

**DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL POLICLORURO DE ALUMINIO
MEDIANTE EL DISEÑO DE UNA TABLA DE RANGOS BASADOS EN LA
DOSIFICACIÓN DEL COAGULANTE Y LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS
RELEVANTES EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE DEL RÍO GUATAPURÍ
EN VALLEDUPAR - CÉSAR**

AUTOR:

ROLANDO ALFREDO DAZA BONILLA

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR
2022**

www.unicesar.edu.co

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia

**DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL POLICLORURO DE ALUMINIO
MEDIANTE EL DISEÑO DE UNA TABLA DE RANGOS BASADOS EN LA
DOSIFICACIÓN DEL COAGULANTE Y LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS
RELEVANTES EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE DEL RÍO GUATAPURÍ
EN VALLEDUPAR - CÉSAR**

AUTOR:

ROLANDO ALFREDO DAZA BONILLA

DIRECTOR/ASESOR

MELISSA MARTÍNEZ MAESTRE

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTA Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR**

2022

www.unicesar.edu.co

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia

DEDICATORIA

El presente informe se lo dedico principalmente a mi madre que fue el motor que me impulso y me ayudo a continuar en mi proceso de estudio de la Universidad.

Se lo dedico a mi novia, a mi papa, a mis tíos, mis tías, mis primos y primas, mis amigos en general, es decir a todos mis seres queridos que siempre me motivaron durante el proceso, sin ellos el camino de la Universidad, de las practicas académicas y de la vida en general hubiera sido mucho más difícil.



AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a la profesora Melissa Martínez por su asesoramiento en el desarrollo del presente informe.

Le agradezco a la doctora Milena por ser mi primera tutora en la planta de tratamiento de agua potable, además de ser la persona que me dirigió durante la elección del tema a tratar.

Le agradezco a todos los trabajadores de la planta en general principalmente a el jefe Luis Eduardo Santiago Jácome, José Romero, Luis Beleño, Rafael Solano, Eliecer Cayón, Johan Vergara, Viviana Silva, Gaviria, Javier Carbone, Elsidio Gutiérrez, Jhan Carlos, Belarmino, Javier Villadiego y todos los demás trabajadores de la planta que durante el desarrollo de las practicas académicas de todos aprendí, me siento muy orgulloso y feliz de haber realizado mi proceso de pasantía en Emdupar. Todos me hicieron sentir uno más de ustedes.



TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	10
2.	SITUACIÓN PROBLEMA DE LA EMPRESA.....	11
3.	OBJETIVOS DE LA PRACTICA ACADÉMICA	13
3.1.	OBJETIVO GENERAL	13
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
4.	JUSTIFICACIÓN DE LA PRACTICA ACADÉMICA	14
5.	MARCO REFERENCIAL	15
5.1.	GENERALIDADES DE LA EMPRESA O LA INSTITUCIÓN	15
5.1.1.	Información básica de Emdupar	15
5.1.2.	Ubicación	15
5.1.3.	Reseña histórica	17
5.1.4.	Número de empleados.....	17
5.1.5.	Planeación Estratégica	18
5.1.6.	Política ambiental.....	19
5.1.7.	Política de calidad	20
5.1.8.	Organigrama	20
5.1.9.	Mapa de procesos.....	21
5.2.	MARCO CONTEXTUAL.....	21
5.3.	MARCO CONCEPTUAL	24
5.4.	MARCO LEGAL	25
6.	ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA PRACTICA	27

6.1.	CAMPO DE APLICACIÓN DE LA PRACTICA	27
6.2.	FUNCIONES ESPECÍFICAS A DESARROLLAR	27
6.3.	RESPONSABLE DE LA SUPERVISIÓN EN LA EMPRESA	27
6.4.	DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRATEGIAS, MÉTODOS, TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS	28
7.	CRONOGRAMA	32
8.	PRESUPUESTO.....	33
9.	PRODUCTOS, INDICADORES Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	36
10.	ASUNTOS DE PROTECCIÓN LEGAL	46
11.	CONCLUSIONES.....	47
12.	RECOMENDACIONES	48
13.	REFERENCIAS	49
14.	ANEXOS	52

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Información de Emdupar.....	15
Tabla 2. Servidores de Emdupar.....	18
Tabla 3. Normativa Agua potable.....	25
Tabla 4. Normativa entidades.....	26
Tabla 5. Determinación de Parámetros Fisicoquímicos.....	29
Tabla 6. Plantilla de prueba de jarras.....	30
Tabla 7. Tabla cronograma de actividades.....	32
Tabla 8. Presupuesto recurso humano.....	33
Tabla 9. Presupuesto costos logísticos.....	33
Tabla 10. Presupuesto costos de insumo.....	34
Tabla 11. Presupuesto costos de materiales y equipos.....	34
Tabla 12. Presupuesto global.....	35
Tabla 13. Registro Prueba de jarras.....	37
Tabla 14. Registro Control de calidad Coagulante.....	39
Tabla 15. Diseño tabla de rangos.....	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Oficinas de Emdupar.....	16
Figura 2. Plantas de tratamiento de Emdupar.....	16
Figura 3. Organigrama de Emdupar.	20
Figura 4. Mapa de procesos de Emdupar.	21
Figura 5. Localización de la Planta de Tratamiento de Emdupar.....	22
Figura 6. PATP Huaricha.	22
Figura 7. PTAP Gota Fría.....	23
Figura 8. Ensayo de prueba de jarras en el laboratorio de Emdupar.	41



CARTA DE APROBACIÓN DE LA PRÁCTICA

	COMUNICACIÓN EXTERNA	FD-GD-15
		Versión : 02-19-07-11
		Página : 1 de 1

Valledupar 13 de septiembre del 2022

Universidad popular del cesar (UPC).

