Avalos, M. L., Borja-Mayorga, D. F., & García-Veloz, M. J. (2021). Diseño y cotización de una planta de tratamiento de aguas residuales para parroquias rurales del Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo-Ecuador. *ConcienciaDigital*, 4(2), 198–214. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i2.1659>
- Avendaño-Delgado, E. M., Cieza-Quesquén, G. D., & Alcalá-Adrianzén, M. E. (2022). Quality Management Proposal according to industrial engineering tools to increase customer satisfaction of Manufacturas Claudinne S.A.C. *Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: "Education, Research and Leadership in Post-Pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions."* <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.162>
- Cabrera-Martínez, N. C. (2018). Test of natural coagulants extracted from Ipomoea incarnata and Moringa oleífera in the purification of industrial wastewater in Cartagena de Indias/Ensayo de coagulantes naturales extraídos de Ipomoea incarnata y Moringa olífera en la depuración de ag... *Prospectiva*, 16(2), 94–99. <https://doi.org/10.15665/rp.v16i2.1434>
- González-Fragozo, H. E., Zabaleta-Solano, C., Devia-González, J., Moya-Salinas, Y., & Afanador-Rico, O. (2020). Efecto del riego con agua residual tratada sobre la calidad microbiológica del suelo y pasto King Grass. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1513>
- Hang-Pham, T. T., Cochevelou, V., Khoa-Dinh, H. D., Breider, F., & Rossi, P. (2021). Implementation of a constructed wetland for the sustainable treatment of inland shrimp farming water. *Journal of Environmental Management*, 279, 111782. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111782>
- Iber, B. T., & Kasan, N. A. (2021). Recent advances in Shrimp aquaculture wastewater management. *Heliyon*, 7(11), e08283. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08283>

- Kesar, S., & Bhatti, M. S. (2022). Chlorination of secondary treated wastewater with sodium hypochlorite (NaOCl): An effective single alternate to other disinfectants. *Helijon*, 8(11), e11162. <https://doi.org/10.1016/j.helijon.2022.e11162>
- Kosar, S., Isik, O., Cicekalan, B., Gulhan, H., Sagir Kurt, E., Atli, E., Basa, S., Ozgun, H., Koyuncu, I., van Loosdrecht, M. C. M., & Ersahin, M. E. (2022). Impact of primary sedimentation on granulation and treatment performance of municipal wastewater by aerobic granular sludge process. *Journal of Environmental Management*, 315, 115191. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115191>
- Muñoz-Choque, A. M. (2021). Estudio de tiempos y su relación con la productividad. *Revista Enfoques*, 5(17), 40–54. <https://doi.org/10.33996/revistaenfoques.v5i17.104>
- Ramos, R., & Navarro, A. (2020). Tratamiento de efluentes del cultivo de *Seriola lalandi* por sedimentación, filtración y absorción en diferentes tiempos de retención hidráulica. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 54(3), 297–307. <https://doi.org/10.22370/rbmo.2019.54.3.2020>
- Sgroi, M., Gagliano, E., Vagliasindi, F. G. A., & Roccaro, P. (2020). Absorbance and EEM fluorescence of wastewater: Effects of filters, storage conditions, and chlorination. *Chemosphere*, 243, 125292. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125292>
- Tang, X., Fan, C., Zeng, G., Zhong, L., Li, C., Ren, X., Song, B., & Liu, X. (2022). Phage-host interactions: The neglected part of biological wastewater treatment. *Water Research*, 226, 119183. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.119183>
- TULSMA. (2018). Revisión del anexo 1 del libro vi del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. In *Ministerio del Ambiente* (2nd ed., pp. 24–30). <https://www.ambiente.gob.ec/>
- wp-content/uploads/downloads/2019/01/TEXTO-UNIFICADO-DE-LEGISLACION-SECUNDARIA-DE-MEDIO-AMBIENTE.pdf
- Ye, T., Li, M., Lin, Y., & Su, Z. (2023). An effective biological treatment method for marine aquaculture wastewater: Combined treatment of immobilized degradation bacteria modified by chitosan-based aerogel and macroalgae (*Caulerpa lentillifera*). *Aquaculture*, 570, 739392. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739392>