

UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY
VICERRECTORADO ACADEMICO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA INGENIERIA INDUSTRIAL



PROCESO DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN:
TRATAMIENTO DEL AGUA DEL CAMPUS TEMPE UVM

Presentado por:

Br. Leandro Javier Araujo Pacheco

Br. Lisandro Javier Araujo Pacheco

CARVAJAL, JULIO 2022

UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY
VICERRECTORADO ACADEMICO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA INGENIERIA INDUSTRIAL



PROCESO DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN:
TRATAMIENTO DEL AGUA DEL CAMPUS TEMPE UVM

Trabajo Especial de Grado para optar al título de Ingeniero Industrial

Presentado por:

Br. Leandro Javier Araujo Pacheco

Br. Lisandro Javier Araujo Pacheco

Tutor

WILMER MÉNDEZ

CARVAJAL, JULIO 2022

UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY
VICERRECTORADO ACADEMICO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL



ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Carvajal, 14 de marzo 2022.

Ciudadano: Ing. Wilmer Méndez
Director del CIDIFI
Presente.-

Por medio de la presente, hago de su conocimiento, que ante la solicitud realizada por los ciudadanos: **Araujo Pacheco Leandro Javier**, portador de la **C.I. V.-27029489** y **Araujo Pacheco Lisandro Javier**, portador de la **C.I. V.-27029490**, acepto el compromiso de Tutorar el desarrollo de su trabajo de investigación titulado: **PROCESO DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN: TRATAMIENTO DEL AGUA DEL CAMPUS TEMPE UVM**, para optar al título universitario en **INGENIERIA INDUSTRIAL**; hasta su presentación y evaluación.

Atentamente,

Prof. Wilmer Méndez
C.I.N° .501239

UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY
VICERRECTORADO ACADÉMICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL



APROBACIÓN DEL TUTOR

Carvajal, 26 de Abril del 2022.

Yo, Prof. Wilmer Méndez, portador de la C.I.V.- 5.501.239, en mi carácter de Tutor del Trabajo especial de Grado: **PROCESO DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN: TRATAMIENTO DEL AGUA DEL CAMPUS TEMPE UVM**, presentado por los bachilleres: **Araujo Pacheco Leandro Javier**, portador de la C.I. V.-27029489 y **Araujo Pacheco Lisandro Javier**, portador de la C.I. V.-27029490, para optar por el título de **INGENIERO INDUSTRIAL**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la **PRESENTACIÓN PÚBLICA Y EVALUACIÓN** por parte del jurado examinador que se designe.

Atentamente:

Prof. Wilmer Méndez
C.I: 5.501.239
TUTOR

UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY

www.uvm.edu.ve

R.L.F. J-31702424-9

Av. Independencia con calle La Paz, Sede Mirabel, Urbanización Mirabel, Plaza L,
Diagonal al Parque SAPMNAET, Municipio Valera Estado Trujillo.



**VICERRECTORADO
FACULTAD DE INGENIERÍA**

VEREDICTO

Nosotros, Prof. Wilmer Méndez, Profa. Liliana Rivera y Prof. Javier Mazzey, designados como miembros del Jurado Examinador del Trabajo Especial de Grado titulado: **"PROCESO DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN: TRATAMIENTO DEL AGUA DEL CAMPUS TEMPÉ UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY"**, que presenta el Bachiller **LEANDRO JAVIER ARAUJO PACHECO**, portador de la Cédula de Identidad N° **27.029.489**, nos hemos reunido para revisar dicho Trabajo y después de la presentación, defensa e interrogatorio correspondiente lo hemos calificado con: **VEINTE (20)** puntos, de acuerdo con las normas vigentes dictadas por el Consejo Universitario de la Universidad Valle del Momboy, referente a la evaluación de los Trabajos Especiales de Grado para optar al título de Ingeniero Industrial.

En fe de lo cual firmamos, en Valera a los siete (07) días del mes de julio de dos mil veintidós (2022).

Profa. Liliana Rivera

C.I. 13.048.877

JURADO

Prof. Wilmer Méndez

C.I. 5.501.239

TUTOR

Prof. Javier Mazzey

C.I. 11.319.775

PRESIDENTE DEL JURADO

Profa. Marilyn Briceño

C.I.- N° 13.205.436

DECANA



Profa. Ana Linares

C.I.- N° 9.013.217

VICERRECTORA

UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY

www.uvm.edu.ve

R.L.F. J-31702424-9



Av. Independencia con calle La Paz, Sede Mirabel, Urbanización Mirabel, Mata I,
Diagonal al Parque SAPNAET, Municipio Valera Estado Trujillo.


VICERRECTORADO FACULTAD DE INGENIERÍA


VEREDICTO


Nosotros, Prof. Wilmer Méndez, Profa. Liliana Rivera y Prof. Javier Mazzey, designados como miembros del Jurado Examinador del Trabajo Especial de Grado titulado: "PROCESO DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN: TRATAMIENTO DEL AGUA DEL CAMPUS TEMPÉ UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY", que presenta el Bachiller LISANDRO JAVIER ARAUJO PACHECO, portador de la Cédula de Identidad N° 27.029.490, nos hemos reunido para revisar dicho Trabajo y después de la presentación, defensa e interrogatorio correspondiente lo hemos calificado con: **VEINTE (20)** puntos, de acuerdo con las normas vigentes dictadas por el Consejo Universitario de la Universidad Valle del Mombuy, referente a la evaluación de los Trabajos Especiales de Grado para optar al título de Ingeniero Industrial.

En fe de lo cual firmamos, en Valera a los siete (07) días del mes de julio de dos mil veintidós (2022).



 Profa. Liliana Rivera
 C.I. 13.048.877
 JURADO


 Prof. Wilmer Méndez
 C.I. 5.501.239
 TUTOR


 Prof. Javier Mazzey
 C.I. 11.319.775
 PRESIDENTE DEL JURADO


 Profa. Marilyn Briceño
 C.I.- N° 13.205.436
 DECANA




 Profa. Ana Linares
 C.I.- N° 9.013.217
 VICERRECTORA

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso, creación nuestra, promotor e impulsador de nuestros sueños.

Dedicamos este triunfo a nuestros queridos padres, Javier Araujo y Lisbeth Pacheco, por habernos apoyado, acompañado de principio a fin, por creer en nosotros y en nuestras capacidades, por estar dispuestos a todo, para que podamos cumplir nuestros sueños.

Paulina Sofía: Que este logro sea motivo de orgullo e inspiración para ti. Te amamos.

A nuestros familiares y amigos: Que esta meta alcanzada les sirva de motivación en el logro de sus proyectos.

Siempre podemos levantarnos de nuevo y continuar hacia nuestros objetivos

¡Les amamos y les dedicamos este triunfo!

Leandro y Lisandro.

AGRADECIMIENTO

A Dios, nuestro Creador, por ser luz y guía en nuestras vidas.

A nuestros padres, Javier Araujo y Lisbeth Pacheco, de ustedes hemos aprendido a seguir siempre adelante, aunque haya obstáculos en el camino. Nunca estaremos suficientemente agradecidos.

Los amamos.

(+) A Carmen Pacheco, por su amor, su apoyo y sus consejos, los cuales eran siempre los indicados para seguir adelante luchando por nuestros sueños. Su recuerdo nos seguirá inspirando todos nuestros días.

A Paulina Sofía, su llegada al mundo alegró nuestras vidas e iluminó aún más nuestro camino y nos impulsó cada día, te amamos.

A Beatriz Abreu y Gabriela Matheus, su presencia, afecto y trabajo, nos dio el impulso necesario para culminar esta carrera. Nuestra gratitud será eterna.

A nuestra familia y amigos, gracias por el cariño y el apoyo que nos han brindado siempre.

A nuestros guías académicos Arnoldo Briceño e Iván Pérez: Su experiencia y sus conocimientos fueron invaluable en nuestra carrera. Agradecidos siempre.

A la UVM, por ser nuestra casa de estudios, a sus profesores por su formación, preparación y educación.

Leandro y Lisandro

**UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY
VICERRECTORADO ACADEMICO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA INGENIERIA INDUSTRIAL**

**PROCESO DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN:
TRATAMIENTO DEL AGUA DEL CAMPUS TEMPE UVM**

Autor(es): Br. Leandro Javier Araujo Pacheco
Br. Lisandro Javier Araujo Pacheco
Tutor(A): Wilmer Méndez
Año: 2022

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general diseñar el proceso de coagulación y floculación en el tratamiento de agua para su aprovechamiento con fines agrícola en el Campús Tempé. Así mismo se desarrolló con los objetivos específicos donde se requieren calcular el volumen de agua requerido en los procesos de coagulación y floculación en el tratamiento de agua, diseñar el proceso de mezcla rápida y por ende, diseñar el proceso de mezcla lenta en los procesos de coagulación y floculación. En relación con ello, estuvo enmarcada en una investigación de tipo aplicada y de campo. En este sentido, se trabajó con una población radicada en el área de acequia que atraviesa el Campús Tempé, integrada por cuatro personas que laboran en el campus, así como, cuarenta y cuatro familias. Se utilizó la técnica de la observación, con un diseño de campo; produciendo como resultado que El Proceso de Coagulación y Floculación para el Tratamiento de Agua con Fines Agrícola en la Acequia del Campús Tempé, es un procedimiento necesario y efectivo, que favorece la utilización de agua de calidad; debido a esto, se recomienda considerar para el proceso de coagulación y floculación las obras propuestas en esta investigación porque están diseñadas con el debido soporte técnico- científico, continuar con los procesos de sedimentación y filtración para consolidar la clarificación de las aguas de la acequia, utilizar para el proceso de desinfección, un tratamiento no agresivo a los ecosistemas naturales aguas abajo del Campus Tempé y replicar esta experiencia en la subcuenca del río Momboy para el saneamiento ambiental del mismo.

Palabras clave: Coagulación, Floculación, Mezcla Rápida, Mezcla Lenta, Acequia.

**UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY
VICERRECTORADO ACADEMICO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA INGENIERIA INDUSTRIAL**

**PROCESS OF COAGULATION AND FLOCCULATION:
WATER TREATMENT ON TEMPE UVM CAMPUS**

Autor(es): Br. Leandro Javier Araujo Pacheco
Br. Lisandro Javier Araujo Pacheco
Tutor(A): Wilmer Méndez
Año: 2022

ABSTRACT

This investigation had as a general objective To Design the Process of Coagulation and Flocculation in The Treatment of Water for its benefit with agricultural purposes on the Tempé Campus. In addition to it, it was developed as well the specific objectives, where is required to calculate the volume of water needed in the coagulation and flocculation processes in the treatment of water; to design the rapid mixing process and therefore, to design the slow mixing process in the coagulation and flocculation processes. In this regard, it was framed in an applied and field research. In this sense, it worked with a population based in the ditch area that crosses the Tempé Campus, composed of four people that work on the Campus, as well as forty four families. In this research it was used the observation technique along with a field design; producing as a result that the Process of Coagulation and Flocculation in The Treatment of Water for its benefit with agricultural purposes on Tempé Campus, is a necessary and an effective process, that favors the use of quality water; because of this, it is recommended to consider the works proposed in this research for the process of coagulation and flocculation because they are designed with the right technoscientific support, to continue with the sedimentation and filtration processes to consolidate the clarification of the ditch water, to use a non-aggressive treatment to the natural ecosystems downriver the Tempé Campus for the process of disinfection and replicate this experience in the sub-basin of the Momboy River for the environmental sanitation of it.

Key Words: Coagulation, Flocculation, Rapid Mix, Slow Mix, Ditch.

INDICE

DEDICATORIA	7
AGRADECIMIENTO	8
RESUMEN	9
INDICE	10
INDICE DE TABLAS	13
INDICE DE FIGURAS.....	15
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO I <u>EL PROBLEMA</u>	19
Planteamiento del problema	19
Problemas de la investigación	24
Problema general	24
Problemas específicos.....	24
Objetivos de la investigación	25
Objetivo general	25
Objetivos específicos.....	25
Justificación de la Investigación	25
Alcances y Limitaciones	26
Alcances.....	26
Limitaciones	27
CAPÍTULO II <u>MARCO TEORICO</u>	28
Antecedentes de la Investigación	28

	12
Bases teóricas	33
Bases Legales	38
Definición de términos básicos	40
Operacionalización de la variable	42
CAPÍTULO III_MARCO METODOLOGICO	43
Tipo y Diseño de la investigación	43
Tipo de investigación.....	43
Diseño de la investigación.....	44
Población y muestra	45
Población	45
Muestra	46
Técnicas e instrumento de recolección de datos	46
Procesamiento y análisis de datos	47
Procedimiento de la Investigación.....	47
Análisis de datos	48
CAPÍTULO IV_ANALISIS DE RESULTADOS	52
Aforador Parshall.....	59
CAPÍTULO V_CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
Conclusiones	79
Recomendaciones.....	82
REFERENCIAS	83

ANEXOS	86
--------------	----

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Operacionalización de la variable</i>	42
--	----

Tabla 2 <i>Sección transversal progresiva 0+000</i>	52
Tabla 3 <i>Sección transversal progresiva 0+008</i>	53
Tabla 4 <i>Áreas parciales sección neta de flujo 0+000</i>	56
Tabla 5 <i>Áreas parciales sección neta de flujo 0+008</i>	56
Tabla 6 <i>Tiempo de viaje(s) entre la sección 0+000 y 0+008</i>	57
Tabla 7 <i>Tiempo de viaje(s) entre la sección 0+000 y 0+008</i>	57
Tabla 8 <i>Láminas de agua progresiva 0+000</i>	59
Tabla 9 <i>Láminas de agua progresiva 0+008</i>	59
Tabla 10 <i>Valores de ancho de garganta para diferentes caudales</i>	60
Tabla 11 <i>Valores de carga de agua en la entrada y en la garganta del aforador</i>	61
Tabla 12 <i>Pérdidas de carga aforador Parshall con ancho de garganta w: 15,2 cm</i>	62
Tabla 13 <i>Pérdidas de carga aforador Parshall con ancho de garganta w: 22,5 cm</i>	62
Tabla 14 <i>Pérdidas de carga aforador Parshall con ancho de garganta w: 30,5 cm</i>	63
Tabla 15 <i>Pérdidas de carga para el caudal de diseño y diferente ancho de garganta</i>	65
Tabla 16 <i>Parámetros de selección del aforador o canaleta</i>	65
Tabla 17 <i>Dimensiones de la canaleta Parshall</i>	66
Tabla 18 <i>Dosificación de la empresa HIDROANDES para el tratamiento de agua</i>	70
Tabla 19 <i>Dosificación para jornada de trabajo de 24 horas/día</i>	70
Tabla 20 <i>Dosificación para jornada de trabajo de 12horas/día</i>	70
Tabla 21 <i>Dosificación para jornada de trabajo de 8horas/día</i>	71
Tabla 22 <i>Dosificación para jornada de trabajo de 8horas/día</i>	71
Tabla 23 <i>Elementos hidráulicos de la tubería de alimentación mezcla rápida</i>	72

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Sección transversal progresiva 0+000</i>	54
--	----

Figura 2 <i>Sección transversal progresiva 0+008</i>	54
Figura 3 <i>Sección neta de flujo progresiva 0+000</i>	55
Figura 4 <i>Sección neta de flujo progresiva 0+008</i>	55
Figura 5 <i>Pérdidas de carga en canaletas Parshall</i>	62
Figura 6 <i>Pérdidas de carga para un aforador Parshall con garganta de 15,2 cm</i>	63
Figura 7 <i>Pérdidas de carga para un aforador Parshall con garganta de 22,5cm</i>	64
Figura 8 <i>Pérdidas de carga para un aforador Parshall con garganta de 30,5 cm</i>	64
Figura 9 <i>Configuración de la canaleta Parshall en planta</i>	67
Figura 10 <i>Configuración de la canaleta Parshall en perfil</i>	68
Figura 11 <i>Configuración de la canaleta Parshall en perfil</i>	69
Figura 12 <i>Colocación del coagulante en el proceso de mezcla rápida</i>	72
Figura 13 <i>Floculador hidráulico de flujo horizontal</i>	73
Figura 14 <i>Dimensiones del floculador hidráulico de flujo horizontal</i>	78

INTRODUCCIÓN

El Proceso de Coagulación y Floculación en el Tratamiento de Agua del Campús Tempé UVM con Fines Agrícola, se relacionan con la efectividad de correctivos que conduce al diseño de procedimiento hidráulico sanitario que demanda el abordaje y eficiencia de los mismos, con el propósito de irradiar este conocimiento a los usuarios de la subcuenca del río Momboy, brindando condiciones de salud pública y de un ambiente sano y equilibrado.

Es por ello que el propósito general de esta investigación es Diseñar el Proceso de Coagulación y Floculación en el Tratamiento de Agua para su Aprovechamiento, con Fines Agrícola en el “Campus Tempe; para lograrlo se plantean los objetivos específicos de: Calcular el volumen de agua requerido en los procesos de coagulación y floculación en el tratamiento de agua para su aprovechamiento con fines agrícola; diseñar el sistema de mezcla rápida del proceso de coagulación en el tratamiento de agua para su aprovechamiento con fines agrícola y diseñar el sistema de mezcla lenta del proceso de floculación en el tratamiento de agua para su aprovechamiento con fines agrícola.