ASUNTO: Carta de aprobación de las practicas académicas.

Cordial saludo:

La empresa Emdupar S.A E.S.P le reconoce la finalización de las prácticas académicas aportadas en la entidad, con el equivalente a 800 horas laborales. Nos complace anunciar la terminación del futuro profesional ingeniero ambiental y sanitario.

El estudiante Rolando Alfredo Daza Bonilla identificado con cedula de ciudadanía 1065830072 quien se encontraba vinculado hasta la fecha como practicante de la planta de procesamiento de agua potable de Valledupar – Cesar. Caracterizándose siempre por su excelente rendimiento académico y laboral, optimas relaciones personales lo cual le facilito el trabajo dentro de la planta, además de un gran espíritu de colaboración hacia sus compañeros y directivos.

Atentamente

LUIS EDUARDO SANTIAGO JACOME
Jefe División de Producción

1. INTRODUCCIÓN

El agua es el elemento más importante para la vida. El planeta está constituido por más de 70 % de agua, donde el 97.5% se encuentra en los océanos y mares de agua salada, únicamente el restante 2.5% es agua dulce, de la cual el 69% se encuentra en los polos y en las cumbres de las montañas más altas, en estado sólido. (Junta Municipal de agua potable y alcantarillado de Mazatlán , 2019).

Solo el 0,4 % del agua del planeta es apta para el consumo humano, razón por la cual se han desarrollado plantas de tratamiento con el fin de obtener agua potable. La potabilización consiste en eliminar sustancias que resultan tóxicas para las personas y que pueden estar presentes en el agua, mediante una serie de procesos de forma secuencial (Acciona , 2020). Estos procesos son principalmente la coagulación, la floculación, la decantación, la filtración y la desinfección.

En el presente informe se hace énfasis específicamente en la coagulación, el cual es un proceso en donde básicamente mediante la adición de un coagulante se neutralizan las cargas y se forma una masa gelatinosa que atrapa partículas, aumentando su tamaño de modo que puede quedar atrapada en el filtro o sedimentar (Pérez L. , 2019). Los coagulantes son materiales químicos que se adicionan al agua para lograr la descarga de todas las partículas coloidales dando origen a la formación de medios más grandes (flóculos), que sedimentan más rápidamente. (Cogollo Flórez , 2010).

Este trabajo está enfocado en evaluar la efectividad del coagulante usado en la planta de tratamiento del río Guatapurí en Valledupar, en donde el recurso agua y su prestación del servicio es otorgado por EMDUPAR S.A ESP. Empresa o sociedad anónima del orden municipal, perteneciente al sector de agua potable y saneamiento ambiental cuya misión es prestar servicios de acueducto y alcantarillado con productos y servicios de calidad, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental, económica y social de la región, articulando cada una de sus estrategias del cuatrienio con planes y políticas del orden nacional, regional o local. (Junta directiva EMDUPAR S.A. E.S.P., 2020).

2. SITUACIÓN PROBLEMA DE LA EMPRESA

La coagulación es generalmente el primer proceso efectuado en una planta de tratamiento de agua potable, por lo tanto, la efectividad de esta parte del hecho de contar con un coagulante eficiente y un sistema de aplicación adecuado para actuar en el preciso momento frente a las variaciones del agua entrante a la planta de tratamiento.

Actualmente EMDUPAR S.A E.S.P. cuenta con un sistema de dosificación manual por gravedad, donde la adecuación de la dosis optima está a cargo del operador.

La empresa Emdupar en su proceso de coagulación aplica el Policloruro de aluminio ($Al_2(OH)_3Cl_3$), un coagulante inorgánico a base de sales de aluminio polimerizadas, el cual es muy utilizado en esta industria y tiene muchísimas ventajas que lo hacen ser de las primeras alternativas a tener en cuenta en el proceso de coagulación en el agua. Aun así, se ha demostrado que, dependiendo de las variables en los parámetros fisicoquímicos del agua, su efectividad y eficacia varia, razón por la cual, aunque se efectúen pruebas de jarras constantemente, resulta tedioso el aplicar la dosis exacta para trabajar con un tipo de agua en específico que se esté presentando en la planta de tratamiento.

Según el historial de caracterización de aguas en Emdupar, se ha comprobado que el rio Guatapurí (fuente de abastecimiento de las plantas de tratamiento de Emdupar) es un afluente bastante variable a lo largo del día en épocas de lluvias. Por lo cual, establecer una tabla de rangos que aproxime la dosis exacta para verter cuando el agua está presentando determinadas características resulta idóneo para este tipo de planta que trabaja con el respectivo coagulante y con un sistema manual. Dicha tabla de rangos identificaría que dosis suministrar al sistema de tratamiento dependiendo de la turbiedad, alcalinidad y otros parámetros para así tener un aproximado y una mejor remoción de partículas coloidales, debido a la formación de flocs de mejor calidad.

La falta de un registro organizado donde se establezcan los parámetros fisicoquímicos del agua y su relación con el coagulante genera desorden y lentitud lo cual conlleva a errores en todo el proceso de potabilización del agua.