La presente investigación genera interés por la intención que demanda la naturaleza del proyecto, no solo a nivel académico, sino social, económico, productivo y ambiental y a su vez, sirve de apoyo teórico para futuras investigaciones relacionadas con el tema, desde la perspectiva práctica, no es conveniente que el “Campus Tempe”, no cuente con proyectos de esta naturaleza en el tratamiento de agua y su aprovechamiento con fines agrícola en pro del desarrollo humano sustentable; se hace indispensable el diseño de las obras de infraestructura que permitan el uso del agua para la producción de cultivos, satisfaciendo necesidades del entorno; por otro lado, desde el

punto de vista, socio-ambiental se logra la disminución del impacto negativo en el ambiente, las aguas y el suelo, así como, la transmisión de enfermedades de origen hídrico.

El trabajo, se enmarca metodológicamente en la investigación aplicada con un diseño de campo, además, consta del desarrollo de cinco capítulos.

En el primer capítulo se da a conocer el problema, permitiendo formular las interrogantes de la investigación. También se plantean los objetivos que buscan dar respuesta a dichas interrogantes.

Además se expone la justificación de la investigación, así como sus delimitaciones; el capítulo dos trata los referentes teóricos, dando a conocer los antecedentes que presentan el trabajo de investigación, las bases legales que la sustentan y los términos básicos tratados en el proyecto. En cuanto al tercer capítulo, se trata del marco metodológico, y da a conocer el tipo y diseño del estudio, el público estudiado, así como la muestra, técnicas y herramientas para la recolección de datos, procesamiento de datos y técnicas de análisis. El cuarto capítulo comprende el análisis de los resultados, y finalmente en el quinto capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del problema

A medida que los gobiernos de todo el mundo intensifican sus acciones para combatir el cambio climático, la gestión del agua se posiciona como un problema global. La contaminación de los océanos, la eutrofización de los ríos, la contaminación por metales pesados, las aguas residuales industriales, la expansión de los desiertos y el acceso limitado al agua potable se convirtieron en desafíos que deben afrontarse mediante la adopción de planes de acción, medidas rápidas y contundentes.

Existen algunas estadísticas que reflejan tal situación; el setenta por ciento (70%) de la tierra está cubierta de agua, sin embargo, solo el 2,8% del agua dulce del planeta se concentra en los polos en forma de hielo. Solo alrededor del 0,25% de la población mundial tiene acceso directo y disponible; Según UNICEF y la OMS (2019) “2.200 millones de personas no tienen acceso a servicios de agua potable” (p. 1), además de acuerdo con los datos de la UNESCO (2017) “el 80% de las aguas residuales regresan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas” (p. 1); mientras que la FAO (2017) en un informe señala que “el sector agrícola es el mayor consumidor de agua dulce, responsable de casi el setenta por ciento 70% de las extracciones a nivel mundial” (p. 2). De acuerdo a la O.N.G. Ayuda en Acción (2020) en una publicación exponen:

La necesidad de agua seguirá creciendo y que según las estadísticas de la organización de las Naciones Unidas, indican que se espera que la población mundial aumente a 8.500 millones de personas en 2030 para llegar a 9.700 en 2050. (p. 2)

Esta situación lleva a reflexionar en la necesidad de abocarse a la atención de esta problemática, que genera severos conflictos de uso del recurso agua como elemento fundamental del desarrollo económico y social de una nación; dado que el agua constituye la vida misma, con ella se garantiza la solución de necesidades básicas como salud, producción, alimentación entre otros aspectos.

Para las Naciones Unidas (2019) en su Comisión de Refugiados, capítulo español, establece que la escasez de agua se define como “la medida en que el consumo de un usuario afecta el suministro de agua, la calidad o la cantidad de agua, de tal manera que la demanda no puede ser satisfecha en su totalidad”. (p 2).

Según estimaciones de las Naciones Unidas, unos 300 ríos transfronterizos podrían convertirse en un problema en los próximos años, lo que tendría gran incidencia en el factor económico, produciendo un aumento en el costo del agua; para reducir estos costos pueden preverse soluciones, como una gestión más racional de los recursos hídricos, la utilización de técnicas de riego más eficaces, el desarrollo de procesos industriales menos contaminantes y eficaces en el uso del agua y la utilización de las tecnologías de tratamiento de aguas residuales. En tal sentido, se ofrecen soluciones para el tratamiento de las aguas muy contaminadas en los ámbitos industrial y agrícola; de tal forma que contribuya a la disminución de la contaminación y el aprovechamiento de la misma. Ante esto, Fernández, y col. (2020) señalan que:

La optimización de dichos procesos es una de las operaciones más importantes, ya que son los primeros que se realizan dentro de la potabilización del agua cruda, es lo que allana el camino para otros procesos de tratamiento de agua. Además señalan que la efectividad se ve afectada por numerosos factores, teniendo como uno de los principales, el cálculo de la dosificación de coagulante a aplicar. (p. 3)

Entre ellas, se tiene la coagulación y la floculación que son esenciales para separar y eliminar los sólidos suspendidos en el agua; con estos procesos se logran mejorar la claridad y

reducen la turbidez, ya que la coagulación es el proceso que neutraliza los sólidos suspendidos cargados en el agua; de igual forma, se tiene la floculación como proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, proporcionando de esta manera su decantación y posterior filtrado.

Pacheco (2017), investiga:

La eficiencia de alternativas no convencionales de potabilización de agua de bajo costo para atenuar los problemas de salubridad asociados con el consumo del agua contaminada, específicamente el estudio se realizó en las comunidades palafíticas de la Ciénaga Grande de Santa Marta, cuya población posee bajos recursos económicos y carece de sistemas de potabilización. (p.15)

Es una realidad que demanda la aplicación de correctivos que contribuyan a minimizar en las poblaciones la contaminación y por ende, la insalubridad que ocasiona el no tratamiento de este recurso natural tan valioso y fundamental para el beneficio de las poblaciones tanto urbanas, como rurales texto.

La efectividad de correctivos que se requieren, llevan al diseño de procedimientos físico-químicos, se demanda el abordaje y eficiencia de los mismos; en tal sentido, catalán y col. (2000) señalan que:

Los términos floculación y flocculación se usan indistintamente para describir el proceso de eliminación de la turbidez del agua, pero distinguen claramente entre los dos términos proceso. Según estos autores, la coagulación se define como “la inestabilidad de los coloides provocada por la doble capa eléctrica u otros mecanismos, es decir, la reducción de las fuerzas que tienden a separarlos. El proceso tiene lugar en muy poco tiempo y conduce inicialmente a la formación de partículas microscópicas”, mientras que se produce la floculación: “la formación de partículas residuales a partir de micro partículas inestables; La aglomeración es causada por el mecanismo por el cual se forman puentes químicos o enlaces físicos. (p. 107)

A los efectos del presente trabajo, se pretende describir el proceso de coagulación y floculación en tratamiento de agua para uso agrícola en el “Campus Tempé”.

En tal sentido, la Universidad Valle del Momboy institución privada de educación, de carácter comunitario, sin fines de lucro, de inspiración humanista – cristiana, cuyo fin es contribuir al desarrollo humano sostenible en las localidades de los Andes Venezolanos, su misión es promover procesos éticos y de calidad que promuevan el desarrollo humano sostenible, a través de una formulación incluyente de procesos altamente participativos, competentes, emprendedores; como comunidad universitaria, esta casa de estudios, tiene entre uno de sus proyectos de relevancia el campus universitario, que representa una síntesis creativa entre la tradición, la vanguardia, entre lo más avanzado de la ciencia del conocimiento, la armonía con el entorno, la adopción de las tecnologías apropiadas para una universidad respetuosa de los ecosistemas y los valores arquitectónicos andinos.

Es por ello, que entre en sus carreras, destaca la ingeniería industrial, la cual está orientada en el manejo de conocimientos para promover el desarrollo industrial, tecnológico y empresarial, mediante el diseño, implementación, monitoreo y coordinación de sistemas productivos, a la par del cuidado del ambiente, el bienestar económico y social de las comunidad; el profesional de esta carrera tiene actitudes para la organización, planeación y ejecución de proyectos, con capacidad para resolver problemas, analizar y sintetizar información e interés por los procesos, la administración de proyectos y la investigación aplicada al sector industrial y empresarial.

Desde el surgimiento de la universidad Valle del Momboy al final de la década de los 80 y tomando como premisa la construcción de una universidad netamente autónoma y respetuosa del entorno natural de la región, construye el proyecto del “Campus Tempé”, como un espacio bien concebido para aprender y vivir el desarrollo humano sustentable; la universidad ha demostrado sus compromisos con esta filosofía existencial y sus numerosas experiencias de aprendizaje, de

investigación y extensión, siendo esto una historia de compromiso que se potencia con el adecuado desarrollo de estas instalaciones.

En el Campus se tiene ya el Caney donde se realizan gran parte de los eventos, cuenta con un parque botánico, el museo lítico Enrique Vieras y áreas recreacionales; se aspira que el Campus sea un verdadero parque temático donde se viva, disfrute y aprenda el desarrollo humano sostenible. Por otra parte, el aprovechamiento de las aguas debe ser corresponsable, eficiente, eficaz, equitativo, óptimo, sostenible, sustentable y de calidad; partiendo de esta obligación, la universidad como un usuario más debe contribuir solidariamente con la protección de las cuencas hidrogeológicas, para garantizar la sustentabilidad del aprovechamiento de las aguas, de tal manera que el resguardo y protección de las mismas formen parte de su obligación.

El Campus es surcado por una acequia antiquísima que brinda agua para la irrigación de cultivos y pasto en su propiedad, como también aguas arriba y aguas abajo de la misma, ese canal artificial no revestido, transporta agua clasificada como subtipo 1B destinada al uso doméstico y al uso industrial según gaceta oficial no 36013 de fecha 2 de agosto de 1996. Normas sobre la Regulación y el Control del Aprovechamiento de los Recursos Hídricos y de las Cuencas Hidrográficas, las cuales deben ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación.

De tal manera, que el aprovechamiento de estas aguas, está condicionado a la utilización de un conjunto de estructuras físicas para la coagulación y floculación que no existen en el Campus, limitando severamente su uso con fines agrícolas.

Cada vez hay más preocupaciones sobre los problemas de abastecimiento y purificación del agua, así como sobre la protección una vez en uso; Cabe señalar que el agua potencia el desarrollo económico y social de una región, afecta la forma de vida y la cultura de la región, por

lo que ha sido reconocida como un factor prioritario en el desarrollo de la región, gran progreso en términos de tecnología, el negocio de tratamiento de agua contribuye a mejorar la eficiencia en el uso de agua más limpia, clara y de mejor calidad.

Por consiguiente es necesario realizar el proceso de coagulación y floculación de las aguas para su aprovechamiento y protección en el “Campus Tempé” de la Universidad Valle del Momboy, con el propósito de irradiar este conocimiento a los usuarios de la subcuenca del río Momboy brindando condiciones de salud pública y de un ambiente sano y equilibrado.

Problemas de la investigación

Problema general

¿Cómo tratar el agua de la Acequia del Campus Tempe y hacerla apta para un Sistema de Riego para Uso Agrícola?

Problemas específicos

¿Cuál es el caudal de agua necesario para los procesos de coagulación y floculación con fines de uso agrícola en el “Campus Tempe”?

¿Cómo se puede diseñar un sistema de Mezcla Rápida para el proceso de Coagulación con fines de Uso Agrícola en el Campus Tempe?

¿Cómo se puede diseñar un sistema de Mezcla Lenta para el proceso de Coagulación con fines de Uso Agrícola en el Campus Tempe?

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Diseñar el Proceso de Coagulación y Floculación en el tratamiento de agua para su aprovechamiento con fines agrícola en el “Campus Tempe”

Objetivos específicos

Calcular el caudal de agua requerido en los procesos de coagulación y floculación en el tratamiento de agua para su aprovechamiento con fines agrícola.

Diseñar el sistema de mezcla rápida del proceso de coagulación en el tratamiento de agua para su aprovechamiento con fines agrícola.

Diseñar el sistema de mezcla lenta del proceso de floculación en el tratamiento de agua para su aprovechamiento con fines agrícola.

Justificación de la Investigación

Tomando como premisa el proyecto de desarrollo del “Campus Tempe” y con base a lo expuesto en párrafos anteriores, es importante e indispensable que la Facultad de Ingeniería de la Universidad Valle del Momboy realice el aporte a través de sus estudiantes, diseñando el proceso de coagulación y floculación en el tratamiento de agua para su para su aprovechamiento con fines agrícola en “Campus Tempe”, que se lleva a cabo en áreas este importante espacio natural.

La presente investigación genera interés por el propósito que demanda la naturaleza del proyecto, no solo a nivel académico, sino social, económico, productivo y ambiental y a su vez sirve de apoyo teórico para futuras investigaciones relacionadas con el tema.

Cabe destacar, que desde la perspectiva práctica, no es conveniente que el “Campus Tempe”, no cuente con proyectos de esta naturaleza en el tratamiento de agua y su aprovechamiento con fines agrícola en pro del desarrollo humano sustentable; por el contrario, es indispensable el diseño de las obras de infraestructura que permitan el uso del agua para la producción de cultivos, satisfaciendo necesidades del entorno.

La presente investigación se justifica desde el punto de vista, socio-ambiental, dado que con esto se logra la disminución del impacto negativo en el ambiente, las aguas y el suelo, así como, la transmisión de enfermedades de origen hídrico.

En tal sentido, la investigación aporta a la sociedad fundamentos teórico-prácticos en el desarrollo del tema Proceso de Coagulación y Floculación en el tratamiento de agua para su aprovechamiento con fines agrícola en el “Campus Tempe” y desde el punto de vista metodológico contiene alternativas de solución del problema de estudio, así como el uso de métodos científicos, utilizando herramientas de recolección de información que pueden ser utilizadas a futuro dando lugar a posteriores investigaciones acerca del tema o sus dimensiones.

Alcances y Limitaciones

Alcances

La presente investigación permite diseñar el Proceso de Coagulación y Floculación en el tratamiento de agua para su aprovechamiento con fines agrícolas en el “Campus Tempé”; estos procedimientos y obras llevan a contribuir al mejoramiento en la calidad de vida de la población que hace vida en este entorno y facilitar el desarrollo sustentable de la misma.

Limitaciones

Entre las limitaciones se encuentra que, la investigación no cuenta con la información indispensable y básica, generando pérdidas de tiempo, teniendo que construir procedimientos matemáticos a partir de información generada directamente en campo; aunado a los altos costos por la naturaleza del proyecto. Otra de las debilidades que rodean el proyecto de investigación, son las condiciones actuales de riego, la adición de productos químicos, las heces fecales de ganado, la basura que desembocan al río Momboy y en consecuencia caen a la acequia, lo que produce variaciones en los resultados de las muestras que se tomen para los análisis fisicoquímicos.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

En este capítulo, se dan a conocer los antecedentes teóricos de investigación, que tienen pertinencia, relevancia y guardan relación con la investigación, además se muestran las bases teóricas que la sustentan, las bases legales, la definición de términos básicos, así como la operacionalización de la variable y sus dimensiones.

Antecedentes de la Investigación

En este capítulo se presentan los antecedentes teóricos de la investigación relacionados o vinculados al proyecto, se muestra el conjunto de estudios previos que tienen pertinencia con el tema y que preceden al que se está realizando, ya que guardan relación con los objetivos de estudio; los antecedentes facilitan el análisis, la reflexión sobre la teoría y la investigación.

En los últimos tiempos, el conflicto de agua que abarca el mundo global, es una expresión del mal uso que se ha dado a este recurso natural, tan valioso para el desarrollo de la sociedad, así como al mejoramiento de las condiciones de vida de una población determinada. En este sentido,

Fernández, L. (2021) presenta un trabajo de investigación, titulado “Optimización de los Procesos de Coagulación y Floculación en los Sistemas de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable”, en la universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú, Facultad de Ingeniería, escuela de Ingeniería Industrial para optar al título de Bachiller en Ingeniería Industrial.

El objetivo de este trabajo es conocer la cantidad de dosificación óptima de coagulantes en estos procesos; se utiliza una metodología de revisión sistemática de varios estudios; concluyendo al 100% que el procedimiento para encontrar las dosis óptimas es el test de jarras o prueba de jarras ya que es la directamente proporcional a la dosificación de coagulantes, coadyuvantes y polímeros, usando sulfato de aluminio como el coagulante químico más efectivo, dominante y más utilizado en el mercado.

Señala que la optimización de dichos procesos es una de las operaciones más importantes, ya que son los primeros que se realizan dentro de la potabilización de agua cruda, estos son los que dan paso a los demás procesos del tratamiento de agua; menciona además, que la efectividad se ve afectada por diversos factores uno de los principales es el cálculo de la dosificación de coagulante a aplicar; concluye la investigación que la mejor metodología para encontrar la dosis óptima es la prueba de jarras y el sulfato de aluminio es el más efectivo, dominante, barato y más utilizado en el mercado.