2.1. ÁRBOL DEL PROBLEMA

EFFECTOS

Proceso de Coagulación no óptimo.

Poca o nula formación de un floc adecuado para sedimentar.

Daños en el tratamiento del agua, al empezar mal con el primer proceso.

Suministro de aguas turbias o con exceso de sólidos suspendidos.

PROBLEMA CENTRAL

Incumplimiento en la dosis de coagulante idónea para tratar un agua con parámetros fisicoquímicos específicos.

Realización de pruebas de jarras constantemente sin evidenciar la realidad de los parámetros variantes del agua a tratar.

Desorden y lentitud que conlleva a errores en todo el proceso de potabilización del agua.

Suministro de coagulante no idóneo para tratar el agua.

Errores en las pruebas de jarras al no tener en cuenta las variadas concentraciones y densidades del coagulante a emplearse.

Falta de un registro organizado donde se establezcan los parámetros fisicoquímicos del agua y su relación con el coagulante.

CAUSAS

Poca atención o ninguna en cuanto a la concentración del coagulante suministrado.

3. OBJETIVOS DE LA PRACTICA ACADÉMICA

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar de la efectividad del policloruro de aluminio mediante una tabla de rangos basados en la dosificación del coagulante y los parámetros fisicoquímicos relevantes en el tratamiento del agua potable del río Guatapurí en Valledupar – César.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los parámetros fisicoquímicos (Temperatura, Alcalinidad, pH, Color y Turbiedad) de las aguas del río Guatapurí en su ingreso a las plantas de tratamiento de Huaricha y de Gota fría en EMDUPAR E.S.P. - S.A.
- Evaluar la efectividad del coagulante policloruro de aluminio (con densidad y concentración específica) y su reacción en el agua del río Guatapurí con diferentes parámetros fisicoquímicos.
- Diseñar una tabla de rangos basados en la dosificación del coagulante y los parámetros fisicoquímicos relevantes en el tratamiento del agua potable del río Guatapurí en Valledupar – César.



4. JUSTIFICACIÓN DE LA PRACTICA ACADÉMICA

Emdupar es la empresa que se encarga de prestar el servicio de agua potable al municipio de Valledupar y sus respectivos corregimientos. Aunque el servicio es efectivo, se deben tener en cuenta una serie de pautas que complican los respectivos procesos que involucran la potabilización del agua. Como se sabe, todo proceso de potabilización comienza con la coagulación (en la planta de tratamiento), por lo cual errores en el primer proceso evidencian fallas en el resultado final.

Las plantas de tratamiento de Emdupar cuentan con un sistema de dosificación manual, donde el operador de la planta de tratamiento manipula la válvula de salida del coagulante con el fin de suministrar las dosis requeridas. El problema está en que al momento de suministrar la dosis que la prueba de jarras determina como la idónea, muchas veces, se evidencia que no se da el proceso de coagulación como se espera. Esto es debido a que no se tienen en cuenta los parámetros fisicoquímicos que el agua tiene en ese momento y su relación con la concentración de alúmina y la densidad con la que cuenta el coagulante.

El coagulante utilizado en el tratamiento es el policloruro de aluminio, el cual es un compuesto de mucha eficiencia al tratar las aguas para su potabilización. Aunque cabe destacar, según los datos proporcionados por los profesionales y operadores de las plantas de Emdupar, existen dosis que, aunque determinadas por las pruebas de jarras, no son totalmente adecuadas o ideales para tratar los respectivos tipos de aguas o para producir la remoción deseada de sólidos.

La presente practica académica y la propuesta de este informe se efectúa con el fin de establecer una base de datos redactados en una tabla de caracterización de los parámetros fisicoquímicos (turbiedad, temperatura, Color, pH y alcalinidad) relevantes en el proceso de coagulación y su relación con el porcentaje de alúmina y la densidad con la que cuenta el coagulante, con el fin de establecer las dosis exactas que demuestren una mayor remoción de coloides y la formación de un floc de mejor calidad. Lo que se busca básicamente y con la aprobación de toda la directiva de Emdupar, es establecer dicha tabla de datos para así facilitarle a los trabajadores la aplicación manual del respectivo compuesto, generando así mayor rapidez en la fluidez de la planta y a su vez, evitar errores de remoción que conlleven a tener que reiniciar el proceso de tratamiento y con esto brindar un mejor servicio a la comunidad de Valledupar y zonas servidas por la empresa.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA O LA INSTITUCIÓN

5.1.1. Información básica de Emdupar

Tabla 1. Información de Emdupar.

Razón social	EMDUPAR S.A – E. S. P
NIT.	892.300.548 – 8
Naturaleza jurídica	Pública
Carácter territorial	Municipal
Departamento	Cesar
Municipio	Valledupar
Teléfono	5730040
Dirección	Calle 15 # 15 – 40 Barrio Alfonso López
Correo electrónico	Juridica@emdupar.gov.co
Zona	Urbana
Representante legal	Soledad Ivonne Manjarrez Hinojosa

5.1.2. Ubicación

Las oficinas de Emdupar se encuentra ubicada en la cabecera municipal de la ciudad de Valledupar – Cesar, específicamente en la calle 15 # 15 – 40 barrio Alfonso López.