La prueba jarras es un método preciso para medir la cantidad de coagulante, y está muy relacionado con la investigación, ya que este método se utiliza para obtener la dosis requerida en el uso del tratamiento de agua y, por ende, en el desarrollo agrícola.

Carrizales y Col. (2019) como proyecto de investigación titulado “Dosis y Concentración Óptima del Coagulante de Moringa Oleífera en la Clarificación del Agua de la Quebrada Taczanapampa de la Ciudad de Huancavelica”, para seleccionar título de especialista. Asunto: Ingeniero Sanitario y Ambiental de la Universidad de Huancavelica Perú, para determinar la dosis óptima y concentración de coagulante de Moringa oleifera durante la potabilización del agua del manantial Taczanapampa en la ciudad de Huancavelica; Usó este método como metodología mientras recolectaba 10 muestras de agua para determinar la turbidez de cada muestra; Mediante

un probador de matraces se realizó una simulación de mezcla rápida, coagulación, floculación y sedimentación para una planta de tratamiento de agua potable convencional, utilizando diferentes dosis y concentraciones, y el nivel óptimo para cada muestra. Se encontraron resultados de dosis óptimos en dos rangos, <50 (unidad de turbidez renal) de 10 mg/L a 50 mg/L; para turbiedad por encima de 50 y por debajo de 150 y no de 30 mg/l a 100 mg/l; Y la concentración óptima de turbidez inferior a 150 no oscila entre el 2% y el 3%; En resumen, los resultados son consistentes con el conjunto de hipótesis teóricas; Este trabajo lo posibilita como referencia de rangos utilizables como dosis de coagulante y facilitación del tratamiento de potabilización del agua.

Cogollo (2018) Ingeniero de Alimentos, realiza una investigación titulada “Clarificación Aguas usando Coagulantes Polimerizados: caso del hidroxiclorigenato de aluminio”, presentada en la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, cuyo objetivo está orientado a disminuir el mal uso de los recursos hídricos, en este artículo, se realiza un estudio sobre la filtración en sistemas de tratamiento de aguas industriales, utilizando coagulante inorgánico polimerizado (hidroxiclorigenato de aluminio).

Primero, identifica los elementos conceptuales más importantes de los pasos del proceso de coagulación, floculación y sedimentación, luego los principales coagulantes convencionales utilizados en el tratamiento del agua y discute el Clorigenato de Polialuminio (PAC) como miembro de una nueva generación de coagulantes alternativos que tienen usos que se han incrementado en las últimas décadas debido a su mejor desempeño de los coagulantes convencionales.

Los aspectos técnicos y operativos deben tenerse en cuenta al realizar un proceso de purificación de agua utilizando PAC como coagulante regulado. Finalmente, presenta datos comparativos de las condiciones reales de operación del proceso de potabilización de agua, luego de trabajos previos en los que se reemplazó el coagulante común (sulfato de aluminio) por

hidroxicloruro de aluminio, lo que indica la mejora en el desempeño del proceso luego del reemplazo. Este estudio también sirve como referencia conceptual en los procesos de coagulación y floculación que son objeto de este proyecto, es decir, el tratamiento del agua con los agentes que permiten la optimización de este recurso.

Pacheco (2017) en su proyecto de investigación para optar a la maestría en ingeniería ambiental en la Universidad del Norte. Barranquilla Colombia, “Evaluación de Alternativas de Potabilización a bajo costo en Comunidades Palafíticas en el Caribe Norte Colombiano”; Investiga la efectividad de alternativas de purificación de agua únicas y de bajo costo para mitigar los problemas de salud asociados con el consumo de agua contaminada, especialmente la investigación realizada en zancos de comunidades en Cinaja Grande de Santa Marta, donde los residentes tienen pocos recursos baratos y carecen de un sistema de purificación. .

La investigación se desarrolló en tres fases; En primer lugar, se evaluó la calidad del agua en la toma de agua de la población de estudio; En el segundo grupo se evaluaron y compararon los efectos de la Moringa (*Moringa oleifera*) y la Cañaandonga (*Cascia fistula*) sobre el trabajo doméstico; Finalmente, en la tercera parte, se compararon dos filtros de adsorción (bioarena y carbón activado) y dos técnicas de esterilización (lámpara UV y SODIS) mediante una prueba ANOVA simple; obtuvo que la Moringa era más eficiente que la Canandunga en la coagulación, eliminando la turbidez hasta en un 96% y 69%, respectivamente; En cuanto a los biofiltros y de carbón activo, tienen una eficacia similar a los rayos UVA y UVB con un nivel de confianza del 95%.

Finalmente, aunque lograron altos rendimientos en los procesos evaluados, el agua no se consideró apta para el consumo humano. El aporte importante de esta investigación radica en

demostrar que para lograr la potabilización de las aguas, no basta con poseer un buen sistema de clarificación, sino que se requiere de proceso y mecanismos que desinfecte la misma.

Fuentes, y Col. (2017) presenta un trabajo titulado “Coagulantes Naturales en Sistemas de Flujo Continuo”, realizado en La provincia de la Guajira en el año 2015, con el objetivo de Evaluación de la eficacia de los coagulantes naturales Moringa Oleifera, Opuntia Cactus, algas marinas y almidón, para la potabilización de agua para consumo humano, y reposición de sulfato de aluminio en sistemas discontinuos y continuos.

Analizó muestras de agua del Rio Cesar, durante periodos seco y lluvioso, representando baja y alta turbiedad. Las variables de control son color, turbidez, DO, ST, COD y pH. Las mayores eficiencias de remoción se presentaron con pre-tratamientos excepto el cactus; Determinándose las condiciones óptimas de los coagulantes naturales, demostrando que son eficientes, para un tratamiento de agua seguro y económico, con menor generación de lodos gracias al mecanismo de adsorción y neutralización de carga.

Hernández y col. (2017) realizan una investigación titulada “Propuesta de Mejora del Proceso de Potabilización para Aguas Eutroficadas Presentes en La Planta de Potabilización Dr. Alejo Zuloaga” Universidad de Carabobo - Facultad de Ingeniería. El objetivo de la misma, es generar una propuesta para el mejoramiento de la calidad y aumento de la producción de agua potable, produciendo las menores modificaciones a la infraestructura civil presente. En este sentido, es necesaria una descripción exhaustiva del proceso de eutrofización, seguida de una revisión sistemática de una planta de tratamiento convencional existente por parte del Dr. Alejo Zuloaga, para determinar la similitud de las etapas presentes con los valores teóricos típicos de un sistema convencional.

Por último se identificaron varias propuestas, contemplando desde la eliminación de algas en el afluente, inserción de un sistema de flotación por aire disuelto (DAF), creación de humedales y cosecha de macrófitas, para mejorar la calidad e incrementar la producción de agua potable. La opción de instalar un sistema DAF, para sustituir la etapa de sedimentación de un sistema de filtración convencional, y comprobar su viabilidad técnica y económica.

Esta investigación permite determinar la factibilidad económica de la propuesta seleccionada, siendo el resultado rentable, esto indica que el sistema DAF es la mejor alternativa para la potabilización del agua, cuando el afluente esta eutroficado.

Bases teóricas

Desde el surgimiento de la universidad “Valle del Momboy” al final de la década de los 80 y tomando como premisa la construcción de una universidad netamente autónoma y respetuosa del entorno natural de la región, construye el proyecto del “Campus Tempé”, como un espacio bien concebido para aprender y vivir el desarrollo humano sustentable; la universidad ha demostrado sus compromisos con esta filosofía existencial y sus numerosas experiencias de aprendizaje, de investigación y extensión, siendo esto una historia de compromiso que se potencia con el adecuado desarrollo de estas instalaciones.

Con base a estos argumentos, la universidad define TEMPE como voz de orígenes Cuica, antiguos pobladores indígenas del territorio que hoy es el estado Trujillo; “Momboy” es un vocablo del mismo origen y se traduce en Rio de Espumas que son parte de la filosofía universitaria.

El uso y aprovechamiento del agua debe ser solidariamente responsable, económico, eficiente, equitativo, óptimo, sustentable, sustentable y de buena calidad. Partiendo de esta

obligación, la universidad como usuario de las aguas, debe contribuir solidariamente con la protección de las cuencas, para garantizar la sustentabilidad del aprovechamiento; de tal manera que el resguardo y protección de las aguas forma parte de su obligación.

En estudio realizado por SHT (1997) el río Momboy fuente de agua del Campus presenta “Una disponibilidad de agua superficial estimada de 30 mm³, con un caudal medio de 951 l/s en régimen permanente, lo cual genera conflictos de uso a lo largo de su recorrido” (p. 7).

El área del proyecto de investigación, utiliza como fuente de agua para la irrigación de pasto y maíz y otros cultivos forrajeros el agua proveniente de esta fuente superficial, mediante una derivación directa en el cauce a una altitud de 112 m.s.n.m., con unas coordenadas UTM E-316703 / N- 1018870; esta derivación es compartida con otras áreas aledañas a través de una acequia excavada en tierra, donde se propone el diseño del proceso de coagulación y floculación para el tratamiento de agua que beneficiará al “Campus Tempe” en un área de 23 hectáreas, teniendo la acequia una capacidad máxima de conducción de 110 l/s.

En este aspecto se desarrollan los elementos teóricos presentes en cada uno de los objetivos planteados.

El volumen de agua que circula por los cursos naturales, las acequias, los canales o el que se descarga en tuberías, es de mucha importancia para el usuario, sobre todo si quiere hacer uso racional de este recurso; ello facilita determinar la población que se puede beneficiar o la superficie que se puede regar, la cantidad de agua que se está aplicando en un momento dado y la magnitud de los excedentes.

Unidades de medición

Las unidades de medición cuando el volumen de agua que está en reposo, como el de un embalse o laguna, se expresa en litros o metros cúbicos. El volumen de agua que pasa a través de un cauce o curso de agua, en un tiempo determinado, se le conoce como caudal o gasto y se expresa en litros por segundo en los casos de pequeñas corrientes de agua, como los de los canales y acequias en una finca, y en metros cúbicos por segundo para aquellos más grandes como los de los ríos y canales principales de un gran sistema de Riego.

La Fundación Servicio para el Agricultor (1984) Señala que:

Se tienen muchos modos de medir caudales para riego, algunos de los cuales son más sencillos y fáciles de realizar; estos métodos se agrupan en directos e indirectos: los métodos directos consisten en determinar directamente el volumen o el caudal de una corriente, es decir el agua que pasa por una sección en unidad de tiempo; por su parte, los métodos indirectos se fundamenta en el principio de que el caudal de líquido pasa por una determinada sección es igual al producto de la velocidad del fluido multiplicado por el área de la sección que es este atraviesa. (p.31)

En el caso del método directo se maneja la siguiente forma de cálculo:

$Q: V/t$, Q: Caudal, V: Volumen y t: tiempo, al respecto, el caudal se puede medir por varios procedimientos, entre ellos:

Volumétrico, “consiste en medir el volumen de agua que se recoge en un recipiente durante un tiempo dado” (La Fundación Servicio para el Agricultor, 1984, Figura 11, p. 32).

El método es adecuado cuando el gasto es pequeño, como el que sale de la boquilla de un aspersor, en esto se puede usar por ejemplo un tambor de 220 litros o una tanquilla construida a la salida de la bomba, por el contrario no se puede utilizar en caudales grandes, ya que el recipiente se llena en muy pocos segundos y se cometen errores en la medición.

Gravimétrico se basa en la equivalencia de que un litro de agua pesa un kilogramo, por lo que al dividir los kilogramos de agua recogidos, entre el tiempo que tarda el recipiente, se obtienen directamente el número de litros por unidad de tiempo; en tanto que los Métodos indirectos se

fundamentan en el principio de que el caudal de líquido que pasa por una determinada sección es igual al producto de la velocidad del fluido multiplicado por el área de la sección que este atraviesa, en este caso se maneja siguiendo la estructura de:

Q: $A \times v$; Q: Caudal; A: Area; v: velocidad, “Estos métodos se agrupa en los de área-velocidad, donde no se altera el curso de la corriente de agua; y los de contracciones, donde se modifica el curso de agua mediante estructuras de secciones conocidas” (La Fundación Servicio para el Agricultor, 1984, p. 33).

Canaleta Parshall

El método de medición utilizado para estimar el flujo en un canal de agua a través de una sección transversal dada; Para Castellón M. (2015) “El caudalímetro crítico más conocido es el medidor Parshall o medidor Parshall, introducido en 1920 por R. L. Farshall” (p. 89), consistente en una contracción lateral de la faringe (W) y un descenso brusco, en longitud correspondiente a la faringe, seguido de un ascenso ascendente coincidiendo con la divergencia; En este sentido, la fuerza se genera en función de la altura del agua en el cono y en el valle, que leen los manómetros laterales.

El aforador debe construirse de acuerdo a sus dimensiones para satisfacer correctamente la ecuación de cálculo; este es autolimpiante, tiene baja pérdida de energía y opera con alta precisión con tasas de flujo completamente variables, requiriendo solo lecturas del nivel de agua subterránea (ha), en flujo libre. El tamaño de la canaleta se determina teniendo en cuenta el efecto de la altura del nivel del agua, el ancho de la canaleta y la capacidad requerida.

Chow, (1990) nos indica:

Debido a la contracción en la garganta, la velocidad del agua fluyendo a través de la canaleta es más alta que la del flujo en el canal. Por esta razón, cualquier arena o limo en suspensión puede ser arrastrada dejando a la canaleta libre de depósito. (p. 78)

La alta velocidad que se genera en la garganta es un sitio propicio para la inyección de coagulante, facilitando el proceso de coagulación en el tratamiento de agua.

Coagulación

El agua cruda contiene impurezas, sustancia húmicas y microorganismos; tales impurezas coloidales presentan cargas negativas en la superficie que impiden a las partículas aproximarse unas a otras, por lo que se mantienen estables; para su eliminación se alteran algunas características del agua a través de adición de coagulantes que reaccionan con esta y forma especies hidrolizadas con carga positiva; dicha operación depende de la concentración de coagulante y el pH final de la mezcla, luego el transporte de estas partículas hidrolizadas hacen contacto con las impurezas del agua de tal manera que el proceso es rápido, su aceleración depende también de la temperatura, cantidad de partículas y como se dijo anteriormente del pH.

Mezcla rápida

Para Zerbatto (2012):

La unidad de tratamiento del proceso de coagulación es la mezcla rápida que comprende la agitación y tiempo de retención que debe reunir la masa de agua en el momento en que se dosifica el coagulante, con la finalidad de que las reacciones de coagulación se den en las condiciones óptimas correspondientes al mecanismo de coagulación predominante, todo esto según el nivel de turbiedad que presente. (p.44)

Este método tiene el propósito de dispersar en forma uniforme e instantánea los productos químicos en el agua que se va a tratar. Los coagulantes inorgánicos más comunes son el sulfato

de aluminio, hidróxido de aluminio, cloruro férrico, entre otros que tienen las siguientes características: carga opuesta al coloide, valencia más alta posible, deben ser muy pesados, pero sobre todo baratos.

Floculación

Durante este proceso, las partículas inestables y los sólidos suspendidos son atrapados por la masa formadora de coagulación, que se aglomera para formar gránulos más grandes, y esta cohesión aumenta dramáticamente con la mezcla y el alargamiento moderado, transformando las partículas coaguladas bajo el microscopio en otras partículas de forma visible y cuidadosa. Suspensión de tamaño suficiente. Instalado por gravedad.

Floculador hidráulico

Es la estructura utilizada para la floculación y consta de unidades rectangulares con canales internos, en forma de serpentín, donde se depositan las partículas aglomeradas debido a las bajas velocidades de transferencia durante la mezcla lenta.

Según Romero (2008):

El floculador hidráulico de flujo horizontal está configurado de diversa formas; consta de un tanque horizontal con tramos de canales internos separados por tabiques, su diseño toma en consideración el tiempo de retención de 30 minutos, la velocidad de flujo entre 0,1 y 0,45 m/s, se determina luego los parámetros de la sección hidráulica y las pérdidas de energía. (p. 90).

Bases Legales

Existen normativas y reglamentos que constituyen el marco jurídico que fundamenta la investigación; en Venezuela existen leyes que regulan el proyecto en cuestión, por lo cual es

necesario hacer mención al marco regulatorio que ampara el uso del agua y sus incidencias en el ambiente. De esta forma como lo expresa la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999):

Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro... El estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, los recursos naturales, los recursos genéticos, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica; es una obligación fundamental del estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos de conformidad con la ley (Art. 127).

Para garantizar este derecho, El Estado debe desarrollar políticas de ordenamiento territorial que atiendan las necesidades ambientales, geográficas, demográficas, sociales, culturales, económicas y políticas, de acuerdo con los temas del desarrollo sustentable, incluyendo la información, consulta y participación ciudadana; que es decir, una ley orgánica que desarrolle los principios y criterios de este sistema (artículo 128).