Por su parte las plantas de tratamiento de Emdupar se encuentran localizadas a la margen izquierda del río Guatapurí, más específicamente en el Kilómetro 1 vía hacia el Rincón, después del centro recreacional la pedregosa. Cabe destacar que la planta de tratamiento Gota Fría es la primera planta del sistema de tratamiento seguido de la planta Huaricha. Ambas plantas se encuentran localizadas en el mismo sector a escasos 15 metros.

Figura 1. Oficinas de Emdupar.



Fuente: Google Maps, 2022.

Figura 2. Plantas de tratamiento de Emdupar.



Fuente: Google Earth, 2022.

5.1.3. Reseña histórica

La Empresa de Servicios Públicos de Valledupar, tuvo sus inicios en 1944, para esa época a los habitantes les tocaba entubar el agua proveniente del río Guatapurí, constituyéndose en la empresa de los servicios municipales. En el año de 1961 el servicio de agua fue prestado por Acueducto del Magdalena "ACUADELMA", posteriormente en 1969 pasa a cargo de los servicios de acueducto y alcantarillado de INSFOPAL.

La Empresa de Servicios de Valledupar, fue creada en 1974 bajo la denominación de acueducto y alcantarillado de Valledupar ACUADUPAR (Escritura Pública N° 1176 del 4 de agosto de 1974), con el objeto de estudiar, proyectar y explotar los sistemas de acueducto y alcantarillado en la ciudad de Valledupar.

Según escritura pública N.º 160 del 17 de febrero de 1977, para dar cumplimiento a los decretos reglamentarios 2804 de 1975 y 1157 de 1976, que determinan la constitución de organismos ejecutores de carácter regional y municipal, la institución paso a ser empresas de obras sanitarias de Valledupar S.A EMPODUPAR, adicionándole el manejo de los servicios de aseo público, matadero y plazas de mercado.

En 1989 la entidad paso a denominarse Empresa de Servicios de Valledupar S.A EMDUPAR (Escritura pública N.º 1153 del 4 de mayo de 1989), atendiendo a lo dispuesto en los decretos 077 y 1723 de 1987 que ordenaron la transferencia de los derechos sociales de INSFOPAL en las empresas de obras sanitarias, en este caso la transferencia al municipio de Valledupar de los derechos que tenía en EMPODUPAR. (Emdupar S.A. -E.S.P. , 2022).

5.1.4. Número de empleados

Actualmente la empresa Emdupar S.A. -E.S.P. es una empresa del tipo de las anónimas Empresa de Servicios Públicos, del Orden Municipal, de carácter oficial, conforme a las disposiciones de la Ley 142 de 1994 y demás normas concordantes, la cual cuenta con 252 trabajadores, bajo la Gerencia de Soledad Ivonne Manjarrez Hinojosa. (Emdupar S.A. -E.S.P. , 2022).

Tabla 2. Servidores de Emdupar.

 DIRECTORIO SERVIDORES EMDUPAR S.A. E.S.P. 2022				
N°	N° de Cédula	NOMBRE	CARGO	CORREO ELECTRONICO
1	39462601	SOLEDAD IVONNE MANJARRES HINOJOSA	GERENTE	smanjarres@emdupar.gov.co
2	77185726	OSCAR NICOLAS BARROS MUSSA	SECRETARIO GENERAL	obarros@emdupar.gov.co
3	7573747	ARMANDO JAIME VEGA MOLINA	JEFE GESTION JURIDICA	avega@emdupar.gov.co
4	49775391	BELCY PEDRAZA SANCHEZ	JEFE CONTROL INTERNO DE GESTIÓN	bpedraza@emdupar.gov.co
5	77193192	ANTONIO JOSE JAIME GARCIA	JEFE GESTIÓN DISCIPLINARIA	ajaime@emdupar.gov.co
6	77187612	ALVARO ENRIQUE ARAUJO PEÑA	JEFE GESTION DE PLANEACION	aaraujo@emdupar.gov.co
7	77031245	CRISTOVAL MAESTRE AMAYA	JEFE DIVISION GESTION INTEGRAL	cmaestre@emdupar.gov.co
8	1065654003	KARINA MURGAS SERJE	JEFE GESTION HUMANA	kmurgas@emdupar.gov.co
9	77013982	TITO MODESTO PUMAREJO HASBUN	JEFE GESTIÓN ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA	tpumarejo@emdupar.gov.co
10	84048569	FAUSE RIZCALA MUVDI	JEFE DIVISION DE SISTEMAS DE INFORMACION	frizcala@emdupar.gov.co
11	49765729	ALMA ROCIO PABA RAMOS	JEFE DIVISION CONTABILIDAD Y PRESUPUESTOS	apaba@emdupar.gov.co
12	77090961	JASSIR ENRIQUE ROJAS GIL	JEFE DIVISION DE TESORERIA	irojas@emdupar.gov.co
13	77090881	JAIRO RAFAE LMARTINEZ MOLINA	JEFE DIVISION DE ADMINISTRACION DE BIENES	jrmartinez@emdupar.gov.co
14	1026267510	JOSE DANIEL LAINO NIÑO	JEFE GESTION TECNICO OPERATIVA	jlaino@emdupar.gov.co
15	36573370	JENNY PATRICIA CASTRO GOMEZ	JEFE DIVISION DE MANTENIMIENTO DE REDES	jcastro@emdupar.gov.co
16	49608332	PAOLA VANESSA VELLILLA PEREZ	JEFE DIVISION DE PROYECTOS Y GESTION AMBIENTAL	pvellilla@emdupar.gov.co
17	77096865	LUIS EDUARDO SANTIAGO JACOME	JEFE DIVISION DE PRODUCCION	lsantiago@emdupar.gov.co
18	12436309	JAIME LUIS JARABA PUMAREJO	JEFE GESTION COMERCIAL	jaraba@emdupar.gov.co
19	50922291	ANA CAROLINA BERROCAL MENDEZ	JEFE DIVISION CONTROL COMERCIAL	aberrocal@emdupar.gov.co
20	1065611837	MIGUEL FRANCISCO MAESTRE GUERRA	JEFE DIVISION DE FACTURACION	mmaestre@emdupar.gov.co
21	15172696	CAMILO JOSE NAMEN VARGAS	JEFE DIVISION DE PETICIONES, QUEJAS, RECURSOS Y DE ATENCIÓN AL USUARIO	cnamen@emdupar.gov.co
22	1065578227	MIGUEL ELIAS BARRIGA GARCIA	JEFE DIVISION DE PERDIDAS COMERCIALES	mbarriga@emdupar.gov.co