Por ello, “todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañados de estudios de impacto ambiental y sociocultural” (Art. 129).

De igual forma la Ley Orgánica Del Ambiente (2006), que contiene la Ley Penal del Ambiente y el Reglamento Orgánico del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, en su Capítulo I de Disposiciones Generales expresa:

Esta ley tiene por objeto establecer las disposiciones y los principios rectores para la gestión del ambiente, en el marco del desarrollo sustentable, como derecho y deber fundamental del estado y de la sociedad para contribuir a la seguridad y al logro del máximo bienestar de la población y el sostenimiento del planeta, en interés de la humanidad; establece las normas que desarrollan las garantías y derechos constitucionales a un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado (Art. 1).

Se entiende por gestión del ambiente: el proceso constituido por un conjunto de acciones o medidas orientadas a diagnosticar, inventariar, restablecer, restaurar, mejorar, preservar, proteger, controlar, vigilar y aprovechar los ecosistemas, la diversidad biológica y demás recursos naturales y elementos del ambiente, como garantía del desarrollo sustentable (Art. 2).

Por otro lado, la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela numero 5.021 extraordinario, decreto 883 (1995), mediante la cual se dictan las normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos expone en su Capítulo II:

El agua se clasifica en: Clases 1 a 7, descritas a continuación: Agua para usos domésticos e industriales que requieran agua potable, siempre que forme parte de un producto o subproducto utilizado para el agua potable, si la persona o acompañante ha estado en contacto con eso; agua tipo 2 para fines agrícolas; Clase 3: aguas marinas o costeras utilizadas para el cultivo y explotación de moluscos vivos; Agua clase 4 para spa, deportes acuáticos, pesca recreativa y comercial y pesca de subsistencia; Agua de clase 5 destinada a uso industrial sin agua potable; agua clase 6 para navegación y generación de energía; El agua de clase 7 se utiliza para transportar, dispersar y separar contaminantes (art. 3).

A los efectos de este estudio, se ha determinado que el agua es Clase 1: agua Clase 1B que se puede adaptar a los métodos de tratamiento habituales de coagulación, coagulación y coagulación. Sedimentación, filtración y cloración.

Definición de términos básicos

Aforador Parshall

Es un aforador de flujo crítico, consta de una contracción lateral que forma la garganta, y una caída brusca en el fondo, en una longitud correspondiente a la garganta, le sigue un aumento gradual sincronizado con la divergencia.

Mezcla rápida

Es el proceso mediante el cual se agrega el coagulante en el flujo turbulento en un canal dispuesto para tal fin. Este punto estratégico donde se dan estas condiciones es la garganta del aforador Parshall y se manifiesta en exponer el coagulante durante breve tiempo en la masa de agua logrando la coagulación.

Mezcla lenta

Corresponde al movimiento lento de la masa de agua con las partículas coaguladas, esta operación se da en el floculador hidráulico donde se genera un flujo laminar con velocidad inferior a 0,45m/s. las partículas aglutinadas forman flóculos que luego precipitan a la largo de este dispositivo diseñado para tal fin.

Contaminación de las aguas

El acto y efecto de introducir sustancias, elementos, compuestos, formas de energía o condiciones que provocan, directa o indirectamente, en el agua, y que tienen la capacidad de regular las condiciones de los cuerpos de agua.

Flóculos

Agregación de partículas desestabilizadas, generalmente en un proceso de mezcla lenta.

PH

Logaritmo del signo negativo de la concentración de iones de hidrógeno en moles por litro. El rango de pH dentro del cual los ecosistemas pueden interactuar y las especies que los componen sobrevivir son muy limitados, si se cambia este valor, los procesos biológicos que normalmente ocurren pueden verse alterados y las consecuencias de este cambio pueden ocurrir.

Sulfato de Aluminio

Coagulante ampliamente utilizado en las plantas potabilizadores para acondicionar sólidos en estado coloidal en sólidos sedimentables.

Tratamiento

Proceso mediante el cual se transforman las aguas crudas en aguas reutilizables.

Turbidez

Medida del grado donde el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspendido (medición de la pureza del agua)

Operacionalización de la variable

Tabla 1

Operacionalización de la variable

Objetivo General: Diseñar el proceso de coagulación y floculación en el Tratamiento de Agua para Uso Agrícola en el Campus Tempé.

Objetivos Específicos	Variable	Dimensión	Indicador
Calcular el Caudal de Agua requerido en los procesos de Coagulación y Floculación.	Coagulación y Floculación	Caudal del agua en el proceso de Coagulación y Floculación.	Lectura del nivel de agua en la entrada del aforador Parshall Lectura del nivel de agua en la garganta del aforador Parshall Aforos método área – velocidad para verificación de gasto Pérdidas de energía en el aforador Parshall
Diseñar el sistema de mezcla rápida del proceso de coagulación en el tratamiento de agua para su aprovechamiento con fines agrícola		Sistema de mezcla rápida	Resalto hidráulico efectivo en el aforador Parshall Velocidad del agua en la garganta del aforador Parshall
Diseñar el sistema de mezcla lenta del proceso de floculación en el tratamiento de agua para su aprovechamiento con fines agrícola		Sistema de mezcla lenta	Tiempo de retención hidráulica en el floculador Pérdidas de energía en el floculador Velocidad del agua en el floculador Volumen total de agua en el floculador

Nota: Cuadro de la variable, señalando sus dimensiones e indicadores por objetivo específico.

Fuente: Araujo P. (2022)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLOGICO

Una metodología es un procedimiento general para lograr con precisión el objetivo de la encuesta, en el que se planifica el método de realización del trabajo y las técnicas utilizadas para recopilar la información. Sobre este tema, Tamayo y Tamayo (2004) señalaron que “El método es central en el plan, se refiere a la descripción de unidades de análisis o investigación, técnicas de observación y recolección de datos, herramientas, procedimientos y técnicas analíticas... (p. 91) con el tercer capítulo que trata del marco metodológico de este estudio, donde se presenta el tipo y diseño del estudio, así como la comunidad estudiada, y las técnicas y herramientas utilizadas en el estudio.

Tamayo y Tamayo (2004) indican que “La metodología es fundamental para el plan, que se ocupa de la descripción de unidades de análisis o investigación, técnicas de observación y recopilación de datos, y herramientas, procesos y técnicas de análisis.” (p. 91); este tercer capítulo concerniente al marco metodológico de la presente investigación expone lo referente al tipo y diseño de la investigación, así como la población involucrada.

Tipo y Diseño de la investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, al respecto Sabino (2006) define el tipo de investigación aplicada como “aquella que persigue fines directos e inmediatos” (p.42); por lo tanto, ésta persigue como objetivo resolver problemas concretos y prácticos de la sociedad, se

apoya en la investigación básica para conseguirlo, y aporta los conocimientos teóricos necesarios para resolver problemas o mejorar la calidad de vida.

Se utiliza porque permite explicar el mundo que nos rodea; los conocimientos teóricos son necesarios para descubrir leyes generales, pero se deben aplicar a la realidad. Este tipo de investigación tiene una razón de ser, ya que toda teoría tiene una aplicación práctica, es de utilidad para el sector privado, como es la prestación de un servicio como es el caso, permite generar nuevos conocimientos que mejoran los procedimientos productivos o la prestación de un servicio, da lugar a un aumento en la calidad, reducción de los costos y la protección medio-ambiente.

Diseño de la investigación

Parte del principio de conocer los elementos del juicio facilita la comprensión de las razones que crearon el problema. Por tanto, es necesario conocer el entorno informacional en el que se desarrolla la investigación, para poder emitir juicios y facilitar la comprensión del proceso objeto de estudio.

El diseño de investigación según Arias (2004) es “la estrategia general que aplica el investigador para resolver el problema” (p. 26). Si bien enfatiza que el diseño del estudio está determinado por los objetivos identificados en el estudio, es importante enfatizar que no existe un tipo o modelo único que se use para todas las investigaciones. Cada uno en sí mismo contiene un grado de especificidad, que puede orientarse hacia el descubrimiento, la descripción, la interpretación, la experimentación o hacia una potencial propuesta operativa, entre otros.

En este sentido, es necesario proponer un diseño compatible con los objetivos planteados, que, además, permita la introducción de determinados controles en la recogida de datos. Es el plan o estrategia concebido por el investigador para darle respuestas a preguntas, objetivos e hipótesis

de investigación. Así mismo, siguiendo los criterios establecidos por Kerlinger (2003), el estudio se corresponde con un diseño no experimental, por cuanto no se realizará manipulación directa de las variables en estudio. A tal efecto, Balestrini (2002) ratifica este concepto cuando señala que “los diseños no experimentales son aquellos donde se observan los hechos estudiados tal como se manifiestan en su ambiente natural” (p. 130).

Se trata de un diseño de campo, por cuanto Hernández y col. (2006) señalan que “los datos relacionados con la problemática se obtienen de forma directa del escenario, se someten a análisis para describir las propiedades, las características, así como también los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades” (p. 34). En este sentido, Pelekais y col. (2005) expresan que el diseño de campo “se refiere a los métodos a emplear cuando los datos de interés, se recogen en forma directa de la realidad; estos datos obtenidos directamente de la experiencia empírica, son llamados primarios (datos de primera mano)” (p. 73).

Población y muestra

Población

Para Morales (2015) La población es el conjunto para la cual serán validadas las conclusiones que se obtengan: a los elementos o unidades (personas, instituciones o cosas) involucradas en la investigación.

La población de estudio está conformada por el área de la acequia que atraviesa el Campus Tempé; la encargada Técnico Superior Martha Araque y cuatro personas que laboran en el campus.

Muestra

De acuerdo a Morales citado por Arias (2014:108), la muestra es un “Subconjunto representativo de un universo o población”; es decir, un número cuyo estudio representa lo opinión o características del universo o población.; en este caso está representada por el área de la acequia que atraviesa el Campús Tempé, la encargada Técnico Superior Martha Araque y cuatro personas que laboran en el campus.

Técnicas e instrumento de recolección de datos

Hernández y col. (2006) establecen que “las fuentes y técnicas constituyen los medios para poder recolectar la información” (p. 144). Según Sabino (2002) el instrumento de recolección “son los medios de los que se vale el investigador para recolectar la información necesaria para su estudio” (p. 99). Por su parte, Arias (2006), señala que “...Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información...” (p. 53) y es mediante una adecuada construcción de los instrumentos de recolección, que la investigación alcanza el equilibrio necesario entre teoría y hechos.

En este caso la técnica utilizada es la observación directa, Según Hernández y col. (2006) “la observación consiste en el registro sistemático, cálido y confiable de comportamientos o conductas manifiestas” (p. 289); La observación se realiza cuando se visita la realidad objeto de estudio a fin de registrar condiciones del contexto en el “Campus Tempé”. También este estudio contiene la entrevista no estructurada, donde se obtiene información directa de la encargada del campus T.S.U. Marta Araque; consiste en una conversación libre, espontánea entre quien pregunta (investigador) y quien responde (entrevistado), en este tipo de entrevista el entrevistado goza de

una relativa libertad para responder a las preguntas formuladas ya que no existe un formato rígido y estructurado.

Sierra (2016) define las técnicas de recolección de datos como “el medio que utiliza un investigador para recopilar información que le permita medir el comportamiento de las variables de investigación” (p. 98). Según Groniund (2015) “incluye procedimientos y actividades que facilitan la recopilación de información necesaria para responder una pregunta de investigación” (p. 79). Para realizar este estudio y por su diseño, tiene una variedad de técnicas basadas en la interacción personal, el examen de información textual, como la revisión de documentos, según Arias (2005:61) que es una técnica observacional adicional; Una revisión de la literatura permite hacerse una idea del desarrollo, caracterizar los procesos, así como confirmar o despejar dudas sobre lo obtenido en este campo.

Esta técnica, permitirá llevar a cabo los procesos definidos en cada uno de los objetivos de investigación propuestos, los cuales serán efectivos en el diseño de coagulación y floculación.

Procesamiento y análisis de datos

Procedimiento de la Investigación

Esta investigación se ha desarrollado en el marco de los siguientes aspectos:

1. Se elige el tema de investigación.
2. Se determina el contexto del problema en estudio y se formula el objetivo de la investigación de acuerdo a los aspectos que se deseen conocer.
3. Se busca y selecciona información documental para conformar el marco teórico de la investigación, además de investigaciones previas o premisas sobre la variable en estudio, lo que permite obtener múltiples aportes. Diversas contribuciones a esta investigación.
4. La variable se define con sus dimensiones (variable real) e indicadores para realizar la operacionalización de la misma.
5. El enfoque metodológico se formula teniendo en cuenta el diseño y el tipo de estudio, el análisis de datos y los procedimientos de investigación.
6. Análisis de los resultados

7. Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.
8. Reseña de referencias bibliográficas y anexos.

Análisis de datos

En esta etapa se determina cómo analizar los datos y las herramientas de análisis estadístico adecuadas para tal fin. Según Sampieri y Col. (2010) define el análisis cualitativo como: “Un método que busca recoger información de objetos, sociedades, contextos, variables o situaciones en profundidad, y adopta una postura reflexiva que reflexiona y evita a toda costa para no incluir sus creencias o experiencias” (p. 451).

Observación Directa: Se lleva a cabo mediante visitas al “Campus Tempé”, la acequia donde se observa el flujo de agua que transita por ésta; igualmente, se obtiene información del Consejo Campesino “San Pablo”; revisión Documental: se compara la documentación existente y se analizan los soportes emitidos; se consulta la bibliografía necesaria que respalde los conceptos básicos.

Los diversos métodos de aforo o de medición del caudal de agua en fuentes superficiales dependen de las características del flujo, disponibilidad de equipos, recursos financieros se tienen métodos de área-velocidad, volumétricos, métodos limnigráficos o limnimétricos, métodos de correntímetro o correntómetro, químicos, pero estos requieren disponibilidad técnica y son costosos o no se encuentran en el país.

Para el estudio se utiliza el método de área-velocidad, en el cual determina a escala con una regla graduada y una guía metálica las secciones transversales, se utiliza un dispositivo flotador para medir el tiempo de recorrido del agua entre un punto y otro de la sección transversal, se hacen siete repeticiones donde se eliminan los valores extremos; los aforos miden la cantidad

de la masa de agua que se desplaza en el tramo del canal artificial o canal natural; en el caso del “Campus Tempé”.

Se utiliza el método de área-velocidad, tomando como fundamento el proceso descrito anteriormente y se valida con el método volumétrico, utilizando el tiempo de llenado de un recipiente con capacidad conocida, midiendo el tiempo de llenado del mismo; entre los dos métodos, el de área-velocidad es el que se adapta como el relevante en el cálculo del volumen de agua porque el segundo necesita una derivación de la acequia de difícil construcción.

La investigación utiliza un dispositivo ampliamente usado en irrigación, agua potable y aguas servidas, que es la canaleta Parshall. Según Chow (1990) este aforador “utiliza el principio del flujo crítico, para la medida del caudal, señala, que la profundidad crítica es creada para la construcción de un lomo bajo el fondo del canal o para una contracción en la sección transversal” (p. 15). Esta canaleta fue desarrollada empíricamente en 1920 por R.L. Parshall. Propone relaciones de caudal –profundidad para diferentes tamaños de ancho de garganta, señala que cuando la relación entre lecturas del nivel antes y en la garganta es menor a 0,6 el flujo es libre y basta con hacer la lectura antes de la garganta para estimar el caudal; también se incluirá transiciones de entrada y salida para garantizar la mínima perturbación del flujo en el aforador y aguas abajo.

Otro elemento importante que presenta la canaleta, es la presencia en la garganta de un flujo rápido indispensable en la coagulación de partículas individuales en suspensión, de tal manera que este dispositivo es utilizado en la investigación con doble propósito, medir el gasto y ser punto de aplicación del coagulante en el proceso de la mezcla rápida para la coagulación. La conducción del coagulante debe realizarse mediante una tubería preferiblemente plástica de

pequeño diámetro, que parta desde un dosificador colocado altimétricamente más alto que el aforador, donde se mezcle con agua y un dispositivo para el almacenamiento del coagulante.

Esta forma de entrega del coagulante es ampliamente utilizada por las empresas del Estado prestadoras de servicio de agua potable, como por ejemplo HIDROANDES, donde el sulfato de aluminio es almacenado en un piso superior de una edificación construida para tal fin, colocado en tolvas donde fluye por gravedad hasta un envase metálico donde se aloja el dosificador y un mezclador mecánico, luego es entregado por gravedad en un canal revestido con un flujo de elevada turbulencia, permitiendo así una óptima mezcla.

La floculación definida como “el movimiento Browniano o movimiento desordenado de las partículas las cuales colisionan” (CIDIAT, 1996, Apuntes de clases de la maestría en Recursos Hidráulicos), puede ser realizado por un floculador de paletas accionado por un motor o aprovechando el gradiente hidráulico creado en un canal natural o artificial por la pendiente del agua, este último será desarrollado en esta investigación por su facilidad de diseño, construcción y operación.

El floculador hidráulico es una tanquilla de flujo horizontal con caudal de salida igual al de entrada garantizando flujo continuo, manteniendo además forma alargada para aprovechar la pendiente de la acequia evitando puntos ciegos o cortocircuitos, con una velocidad del flujo entre 0,1 y 0,45 m/s, preferiblemente la primera porque garantiza flujo laminar y la precipitación del flóculo, tiempo de retención hidráulica de treinta minutos logra el asentamiento de las partículas floculadas, con pérdidas de carga pequeña para evitar remansos y borde libre del 30% de la lámina de agua.

Las estructuras hidráulicas para la medición del caudal y la coagulación, ubicados ambos en el aforador Parshall y el floculador hidráulico de flujo horizontal para la floculación, serán

diseñadas en la acequia o canal en tierra existente en la entrada de la misma al “Campus Tempe”, beneficiando las tierras dominadas altimétricamente por la acequia.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo, el investigador presenta los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento a los entrevistados, según Hernández, Fernández y Baptista (2006) estos buscan describir datos, luego efectuar análisis estadísticos para relacionar sus variables. En el caso de esta investigación, el análisis se realizó para dar respuesta al objetivo general planteado, el cual consistió en diseñar el Proceso de coagulación y floculación para el tratamiento del agua para su aprovechamiento con fines agrícolas, en el área de la acequia en el Campus Tempé.

De la misma manera, es el momento en el cual el investigador determina cuáles son los aspectos que requieren ser fortalecidos, emprendidos o mejorados en la temática estudiada, a fin de considerarlos en los lineamientos estratégicos a generar.

Para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos trazados en la investigación, se presentan los resultados.

En relación al objetivo número uno, cálculo del **caudal de agua requerido en el proceso de coagulación y floculación**; la información de campo necesaria para obtener el caudal (relación volumen/tiempo) requerido en el proceso de coagulación y floculación, consistió aplicar el método de área-velocidad ampliamente discutido en el capítulo anterior. En la ejecución del mismo, se considera un tramo recto de 8 m de la acequia, marcando el inicio con las progresivas 0+000 y el final con 0+008; en ambas posiciones se determina a escala la sección transversal utilizando 2 estacas de madera, una regla graduada y un nivel de albañil, tal como se señala en las tablas 2 y 3.

Tabla 2

Sección transversal progresiva 0+000

Distancia (cm)	Profundidad (cm)
0	0
5	23
25	51
50	58
70	64
90	65
100	67
110	21
110	0

Nota: Profundidad del nivel de agua 29 cm

Fuente: Araujo P. (2022)

Tabla 3*Sección transversal progresiva 0+008*

Distancia (cm)	Profundidad (cm)
0	0
5	28
20	61
40	60
70	61
90	61
100	58
120	30
120	0

Nota: Profundidad del nivel de agua 30 cm

Fuente: Araujo P. (2022)

A partir de esta información, se dibuja las secciones transversales para las progresivas 0+000 y 0+008, tal como se presentan en las Figuras 1 y 2.

SECCION 0+000

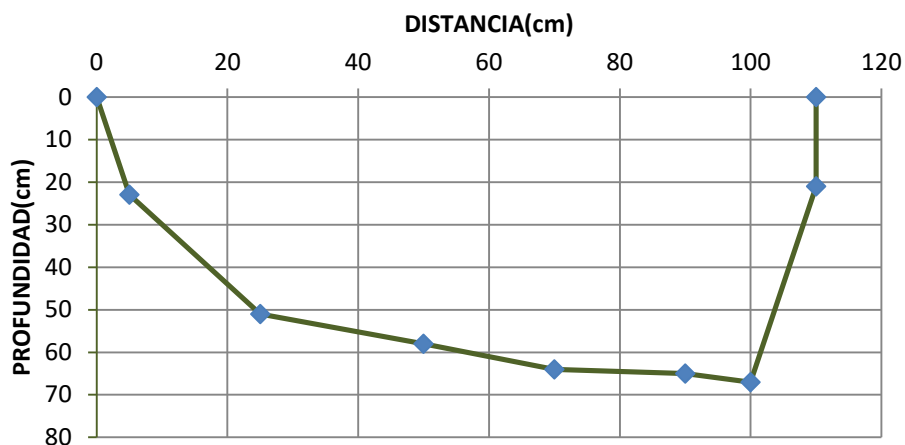


Figura 1 Sección transversal progresiva 0+000

Fuente: Araujo P. (2022)

SECCIÓN 0+008

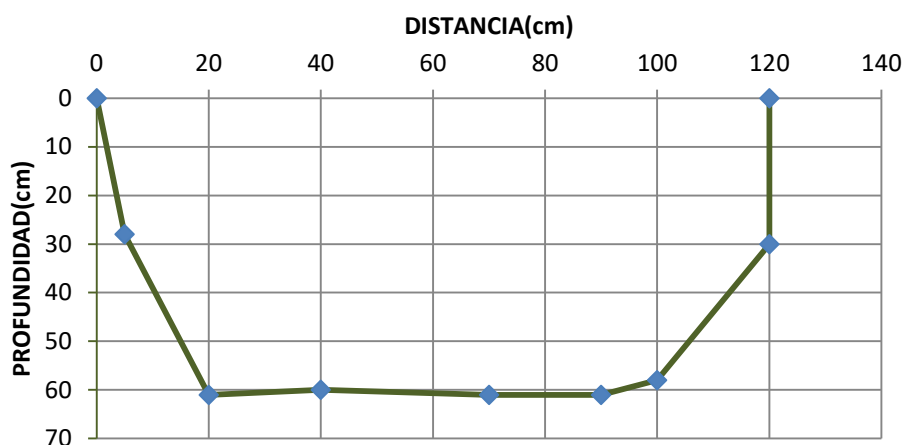


Figura 2 Sección transversal progresiva 0+008

Fuente: Araujo P. (2022)

La sección transversal de flujo, se obtiene al descontar a las secciones anteriores (Figuras 1 y 2) la profundidad del agua en cada una de ellas, tal como se presenta en las Figuras 3 y 4.

SECCIÓN 0+000

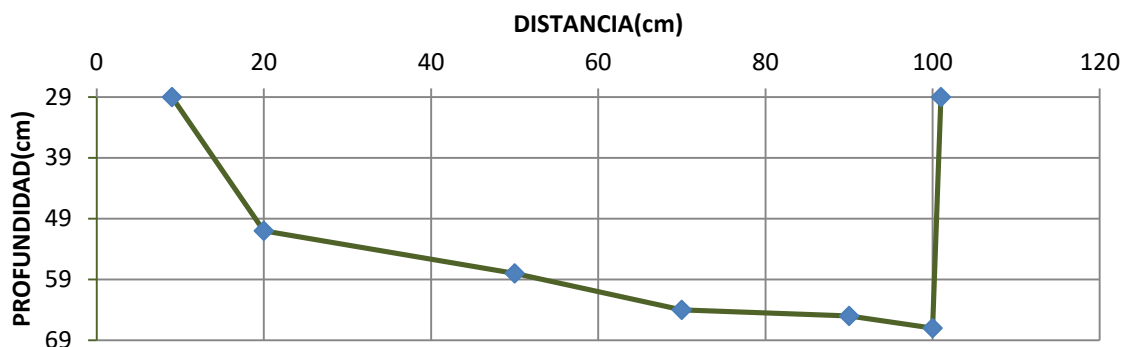


Figura 3 Sección neta de flujo progresiva 0+000

Fuente: Araujo P. (2022)

SECCIÓN 0+008

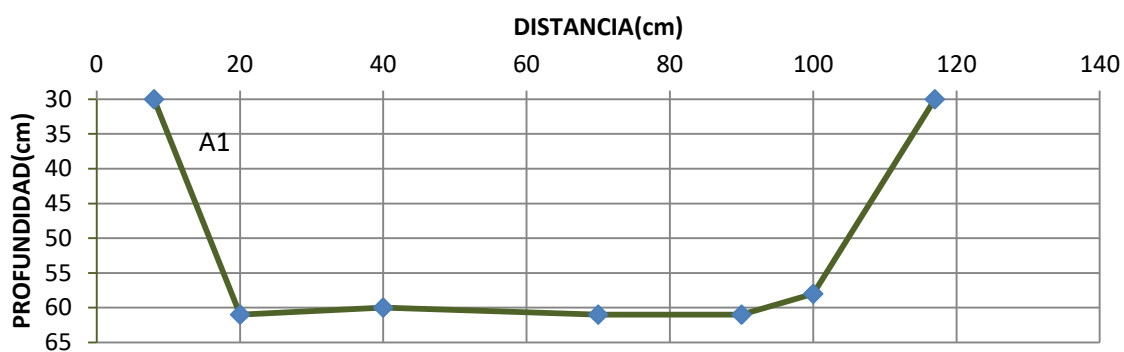


Figura 4 Sección neta de flujo progresiva 0+008

Fuente: Araujo P. (2022)

Para calcular las áreas netas de flujo en cada sección, se divide las mismas en áreas parciales tomando en consideración figuras geométricas regulares, triángulos, rectángulos y trapecios, tal como se indica en las Tablas 4 y 5.

Tabla 4*Áreas parciales sección neta de flujo 0+000*

A1(cm2)	121
A2(cm2)	765
A3(cm2)	640
A4(cm2)	710
A5(cm2)	370
A6(cm2)	19
AT(cm2)	2625

Nota: Información recopilada y procesada de la figura 3

Fuente: Araujo P. (2022)

Tabla 5*Áreas parciales sección neta de flujo 0+008*

A1(cm2)	186
A2(cm2)	610
A3(cm2)	915
A4(cm2)	620
A5(cm2)	295
A6(cm2)	238
AT(cm2)	2864

Nota: Información recopilada y procesada de la figura 4

Fuente: Araujo P. (2022)

El área media para el tramo considerado, es el promedio aritmético entre ambas secciones, cuyo valor es $2.744,5 \text{ cm}^2$ ó $0,27445 \text{ m}^2$.

Otro componente del método de área velocidad, es el tiempo de viaje de la masa de agua desde las progresivas 0+000 hasta la 0+008, en el mismo se utiliza tal como se menciona en el capítulo III, un flotador para medir el tiempo de recorrido del agua entre un punto y otro de la sección transversal, se realizan siete repeticiones donde se eliminan los valores extremos, tal como se detalla en las Tablas 6 y 7.

Tabla 6*Tiempo de viaje(s) entre la sección 0+000 y 0+008*

t1	19,1
t2	20,9
t3	21,6
t4	19,6
t5	20,3
t6	21,0
t7	19,0

Nota: Información recopilada y procesada del área de estudio

Fuente: Araujo P. (2022)

Tabla 7*Tiempo de viaje(s) entre la sección 0+000 y 0+008*

t1	19,1
t2	20,9
t3	19,6
t4	20,3
t5	21,0

Nota: Se eliminó 19,0 s valor más bajo y 21,6 s valor más alto

Fuente: Araujo P. (2022)

El tiempo promedio se determina mediante la Ecuación 1.

$$T_p: (t_1+t_2+t_3+t_4+t_5)/5 \quad (1)$$

$$T_p: (19,1+20,9+19,6+20,3+21,0)/5: 20,18 \text{ s}$$

La velocidad promedio (V_p) se obtiene al relacionar la distancia entre las secciones y el tiempo promedio tal como se ilustra en la Ecuación 2.

$$V_p: d/T_p \quad (2)$$

Donde

V_p es la velocidad promedio en m/s

T_p es el tiempo promedio de viaje en s

$$V_p: 8\text{m}/20,18\text{s}: 0,40 \text{ m/s}$$

El volumen de agua por unidad de tiempo que puede transportar la acequia en el tramo en consideración se obtiene mediante la Ecuación 3.

$$Q: A_{p} \times V_{p} \quad (3)$$

Donde

Q es el caudal en tránsito en m^3/s

AP es el área promedio en m^2

$$Q: 0,27445(m^2) \times 0,40(m/s): 0,10978 m^3/s \text{ ó } 109,78 l/s$$

Este volumen por unidad de tiempo representa el volumen del agua disponible en el proceso de Coagulación y Floculación, en otras palabras, la acequia que constituye el curso de agua artificial construido para el aprovechamiento con fines agrícolas en el Campus Tempé dispone de un caudal de 110 l/s.

Respecto a los resultados obtenidos en el segundo objetivo, **diseño del Sistema de mezcla rápida**, se describe que en la definición de términos básicos se indica que la mezcla rápida es el proceso mediante el cual se agrega el coagulante en el flujo turbulento en un canal dispuesto para tal fin. Este punto estratégico donde se dan estas condiciones es la garganta del aforador Parshall y se manifiesta en exponer el coagulante durante breve tiempo en la masa de agua logrando la coagulación.

Teóricamente, se dice que el canal de Parshall consiste en una contracción hacia la pared faríngea (W) y un descenso repentino, con una longitud correspondiente a la faringe, seguido de un ascenso gradual coincidiendo con la faringe. En ese sentido, la medición se hace en base a la altura del agua en la convergencia y en el valle, que lee el cuentakilómetros lateral, y además resulta que en la canaleta hidráulica es un lugar conveniente para poner el coagulante. . Dosificados para asegurar la coagulación de partículas coloidales, en este caso los canales de chimenea o

Parshall permiten lograr dos objetivos, asegurando el flujo de diseño y una rápida coagulación en la mezcla.

Aforador Parshall

Las secciones de flujo neto para las progresivas 0+000 y 0+008 tabuladas en las tablas 8 y 9 muestran las siguientes láminas de agua o tirantes:

Tabla 8

Láminas de agua progresiva 0+000

Distancia (cm)	Profundidad (cm)	Lámina de agua (cm)
9	29	0
20	51	22
50	58	29
70	64	35
90	65	36
100	67	38
101	29	0

Nota: Información recopilada y procesada del área de estudio
Fuente: Araujo P. (2022)

Tabla 9

Láminas de agua progresiva 0+008

Distancia (cm)	Profundidad (cm)	Lámina de agua (cm)
8	30	0
20	61	31
40	60	30
70	61	31
90	61	31
100	58	28
117	30	0

Nota: Información recopilada y procesada del área de estudio
Fuente: Araujo P. (2022)

El borde libre o altura necesaria para evitar desbordamiento de la acequia para la sección 0+000 es de 29 cm y en la sección 0+008 es 30 cm y la mayor lámina de agua para ambas secciones es 38 cm, por lo tanto, pudiera aceptarse como lámina máxima o tirante de agua 40 cm, reduciendo el borde libre a un valor 27 cm en la primera sección, 21 en la segunda; ahora bien esta lámina va a ser afectada por el remanso que se producirá en el aforador Parshall, debido al caudal, ancho de la garganta de la canaleta y a las inevitables pérdidas de energía que se producen, por lo tanto, la selección del aforador está condicionado a los elementos antes mencionados.

Romero (2008) presenta la combinación que se muestra en la tabla 10 para un aforador trabajando a descarga libre.

Tabla 10
Valores de ancho de garganta para diferentes caudales

W1(cm)	Q1(l/s)	Q2(l/s)	ECUACIÓN, Q:mxha ⁿ	m	n
15,2	1,5	110	Q:0,381ha ^{1,58}	0,4	1,58
22,9	2,5	250	Q:0,535ha ^{1,53}	0,535	1,53
30,5	3,1	455	Q:0,60ha ^{1,552}	0,6	1,552

Nota: Información recopilada y procesada de la tabla de Romero (2008)

Fuente: Romero (2008)

Donde

W: ancho de garganta en cm

Q1: caudal límite inferior en l/s

Q2: caudal límite superior en l/s

m: coeficiente de la ecuación del aforador

n: exponente de la ecuación del aforador

El caudal de diseño del proceso de coagulación y floculación, Q : 109,78 l/s, ajustado a 110 l/s determinado anteriormente, está incluido en los tres tipos de aforadores presentados, el primer tipo tiene como límite superior 110 l/s pudiera ser descartado de inmediato, al igual que el tercero cuyo límite superior es de 455 l/s, valor de caudal que con las actuales condiciones de la acequia hace imposible su tránsito, quedaría el tipo dos como el óptimo; sin embargo, incluiremos los tres modelos en el análisis y la selección se realizará en conjunto con otros parámetros.

La tabla 11 muestra los valores de la carga de agua en la entrada (ha) y en la garganta del aforador (hb), calculados a partir de la ecuación dada por Romero (2008), en la cual se despeja ha y se obtiene hb a partir de la relación de sumergencia hb/ha igual a 0,60 que señala la condición de descarga libre o de no sumergencia.

Tabla 11

Valores de carga de agua en la entrada y en la garganta del aforador

W1(cm)	ECUACIÓN, $Q:mxha^n$	ha(m)	hb/ha	hb(m)
15,2	$Q:0,381ha^{1,58}$	0,456	0,6	0,2736
22,9	$Q:0,535ha^{1,53}$	0,356	0,6	0,2136
30,5	$Q:0,60ha^{1,552}$	0,335	0,6	0,201

Nota: Información recopilada y procesada de la tabla 10

Fuente: Araujo P. (2022)

Romero (2008), presenta la Figura 5 que relaciona para cada ancho de garganta las pérdidas de carga y el caudal.