Fuente: (Emdupar S.A. -E.S.P., 2022).

5.1.5. Planeación Estratégica

Entre los planes estratégicos de Emdupar destacan la determinación del plan maestro del acueducto y del alcantarillado.

El alcance del plan maestro de acueducto es la realización de las inversiones necesarias con base en los diseños formulados para mejorar y optimizar el tratamiento de agua, la conducción y la distribución del agua potable en la ciudad de Valledupar.

www.unicesar.edu.co

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia

El objetivo del alcance del plan maestro del alcantarillado sanitario, con base en los estudios y diseños definitivos es la ejecución de obras correspondientes a las ampliaciones y mejoras en las redes construidas, en los colectores principales, en los emisarios finales, en la ubicación de un nuevo sitio para la planta de tratamiento de aguas servidas y el mejoramiento de la actual laguna de estabilización. (Emdupar S.A. -E.S.P. , 2022).

Misión: Emdupar tiene como misión prestar servicios de acueducto y alcantarillado con productos y servicios de calidad, contribuyendo a la sostenibilidad Ambiental, Económica y social. (Emdupar S.A. -E.S.P., 2022).

Visión: Emdupar tiene como misión ser una empresa de servicios públicos líder en la región, competitiva y reconocida en los mercados nacionales, garantizando la sostenibilidad Ambiental, Económica y social. (Emdupar S.A. -E.S.P., 2022).

5.1.6. Política ambiental

Emdupar es una empresa que trabaja comprometida con la calidad, la excelencia en el servicio, la seguridad y la normatividad vigente; satisfaciendo las necesidades de los clientes, accionistas y comunidad, para contribuir a un desarrollo Ambiental, Económico y social sostenible. Asegurando la gestión transparente de sus procesos y la administración de los riesgos asociados con la prestación del servicio.

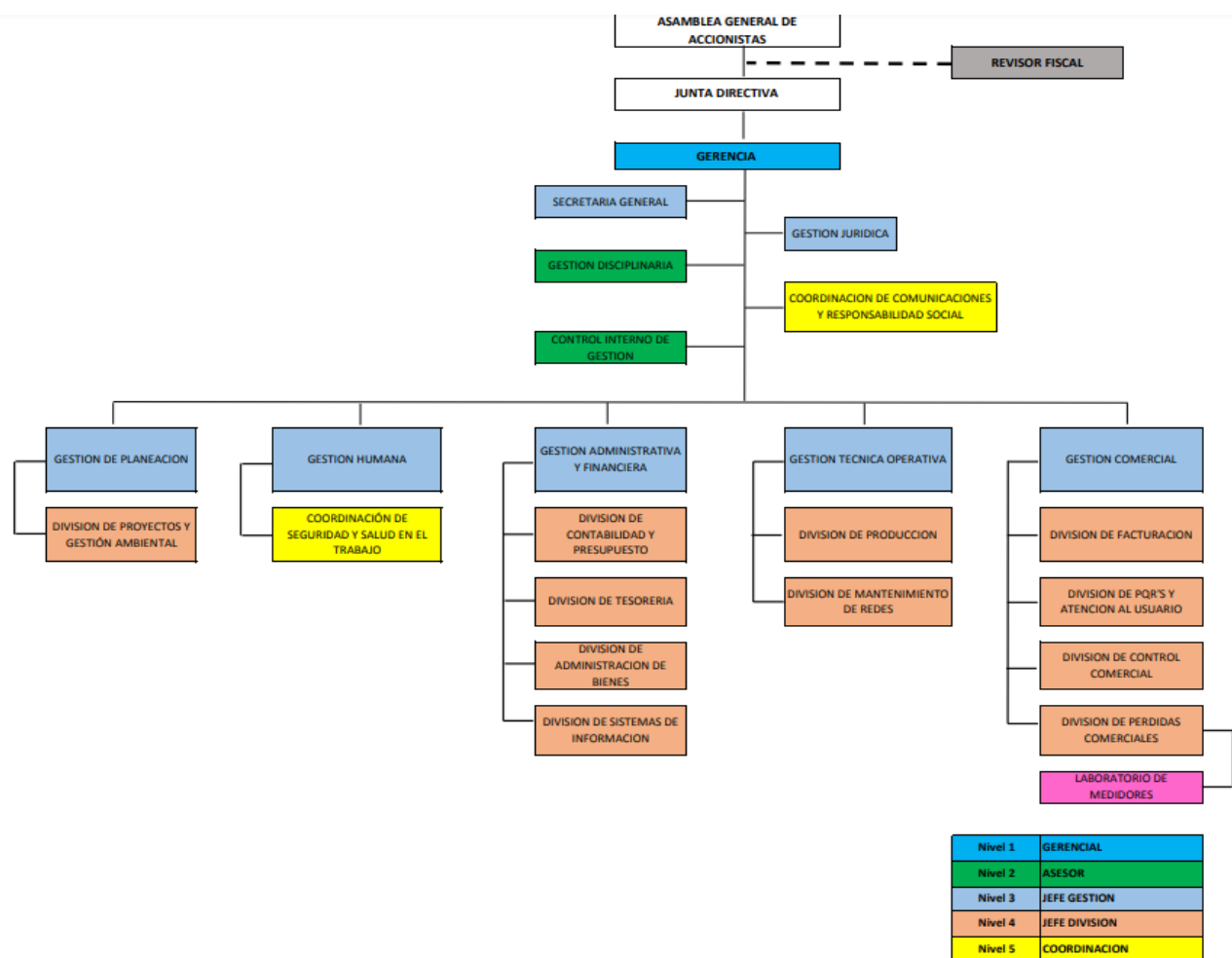
La entidad está comprometida con el desarrollo sostenible ambiental, Económico y social que satisface las necesidades del presente, protegiendo las generaciones futuras. Además de fomentar la cultura preventiva y de control sobre los eventos de seguridad industrial y de salud ocupacional de su personal, brindando un mejor entorno laboral. (Emdupar S.A E.S.P., 2022).