Pérdidas de carga en el aforador Parshall

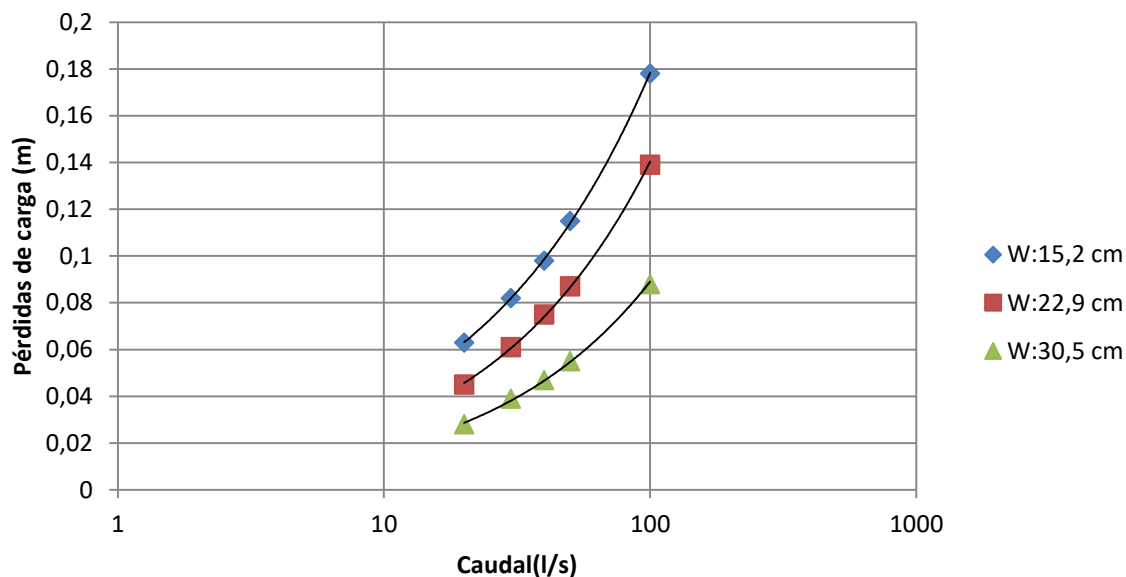


Figura 5 *Pérdidas de carga en canaletas Parshall*

Fuente: Romero (2008). Adaptado Araujo P. (2022)

A partir de la Figura 5 el equipo investigador sustrae los datos de pérdida de carga y caudal para los aforadores Parshall sujetos de análisis, los cuales se presentan en las tablas 12, 13 y 14.

Tabla 12

Pérdidas de carga aforador Parshall con ancho de garganta w: 15,2 cm

Q (l/s)	hf (m)
20	0,063
30	0,082
40	0,098
50	0,115
100	0,178

Nota: Información recopilada y procesada de la figura 5

Fuente: Araujo P. (2022)

Tabla 13

Pérdidas de carga aforador Parshall con ancho de garganta w: 22,5 cm

Q (l/s)	hf (m)
20	0,045
30	0,061
40	0,075
50	0,087
100	0,139

Nota: Información recopilada y procesada de la figura 5

Fuente: Araujo P. (2022)

Tabla 14

Pérdidas de carga aforador Parshall con ancho de garganta w: 30,5 cm

Q(l/s)	hf(m)
20	0,028
30	0,039
40	0,047
50	0,055
100	0,088

Nota: Información recopilada y procesada de la figura 5

Fuente: Araujo P. (2022)

Con la información de las Tablas 12, 13 y 14 se elaboran las Figuras 6, 7 y 8.

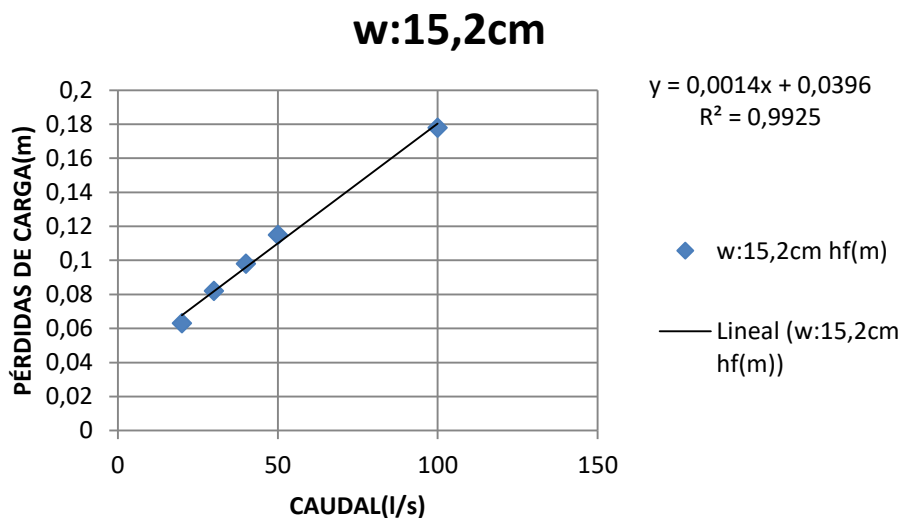


Figura 6 *Pérdidas de carga para un aforador Parshall con un ancho de garganta de 15,2 cm*

Fuente: Araujo P. (2022)

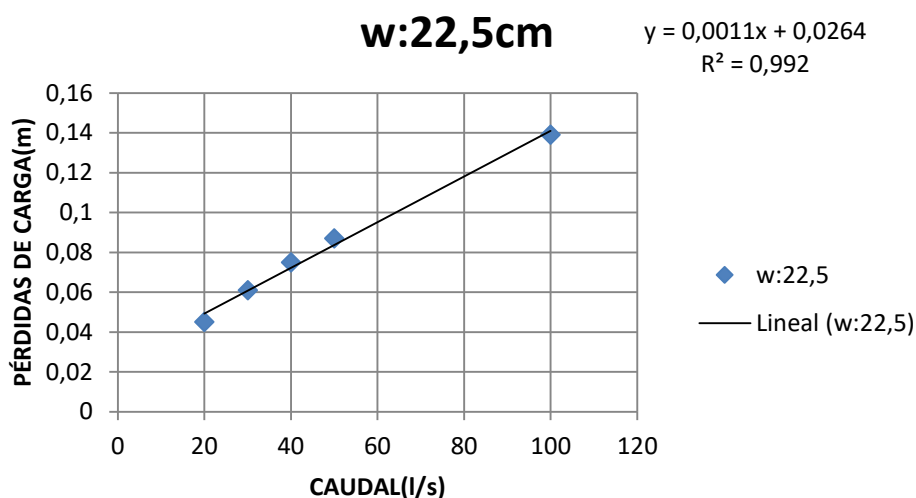


Figura 7 Pérdidas de carga para un aforador Parshall con un ancho de garganta de 22,5cm
Fuente: Araujo P. (2022)

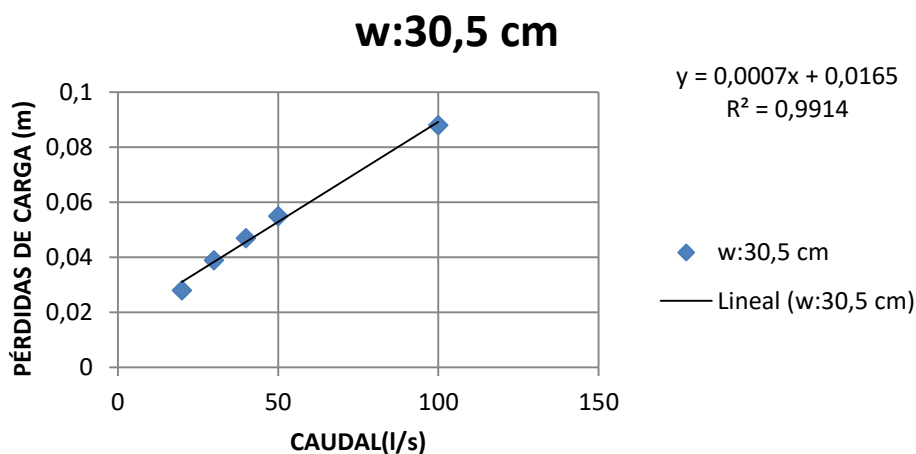


Figura 8 Pérdidas de carga para un aforador Parshall con un ancho de garganta de 30,5 cm
Fuente: Araujo P. (2022)

Los puntos de intersección caudal – pérdida de carga para los tres gráficos fueron ajustados mediante una línea recta, obteniéndose valores de correlación de 0,99, lo que indica excelente correlación entre ambas variables; estas ecuaciones de correlación permiten obtener desde el punto de vista matemático las pérdidas de carga en función del caudal, estas se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15*Pérdidas de carga para el caudal de diseño y diferente ancho de garganta*

W1 (cm)	hf:ax+b	hf (m)
15,2	hf:0,0014Q+0,0396	0,194
22,9	hf:0,0011Q+0,0264	0,147
30,5	hf:0,0007Q+0,0165	0,094

Nota: Información recopilada y procesada de la figura 6, 7 y 8.

Fuente: Araujo P. (2022)

Como se aprecia en la Tabla 15, el ancho de garganta que produce la menor pérdida de carga es el de w: 30,5 cm, seguido de w: 22,9 cm y finalmente w: 15,2 cm, en la Tabla 16 se presenta los parámetros que permite hacer una selección definitiva del aforador.

Tabla 16*Parámetros de selección del aforador o canaleta*

W1 (cm)	Q1 (l/s)	Q2 (l/s)	hf (m)
15,2	1,5	110	0,194
22,9	2,5	250	0,147
30,5	3,1	455	0,094

Nota: Información recopilada y procesada de la tabla 15

Fuente: Araujo P. (2022)

El primer aforador w: 15,2 cm, presenta dos inconvenientes: el caudal extremo es Q2: 110 l/s que justamente es el caudal de diseño no ofrece posibilidades para un caudal superior a este y el otro aspecto negativo es la pérdida de carga de 0,194 m que va a generar un remanso aguas arriba del aforador, en la segunda canaleta, el caudal de diseño está ubicado en el intervalo Q1 – Q2 y genera una pérdida de carga de 0,147 m aceptable y el último aforador presenta un límite superior excesivo difícilmente alcanzable en la acequia y una pérdida de carga baja de 0,094 m. Según estos resultados se selecciona el aforador Parshall con un ancho de garganta de w: 22,9 cm como el óptimo para transitar el flujo de agua de la acequia del Campus Tempé y ser utilizado en

el proceso de mezcla rápida, cumpliendo dos propósitos: servir de aforador para garantizar el caudal de diseño también como medio para inyectar el coagulante en una mezcla rápida en la garganta, facilitando el proceso de coagulación.

Romero (2008) presenta para este aforador todas las dimensiones constructivas, estas se presentan en la tabla 17.

Tabla 17

Dimensiones de la canaleta Parshall

W	A	B	C	D	E	F	G	K	N	R	M	P	X	Y
15,2	62,1	61	39,4	40,3	45,7	30,5	61	7,6	11,4	40,6	30,5	90,2	5,1	7,6
22,9	88	86,4	38	57,5	61	30,5	45,7	7,6	11,4	40,6	30,5	108	5,1	7,6
30,5	137,2	134,4	61	84,5	91,5	61	91,5	7,6	22,9	50,8	38,1	149,2	5,1	7,6

Nota: Dimensiones en centímetros

Fuente Romero (2008)

En la figura 9, 10 y 11 se presenta el aforador Parshall en planta y perfil con todas las dimensiones hidráulicas.

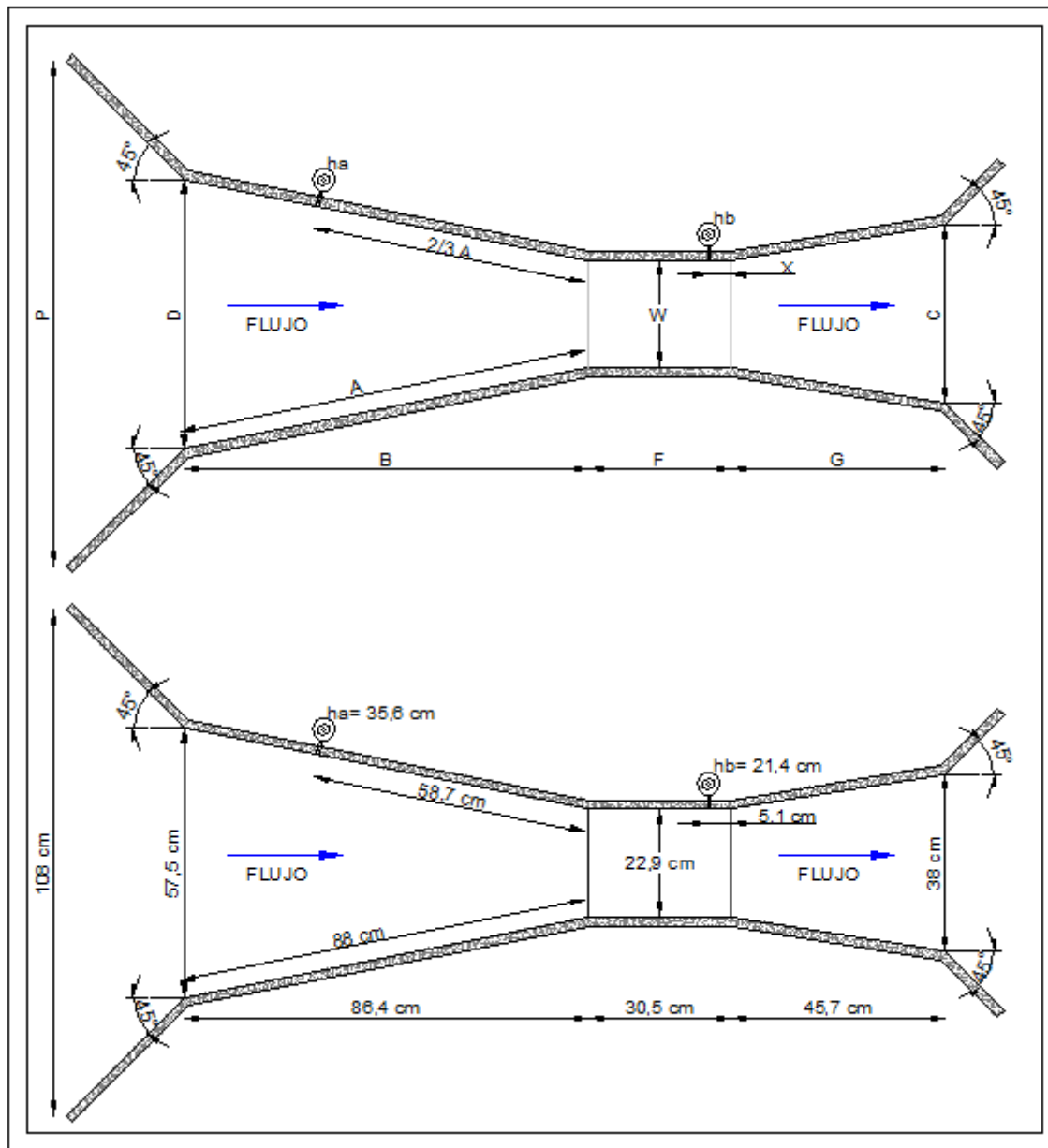


Figura 9 Configuración de la canaleta Parshall en planta

Fuente: Araujo P. (2022)

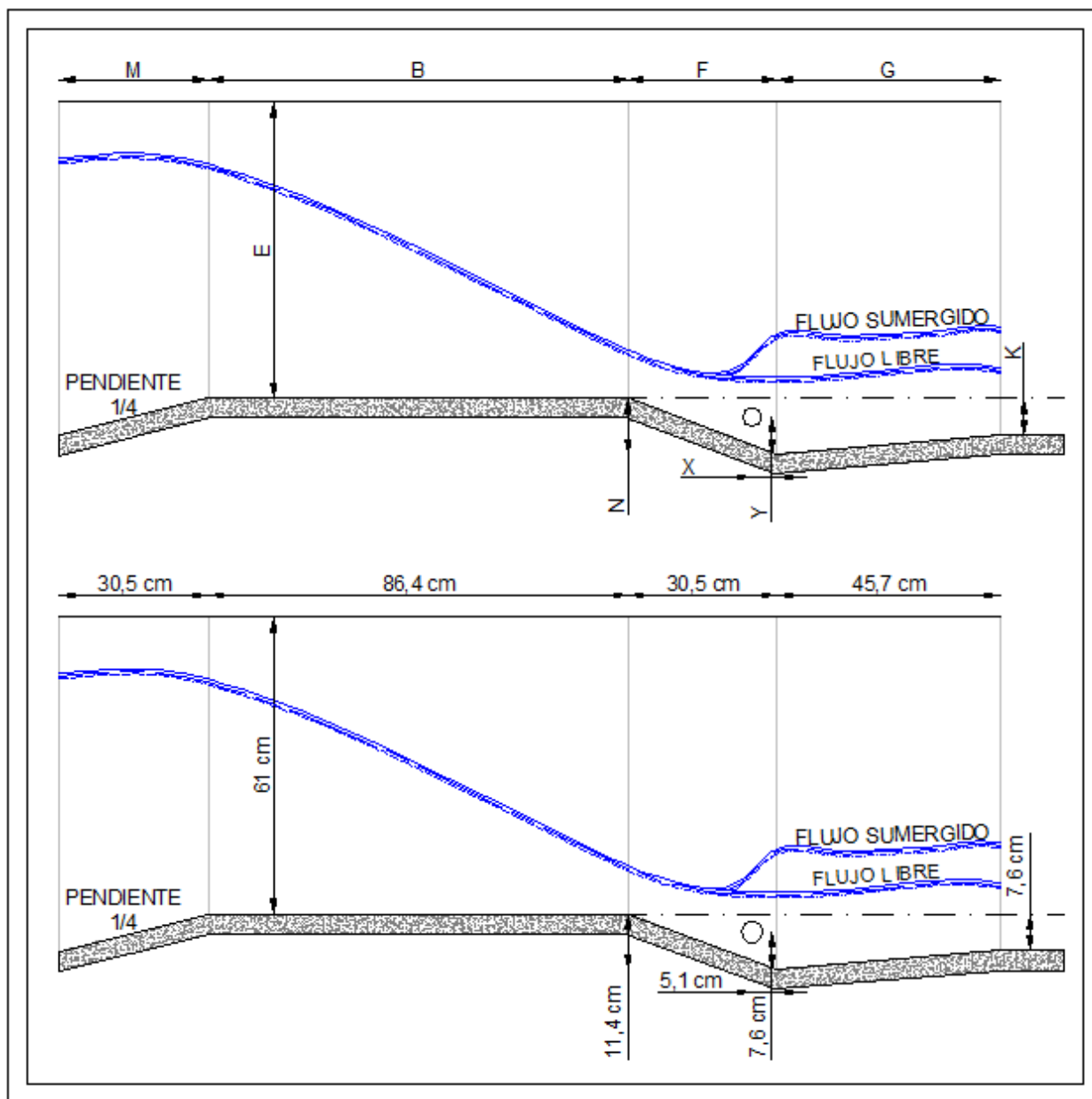


Figura 10 Configuración de la canaleta Parshall en perfil

Fuente: Araujo P. (2022)

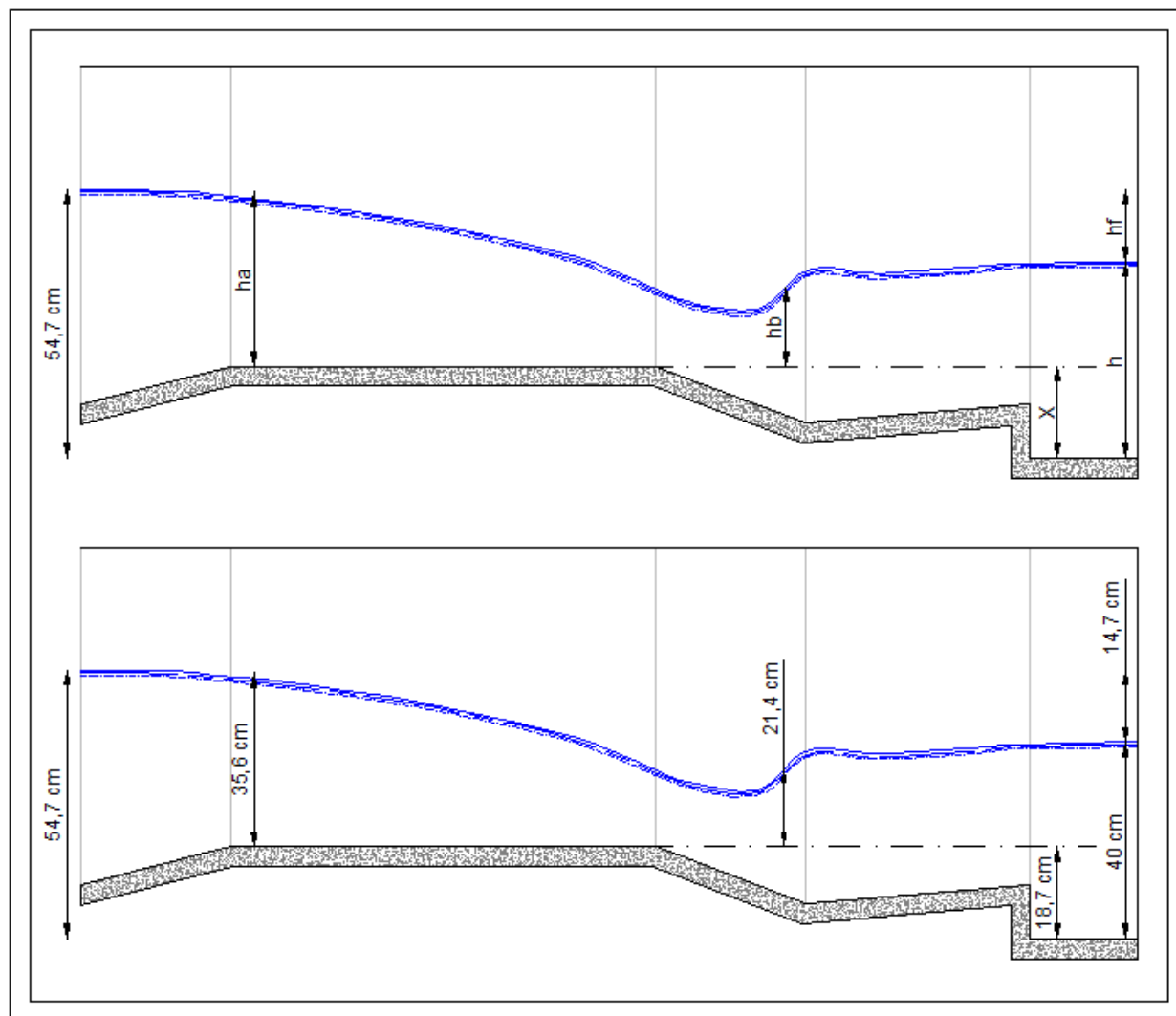


Figura 11 Configuración de la canaleta Parshall en perfil

Fuente: Araujo P. (2022)

El remanso producido por este aforador eleva el tirante en la acequia aguas arriba en 54,7 cm, es decir, 14,7 cm adicionales; sin embargo, la altura total incluyendo el borde libre es de 67 cm para la sección 0+000 y de 61 cm para la sección 0+008, por lo tanto no hay riesgo de desbordamiento.

En la figura 12, se muestra de forma ilustrativa donde se debe colocar el coagulante en el aforador para garantizar el proceso de coagulación, la mezcla del coagulante granulado se realizara en un recipiente de 200 litros en una mezcla manual, en el extremo inferior del mismo se colocara

un válvula de cierre lento conectada a una tubería de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) de 20mm. La dosis del coagulante se obtiene de la información reportada por HIDROANDES para el tratamiento de un caudal de 1200 l/s tal como se aprecia en la Tabla 18.

Tabla 18

Dosificación de la empresa HIDROANDES para el tratamiento de agua cruda

UT	kg/h de SO ₄ AL	CAUDAL (l/s)	VOLUMEN (m ³ /d)	CONC (kg/d)	CONC (g/m ³)
<30	NO APLICAR	1200	103680000		
200 A 300	108	1200	103680000	2592	25,0
500	120	1200	103680000	2880	27,8
>1000	PARAR PROCESO	1200	103680000		

Nota: Información recopilada y procesada del área de estudio

Fuente: Araujo P. (2022)

Como se aprecia en la tabla antes mencionada, para una turbidez menor de 30 unidades no se aplica coagulante y para una turbidez mayor de 1000 unidades se paraliza el proceso por requerir elevado volumen del coagulante, para valores diferentes a los indicados en la tabla como ejemplo unidades de turbidez mayor de 30 pero menor de 200, se realiza por interpolación lineal.

Se procesa la información anterior adaptándola al caudal de diseño de la investigación de 110 l/s tal como se indica en las tablas 19, 20 y 21 para jornadas de trabajo de 24, 12 y 8 horas diarias.

Tabla 19

Dosificación para jornada de trabajo de 24 horas/día

UT	CAUDAL (l/s)	VOLUMEN (m ³ /d)	CONC (g/m ³)	CONC (kg/d)	CONC (kg/h)
<30	110	9504			
200 A 300	110	9504	25,0	237,6	9,9
500	110	9504	27,8	264,0	11,0
>1000	110	9504			

Nota: Información recopilada y procesada de la tabla 18

Fuente: Araujo P. (2022)

Tabla 20*Dosificación para jornada de trabajo de 12horas/día*

UT	CAUDAL (l/s)	VOLUMEN (m ³ /d)	CONC (g/m ³)	CONC (kg/d)	CONC (kg/h)
<30	110	4752			
200 A 300	110	4752	25,0	118,800	9,9
500	110	4752	27,8	132,000	11,0
>1000	110	4752			

Nota: Información recopilada y procesada de la tabla 18

Fuente: Equipo investigador (2022)

Tabla 21*Dosificación para jornada de trabajo de 8horas/día*

UT	CAUDAL (l/s)	VOLUMEN (m ³ /d)	CONC (g/m ³)	CONC (kg/d)	CONC (kg/h)
<30	110	3168			
200 A 300	110	3168	25,0	79,2	9,9
500	110	3168	27,8	88,0	11,0
>1000	110	3168			

Nota: Información recopilada y procesada de la tabla 18

Fuente: Equipo investigador (2022)

El recipiente de 200 litros de capacidad para la mezcla del coagulante, evacuará el flujo con un caudal de 0,056 l/s en un tiempo de 1 hora, para la jornada de trabajo de 8 horas, que es la más adecuada en función del trabajo diario, sin embargo, puede ser adaptada a las otras jornadas. En la tabla 22 se muestra los parámetros hidráulicos para el manejo del recipiente.

Tabla 22*Dosificación para jornada de trabajo de 8horas/día*

VOLUMEN (l)	200
TIEMPO DE DESCARGA (h)	1
CAUDAL (l/s)	0,056

Nota: Información recopilada y procesada de la tabla 21

Fuente: Araujo P. (2022)

Ejemplo para unidades de turbidez entre 200 y 300 UT y jornada de trabajo de 8 horas/diaria, requiere adicionar al recipiente de 200 l; 9,9 kg de coagulante cada hora durante 8 horas, tal como se señala en las tablas 21 y 22.

La tubería de PEAD que se conectará con el recipiente y la canaleta Parshall tiene un diámetro de 20 mm con una válvula de cierre lento del mismo diámetro tal como se indica en la tabla 23.

Tabla 23

Elementos hidráulicos de la tubería de alimentación mezcla rápida

DIÁMETRO TUBERÍA (mm)	20
AREA (m ²)	0,202682992
VELOCIDAD (m/s)	0,28

Nota: Información recopilada y procesada de la tabla 22

Fuente: Araujo P. (2022)

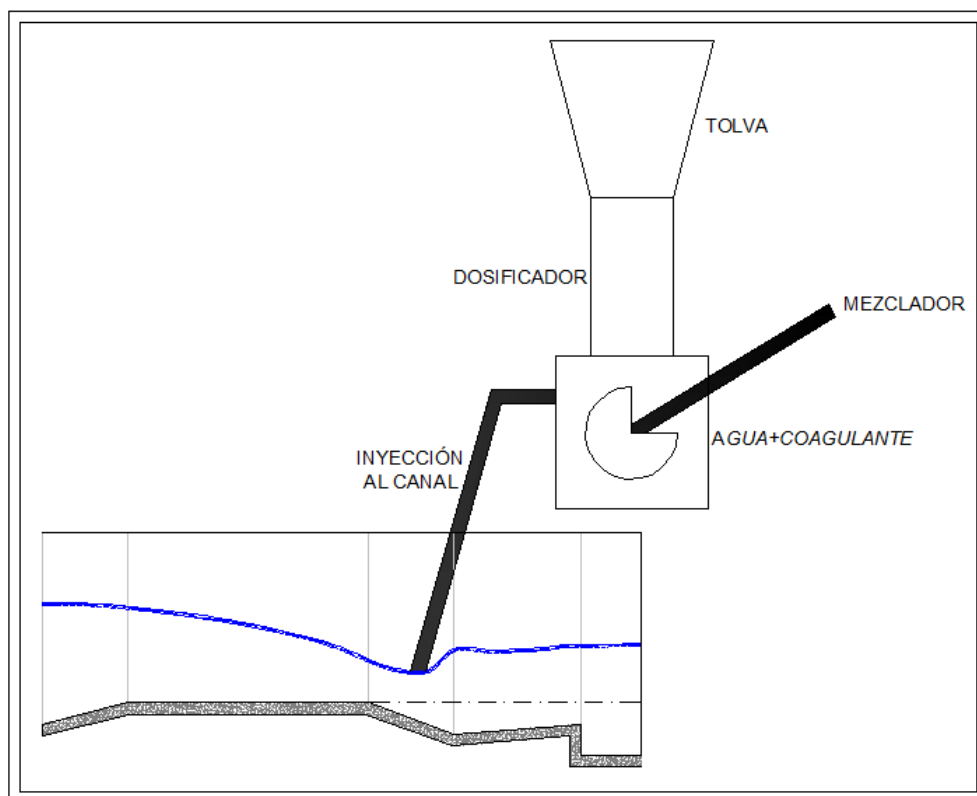


Figura 12 Colocación del coagulante en el proceso de mezcla rápida

Fuente: Araujo P. (2022)

Por último, continuamos con los resultados obtenidos en el tercer objetivo, **diseño del Sistema de mezcla lenta.**

Floculador hidráulico de flujo horizontal

Constituye el sistema no mecánico mediante el cual los coágulos producidos en la mezcla rápida flocculan, precipitan en una tasa de velocidad baja entre 0,1 y 0,45 m/s y un tiempo de retención hidráulico de 15 minutos o más que es lo que se denomina sistema de mezcla lenta. Esta obra sanitaria fue definida en las bases teóricas como floculador de flujo horizontal y consiste en un serpentín hidráulico conformado por deflectores de madera u otro material, cuyo propósito es direccionar el flujo contenido en un recinto de forma rectangular, un canal de entrada y un canal de salida, tal como se visualiza en la Figura 13.

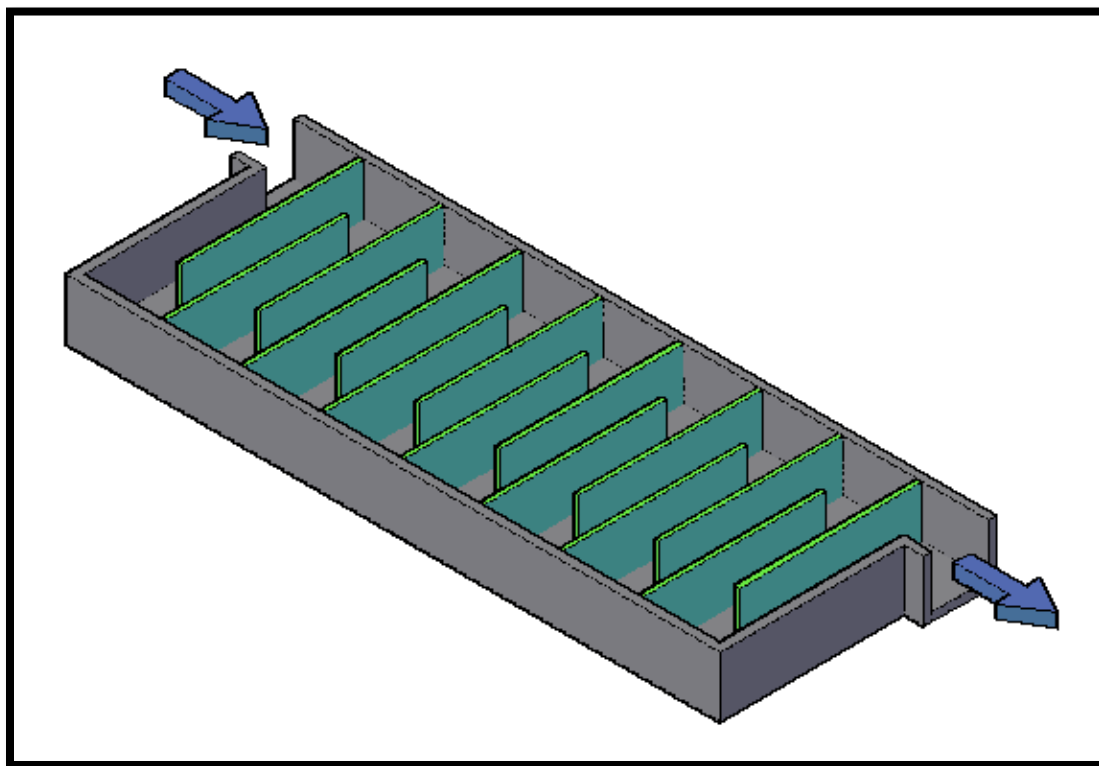


Figura 13 *Floculador hidráulico de flujo horizontal*

Fuente: Araujo P. (2022)

La longitud del floculador se obtiene de la siguiente Ecuación:

$$L_f: V \times T_r \quad (4)$$

Dónde:

L_f : Longitud del floculador en m

V : Velocidad del flujo, asumida como 0,1 m/s

T_r : Tiempo de retención, asumido como 15 min

$$L_f: 0,1(\text{m/s}) \times 15(\text{min}) \times 60(\text{s/min}): 90\text{m}$$

La sección transversal del canal dentro del serpentín se obtiene mediante la expresión:

$$A_t: Q/V \quad (5)$$

Dónde:

Q : Es el caudal de diseño, $Q: 0,1098 \text{ m}^3/\text{s}$

$$A_t: 0,1098(\text{m}^3/\text{s})/0,1(\text{m/s}); A_t: 1,098 \text{ m}^2$$

Volumen de agua del floculador de flujo horizontal, este se determina con la siguiente expresión:

$$V_f: Q \times T_r \quad (6)$$

Dónde:

V_f : volumen del floculador en m^3

$$V_f: 0,1098(\text{m}^3/\text{s}) \times 15(\text{min}) \times 60(\text{s/min}); V_f: 98,82 \text{ m}^3$$

La separación entre deflectores (s_d) se asume igual a 1,0 m, valor ampliamente utilizado en este tipo de estructuras sanitarias.