5.1.7. Política de calidad

EMDUPAR S.A. E.S.P. se compromete a mejorar la calidad de vida de los usuarios, cumplir con la normatividad legal vigente, velar por la calidad de la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado con responsabilidad social, mejora continua de los procesos, tecnología actualizada y personal competente para asegurar la sostenibilidad de la empresa. (Junta directiva EMDUPAR S.A. E.S.P., 2020).

5.1.8. Organigrama

Figura 3. Organigrama de Emdupar.



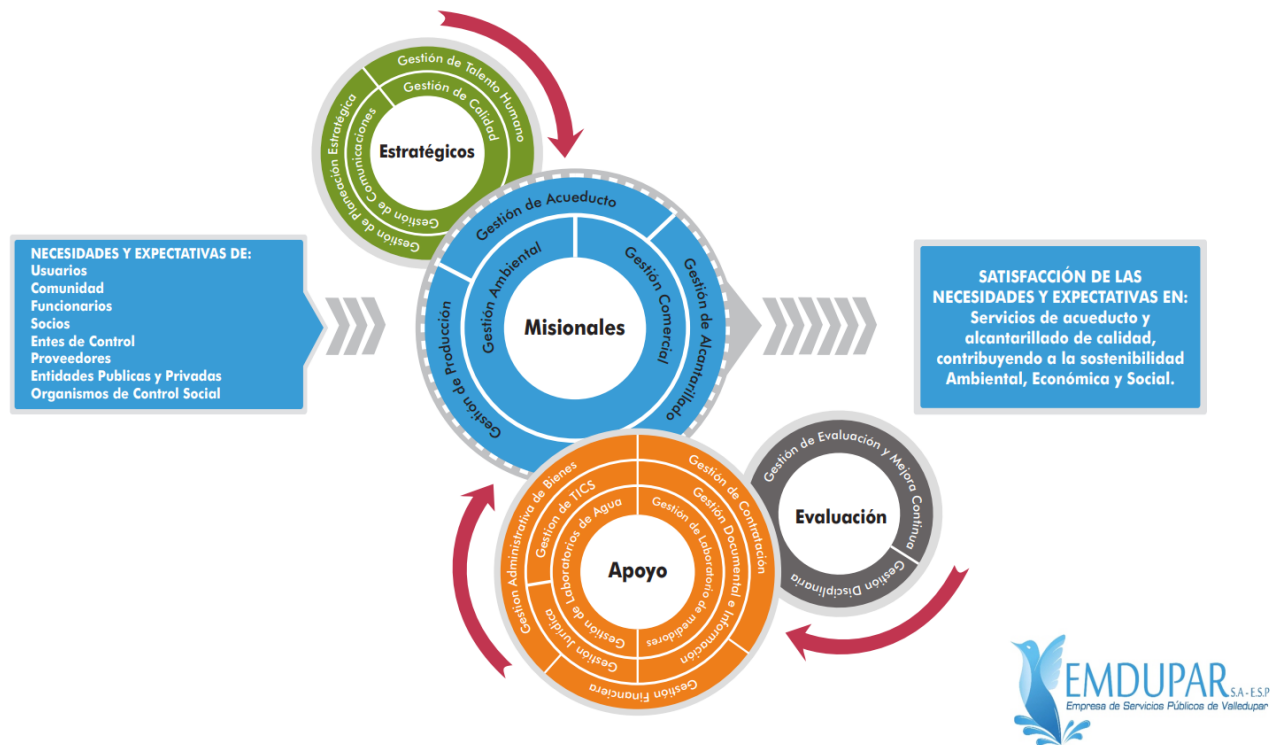
Fuente: (Emdupar S.A E.S.P, 2018).

www.unicesar.edu.co

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia

5.1.9. Mapa de procesos

Figura 4. Mapa de procesos de Emdupar.