La lámina de agua en el canal dentro del serpentín, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$hs: At/sd \quad (7)$$

$$hs: 1,098 \text{ (m}^2\text{)}/1,0\text{(m)}; hs: 1,098 \text{ m}$$

El borde libre (bl) se estima en canales pequeños como el 30% de hs; según este criterio bl: $30\% * 1,098\text{(m)}$; bl: 0,329 m. La altura total del canal es $hs+bl$, es decir 1,427m.

La distancia del deflector a la pared (D) se estima mediante la siguiente expresión:

$$D: 1,5*sd \quad (8)$$

$$D: 1,5*1,0\text{(m)}; D: 1,5 \text{ m}$$

El ancho del floculador(a) se asume igual a 6,0m, según la topografía del terreno.

La longitud del deflector se determina mediante la siguiente expresión:

$$Ld: a - D \quad (9)$$

$$Ld: 6 - 1,5; Ld: 4,5 \text{ m.}$$

El número de canales (Nc) dentro del serpentín se cuantifica mediante la siguiente expresión:

$$Nc: Lf/a \quad (10)$$

$$Nc: 90/6; Nc: 15 \text{ canales}$$

El número de deflectores (Nd) se obtiene a través de la expresión:

$$Nd: Nc - 1 \quad (11)$$

$$Nd: 15 - 1; Nd: 14$$

El perímetro mojado (Pm) para un canal rectangular se determina a través de la expresión:

$$Pm: sd+2*hs \quad (12)$$

$$Pm: 1+2*1,098; Pm: 3,196 \text{ m}$$

El radio hidráulico (Rh) para un canal rectangular se estima mediante la expresión:

$$Rh: At/Pm \quad (13)$$

$$Rh: 1,098/3,196; Rh: 0,34 \text{ m}$$

La longitud real del floculador (Lrf) se cuantifica mediante la expresión:

$$Lrf: Nc*Sd + Nd*\text{espesor del deflector} \quad (14)$$

$$Lrf: 15*1,0+14*0,003; Lrf: 15,0 \text{ m}$$

Las pérdidas de energía en el floculador hidráulico de flujo horizontal, son las producidas por el rozamiento de la masa de agua contra las paredes y el fondo del canal rectangular denominada pérdidas generales, pero también se generan por el cambio de dirección del flujo, la suma de ambas constituyen las pérdidas totales.

Las ecuaciones 15 y 16 estiman las pérdidas de energía por los efectos antes mencionados.

$$hf: 1,35*V^{1,85}*Lf/c^{1,85}*Rh^{1,17} \quad (15)$$

Dónde:

Hf: Perdidas por fricción en m.c.a.

C: coeficiente de rozamiento: 50

hf: 0,0017 m

Las Pérdidas de energía por cambios de dirección:

$$hfd: Nf*3,22*V^2/2g \quad (16)$$

hfd: 0,02 m.c.a.

Las pérdidas totales es la suma de las pérdidas anteriores

$$hft: hf+hfd \quad (17)$$

hft: 0,02 m.c.a.

Esta pérdida de energía no representa aumento de nivel capaz de generar remanso aguas arriba del floculador o flujo turbulento aguas abajo que pudiera impactar negativamente en las condiciones hidráulicas de la acequia.

La Figura 14 presenta el floculador hidráulico de flujo horizontal en el cual se efectúa la mezcla lenta utilizando el caudal que transita por la acequia del Campus Tempé.

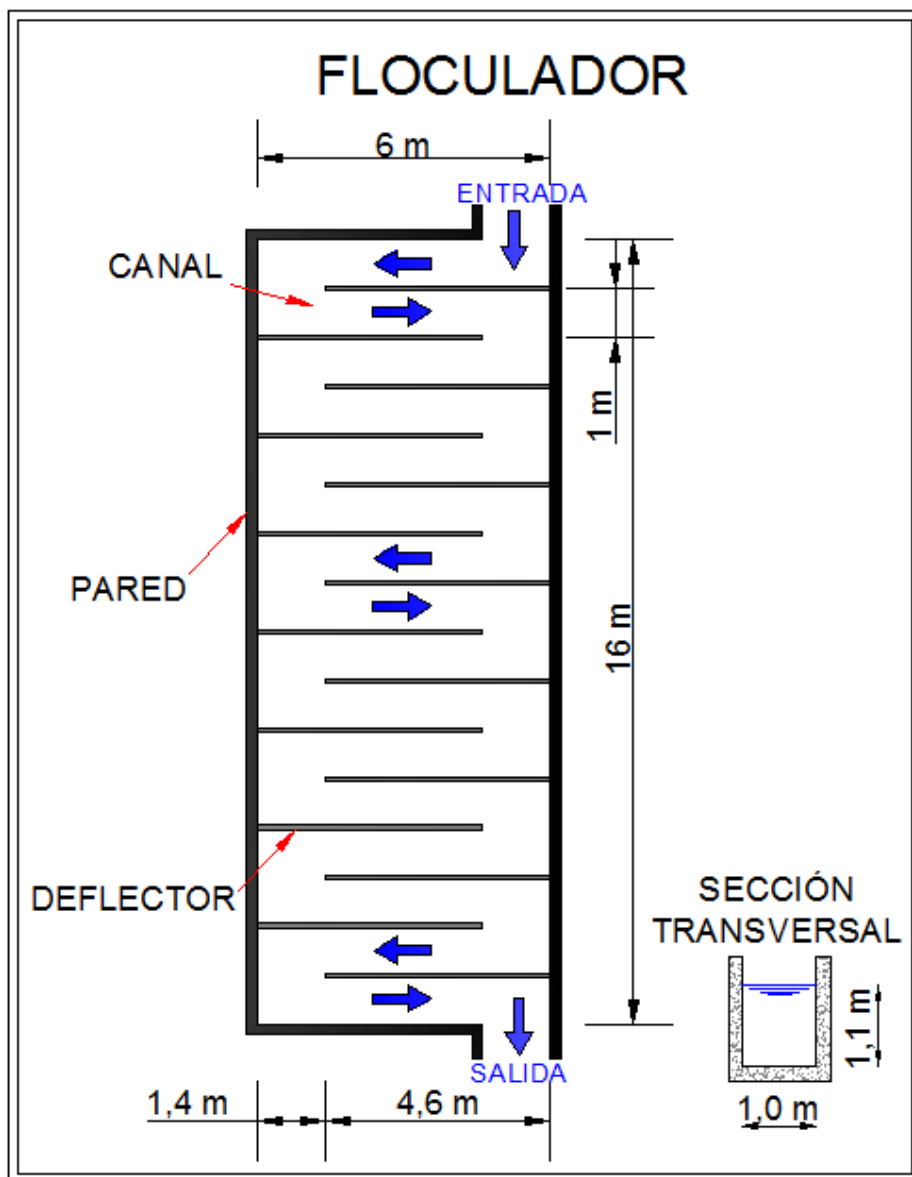


Figura 14 Dimensiones del floculador hidráulico de flujo horizontal
Fuente: Araujo P. (2022)

Como puede apreciarse, el análisis e interpretación de los datos, reúnen las exigencias presentadas en la Operacionalización de la variable, con sus dimensiones e indicadores, respondiendo al cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos y por ende, al cumplimiento del objetivo general, es decir al diseño del proceso de coagulación y floculación para el tratamiento del agua para su aprovechamiento con fines agrícolas en el Campús Tempé.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones

El conflicto mundial por el desabastecimiento del agua como principal recurso natural de mayor demanda en el planeta, ha generado movimientos sociales en la búsqueda de alternativas de solución que contribuyan al mejoramiento de calidad del agua, de las condiciones de vida de la población y de la sociedad en su conjunto. A medida que las poblaciones humanas se expanden se requieren mayor disponibilidad de este recurso que es fundamental, no solo para consumo humano, si no para satisfacer demandas de cultivo; sin embargo, los cambios producidos en el ambiente ha alterado esa disponibilidad global, provocando aumentos en la evaporación y precipitación o por el contrario en sitios de escasa precipitación ocurren eventos lluviosos fuera del control de los cauces, provocando inundaciones en algunos sitios y sequías entre otros.

El efecto de los humanos en el ambiente produce contaminantes clorados y fosforados, altas tasas de abonos orgánicos sin tratamiento, vertederos de basuras directo a los cauces ha reducido la disponibilidad de agua, cursos de agua prístinos hoy transita en ellos una carga contaminante agresiva a los ecosistemas naturales. En todas partes se observa la extracción de agua sin control para la irrigación de cultivos marginales sin prácticas agronómicas acertadas, agotando reservas hasta la última gota con técnicas rudimentarias y algunas casos sofisticadas como ósmosis inversa para desalinización, bombas en pozos profundos y almacenamientos diversos desde los más rudimentarios hasta embalses, o utilizando cultivos mejorados genéticamente, cosechas de agua de lluvia o sencillamente abandonando y dejando las tierras improductivas.

Mucho de los esfuerzos están orientados al suministro de agua potable a las comunidades, pero se han disminuido las acciones de restablecer las aguas servidas, condiciones tales, que no alteren la biota en los sitios de entrega, muchas veces construyendo sistemas de tratamiento no adaptados a las condiciones tropicales, operando sin control alguno. El río Momboy no escapa de la realidad antes mencionada, desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Motatán es continuamente bombardeado con descarga de aguas residuales, contaminantes utilizados en la agricultura no sostenible, basura no biodegradable, entre otros que han deteriorado su calidad convirtiéndolo en un colector más.

La Universidad Valle del Momboy, como comunidad, de calidad humanista, que promueve el desarrollo humano sustentable y sostenible, respetuosa de los ecosistemas y de la biodiversidad, elabora planes y proyectos orientados en el mejoramiento del recurso agua; entre sus espacios geográficos se localiza una acequia antiquísima o canal en tierra no revestido que transita un flujo de agua permanente derivado del río Momboy, ella es subutilizada por la presencia de elementos contaminantes y partículas en suspensión que la colmatan, por lo que en el presente trabajo de investigación, tiene como objetivo final El Diseño del Proceso de Coagulación y Floculación en el Tratamiento de Agua para su Aprovechamiento con Fines Agrícolas, facilitando mejoramiento en la calidad del agua a la población que se beneficia de ella.

En aras de cumplir con el objetivo propuesto en este proyecto, fue fundamental hacer toda una revisión, análisis e interpretaciones de las situaciones encontradas en el área de estudio, las cuales permitieron llegar a las conclusiones que se presentan a consideración de las autoridades académicas.

El cumplimiento del primer objetivo específico; la determinación del caudal de agua por unidad de tiempo, o caudal disponible, se obtuvo a través del método área-velocidad, levantando

in situ secciones transversales de la acequia, en un tramo recto, estimando la velocidad del agua y el gasto como parámetro fundamental de diseño obtenido por fórmulas de hidráulica básica; éste procedimiento permitió los sub-siguientes pasos a seguir hasta llegar al diseño de los procesos de mezcla rápida y lenta necesarios en la coagulación y floculación de las partículas en suspensión para el tratamiento de agua; el gasto obtenido según la capacidad máxima de las secciones transversales de la acequia, se fija como cifra favorable para el cumplimiento de la disponibilidad de agua.

El diseño de la canaleta Parshall en flujo crítico con su sección convergente, garganta y sección divergente fijando la cresta que ocurra un flujo libre, a través de mantener una relación de sumergencia h_b/h_a menor de 0,6; además, de cuantificar el caudal de diseño para la correcta operación, elimina por la alta velocidad del agua en la garganta, arena o limo en suspensión o rodado a lo largo del fondo y el elemento más impactante que es verter en ella el coagulante en una mezcla rápida; se determinó también la dosis exacta en función de la tasa de aplicación en kg/h y kg/m^3 en un pequeño recipiente de 200 litros, dando cumplimiento de esta manera al segundo objetivo específico, el cual fue diseñar el proceso de mezcla rápida, a la luz de aportar los elementos necesarios que contribuya al proceso de coagulación en el tratamiento de agua para su aprovechamiento

Por otra parte, el cumplimiento del tercer objetivo referente al diseño de mezcla lenta, se realizó el diseño de un floculador hidráulico de flujo horizontal, utilizando como criterios mantener velocidad menor de 0,45 m/s, tiempo de retención menor de 30 minutos y una relación de dominio de la longitud sobre el ancho y profundidad, para garantizar la decantación de los flóculos con la menor pérdida de energía, la creación de remanso en la entrada y salida del floculador.

Finalmente, por lo antes expuesto, las conclusiones constituyen el fundamento técnico en el proyecto culminado, lo que permite mencionar que El Proceso de Coagulación y Floculación para el Tratamiento de Agua con Fines Agrícolas en la Acequia del Campús Tempé, es un procedimiento necesario y efectivo, que favorece la utilización de agua de calidad.

Recomendaciones

Considerando como referencia los resultados obtenidos y las conclusiones presentadas en la presente investigación, se señalan a continuación unas recomendaciones que permitan el

aprovechamiento con fines agrícolas del caudal que transita por la acequia localizada en el Campus Tempe.

- Considerar para el proceso de coagulación y floculación las obras propuestas en esta investigación, porque están diseñadas con el debido soporte técnico- científico.
- Continuar con los procesos de sedimentación y filtración para consolidar la clarificación de las aguas de la acequia.
- Utilizar para el proceso de desinfección un tratamiento no agresivo a los ecosistemas naturales ubicados aguas abajo del Campus Tempé.
- Replicar esta experiencia en la subcuenca del río Momboy para el saneamiento ambiental de la misma.

REFERENCIAS

Ander-Egg, E. (1999). *Introducción a las Técnicas de Investigación Social*. Editorial México: El Ateneo (Colección guidance).

- Arias, F. (2003). *El proyecto de investigación*. Editorial Episteme. Venezuela.
- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación: introducción a la metodología*. Editorial Episteme. Caracas, Venezuela.
- Arocha, S. (1983). *Abastecimientos de Agua. Teoría & Diseño*. Ediciones Vega. Venezuela.
- Charry, N., y López, L. (2017). *Metodología formal, investigación científica*. Editorial Limusa. Bogotá, Colombia.
- Cubillos, L., y Naranjo, J. (2018). *Diseño hidráulico de obras civiles para la captación y tratamiento de agua cruda del sistema de acueducto centro poblado la Magdalena municipio de Quebrada negra, Cundinamarca. Colombia*. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia.
- Gaceta oficial No.39.138. (1995). *Normas para la clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos*. República Bolivariana de Venezuela.
- Garay, J. (2010). *Constitución de la república Bolivariana de Venezuela*. Edición y Distribución Corporación AGR, S.C.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2015). *Metodología de la investigación*. Editorial McGraw-Hill. 11ª edición. México D.F. México.
- Hernández Sampieri, R. (1998). *Metodología de la Investigación*. Editorial Mc. Graw Hill. México.
- Ley Orgánica del Ambiente. (2009). Gaceta oficial No.39.138 República Bolivariana de Venezuela.
- Méndez, C. (2001). *Metodología. Diseño y Desarrollo del Proceso de Investigación*. Editorial Mc. Graw Hill. Bogotá, Colombia.

Romero, J. (2008). *Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Principios de Diseño*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Colombia.

Sabino, C. (2002). *El proceso de investigación*. Editorial Panapo. Caracas, Venezuela.

Tamayo y Tamayo, M. (2004). *El Proceso de la Investigación Científica*. Editorial Limusa. México.

ANEXOS

ANEXO A
MEMORIA FOTOGRÁFICA

MEMORIA FOTOGRÁFICA



ANEXO B

PLANOS