Fuente: (Emdupar S.A E.S.P, 2020)

5.2. MARCO CONTEXTUAL

Las demarcaciones de espacio geográfico dentro del cual tendrá lugar la práctica, se encuentran ubicadas en la planta de tratamiento de agua potable de Valledupar, correspondiente a la empresa de servicios públicos y saneamiento de EMDUPAR S.A. E.S.P.

La planta de tratamiento de EMDUPAR S.A. E.S.P. se encuentra localizada geográficamente en las coordenadas: Latitud 10° 30' 15" N y longitud 73° 17' 07" W.

Cabe destacar que en dicho espacio geográfico se encuentran ubicadas las dos plantas de tratamiento, la planta de Huaricha y la de Gota fría, y cuenta con coordenadas geográficas aproximadamente iguales. Las practicas académicas se están ejecutando en toda el área correspondiente a las dos plantas de tratamiento.

Figura 5. Localización de la Planta de Tratamiento de Emdupar.



Fuente: (Google Earth, 2022)

Figura 6. PATP Huaricha.



Fuente: (Google Earth, 2022)

Figura 7. PTAP Gota Fría.



Fuente: (Google Earth, 2022)



5.3. MARCO CONCEPTUAL

Alcalinidad: la alcalinidad del agua es su capacidad de neutralizar ácidos, y es la suma de todas las bases titulables; el valor medido puede variar significativamente con el pH de punto final empleado. Debido a que la alcalinidad de muchas aguas superficiales es primariamente una función del contenido de carbonato, bicarbonato e hidróxido, se toma como un indicador de la concentración de estos constituyentes. (IDEAM, 2005).

Coagulante: son materiales químicos que se adicionan al agua para lograr la descarga de todas las partículas coloidales dando origen a la formación de medios más grandes (flóculos), que sedimentan más rápidamente (Cogollo Flórez , 2010).

Color aparente: es el que depende, además de las partículas disueltas en el agua, de las partículas en suspensión. Estas últimas son las responsables de la turbidez del agua. (HANNA Instruments, 2019).

PH: es una medida que indica la acidez o la alcalinidad del agua. Se define como la concentración de iones de hidrógeno en el agua. La escala del pH es logarítmica con valores de 0 a 14. Un incremento de una unidad en la escala logarítmica, equivale a una disminución diez veces mayor en la concentración de iones de hidrógeno. (Water Boards , 2016).

Temperatura del agua: es una medida de la energía cinética interna media de las moléculas que integran el agua. Esta energía cinética se manifiesta en forma de agitación térmica, que resulta de la colisión entre las moléculas que forman el agua. (Universidad Complutense Madrid , 2015).

Turbiedad: también denominada como turbidez, es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez. (Induanalisis, 2019).

5.4. MARCO LEGAL

Tabla 3. Normativa Agua potable.

TEMÁTICA	NORMA	CONTENIDO
AGUA	Constitución Política Nacional	Establece que toda persona tiene derecho al acceso universal y equitativo a los servicios básicos de agua potable apta para consumo.
	Ley 99 de 1993	Establece en cabeza de las autoridades ambientales regionales, la responsabilidad de hacer seguimiento ambiental del uso del agua.
	Ley 142 de 1994	Establece la competencia de los municipios para asegurar la prestación eficiente de los servicios públicos domiciliarios.
	Ley 1955 de 2019 (Plan Nacional de Desarrollo 2018 - 2022)	Por la cual se expide el programa Pacto por la calidad y eficiencia de servicios públicos, para promover la competitividad y el bienestar de todo. A su vez, estableciendo el programa Agua limpia y saneamiento básico adecuado, hacia una gestión responsable, sostenible y equitativa.
	Decreto 1594 de 1984	Uso del Agua y residuos Líquidos.
	Decreto 475 de 1998	Por el cual se expiden normas técnicas de calidad de aguas.
	Decreto para el monitoreo y seguimiento del agua del IDEAM 2007	Monitoreo y seguimiento del agua a través de los indicadores del agua, de tal manera que las decisiones del gobierno nacional, departamental y local se realicen con soporte en datos desde su origen, logrando una mejor descripción del estado y proyecciones de los recursos hídricos.
	Decreto 1575 de 2007	Sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear y controlar riesgos para la salud causados por su consumo.
	Decreto 3930 del 2010	Usos del agua y residuos líquidos.
	Decreto 1575 del 2015	Establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.
	Decreto 1076 del 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
	Resolución 1096 de 2000	Fija criterios técnicos para el desarrollo de proyectos de saneamiento básico en todas y cada una de sus fases.
	Resolución 2115 del 2007	Por el cual se complementa el decreto 1575 de mayo del 2007

Fuente: (Ministerio de medio ambiente , 2017).

www.unicesar.edu.co

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia

Tabla 4. Normativa entidades.

TEMÁTICA	NORMA	CONTENIDO
ENTIDADES	Resolución 1391 de 2015	Por medio de la cual se aprueba el programa de uso eficiente y ahorro del agua de la empresa de servicios públicos de Valledupar EMDUPAR S.A E.S.P.
	Plan de desarrollo municipal Valledupar – Cesar 2020 – 2023.	Establece el programa oportunidad de servicios públicos para todos, donde se expide el subprograma oportunidades de servicios de acueducto y alcantarillado de manera permanente y eficiente, con el fin de Optimizar el sistema de tratamiento de agua potable.



6. ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA PRACTICA

6.1. CAMPO DE APLICACIÓN DE LA PRACTICA

El campo de aplicación de la presente practica académica se llevará a cabo en la planta de tratamiento de la empresa de servicios públicos Emdupar. Cabe destacar que este informe es adoptado por la línea de investigación Sostenibilidad y Gestión Ambiental la cual se encuentra adscrita al programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la facultad de Ingenierías y tecnologías en la Universidad Popular del Cesar, ubicándose específicamente en la sub línea de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH).

6.2. FUNCIONES ESPECÍFICAS A DESARROLLAR

Las funciones específicas a desarrollar correspondientes a los objetivos y alcances a desarrollar en este informe de practica académica son:

- Apoyo en la realización de pruebas de jarras para determinar las dosis de coagulantes ideales.
- Apoyo en la caracterización de parámetros fisicoquímicos de agua cruda y potable en la PTAP.
- Apoyo en el aforo de medición de dosis de coagulante.
- Apoyo en los chequeos de calidad de agua en los puntos de muestreo alrededor de la ciudad.
- Apoyo en la determinación del porcentaje de alúmina del coagulante y su densidad.
- Apoyo en la limpieza de filtros y sedimentadores.
- Apoyo en la esterilización de material de laboratorio.
- Entre otras funciones en específico.

6.3. RESPONSABLE DE LA SUPERVISIÓN EN LA EMPRESA

El responsable de la supervisión en la empresa, quien estará a cargo de las realizaciones practicas es el ingeniero químico Luis Eduardo Santiago Jácome quien es el jefe de la división de producción.

El ingeniero Luis cuenta con una experiencia de 6 años en el área de producción en los cuales todo este tiempo ha sido el jefe de la división de producción, cabe destacar que su título profesional lo

obtuvo en la Universidad de las Américas en Bogotá. Tiene una maestría en energías renovables y a lo largo de su carrera ha desempeñado funciones de supervisor de laboratorio, analista de parámetros fisicoquímicos, lo cual lo acredita como una persona capacitada y con muchas experiencias en diferentes ámbitos profesionales como lo son el ámbito ambiental, de saneamiento, industrial y el químico, al ser su área de mayor influencia.

6.4. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRATEGIAS, MÉTODOS, TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS

El desarrollo del proyecto se llevará a cabo según el mismo orden en el que se encuentran estipulados los objetivos planteados, formulando una etapa para cada objetivo donde se plantean las actividades para el cumplimiento de estos.

Etapa 1:

- Caracterizar los parámetros fisicoquímicos (Temperatura, Alcalinidad, pH, Color y Turbiedad) de las aguas del río Guatapurí en su ingreso a las plantas de tratamiento de Huaricha y de Gota fría en EMDUPAR E.S.P. - S.A.
 - Actividad 1.1: Revisión del registro histórico de la caracterización fisicoquímica del agua en Emdupar y su relación con el coagulante.

Se utilizarán los documentos de registros históricos donde destacan, los registros de pruebas de jarras, registro de la caracterización fisicoquímica del agua cruda y potable y registros de determinación de % de alúmina entre otros documentos.

Una vez realizados la revisión histórica se procede a establecer el cruce de variables, donde se vea la relación existente entre los parámetros conjuntamente e individualmente con el coagulante policloruro de aluminio.

- Actividad 1.2: Toma y caracterización de muestras de aguas

El muestreo se realizará de forma manual, mediante un recipiente plástico con capacidad de 1 Litro. El recipiente se sumerge en el agua cruda a la entrada de la PTAP, se llena todo y se tapa.

Luego se procede a realizar la caracterización inmediatamente en el laboratorio de la planta de tratamiento, con el fin de determinar los parámetros fisicoquímicos con los que cuenta el agua.

Se determinarán los parámetros como Temperatura, Alcalinidad, pH, color y Turbiedad, relevantes para la coagulación. Cabe destacar que este proceso se llevara de forma repetida durante al menos 2 meses, donde se evaluaran los parámetros encontrados en el agua, a diferentes horas del día y con tiempo climático variado.

Tabla 5. Determinación de Parámetros Fisicoquímicos.

PARÁMETRO	INDICADOR	MÉTODO	PRINCIPIO DEL MÉTODO	UNIDAD DE MEDIDA
Turbidez	Obstrucción óptica a la luz	Método turbidimétrico Hellige	El método Hellige está basado en la comparación de la intensidad de la luz dispersada a 90 o por la muestra, bajo condiciones definidas, contra la intensidad de la luz dispersada por una suspensión estándar de referencia	NTU (unidades Nefelométricas de Turbidez)
Alcalinidad	Alcalinidad Total, Indicador Mixto	Método volumétrico con H ₂ SO ₄	Los iones hidróxido presentes en una muestra de agua son neutralizados por titulación con un ácido estándar, dependiendo la alcalinidad del pH escogido.	ppm CaCO ₃
Color	Haz de luz con una longitud de onda única	Espectrofotómetro	Se determina en la muestra original sin filtrarse ni centrifugarse, introduciendo una celda de cuarzo en el espectrofotómetro.	UPC (Unidades de platino cobalto)
PH	Concentración de hidrogeniones.	PH – metro	El principio básico de la medida electrométrica del pH se fundamenta en el registro potenciométrico de la actividad de los iones hidrógeno por el uso de un electrodo de vidrio y uno de referencia.	Intensidad de la condición ácida o alcalina de una solución.
Temperatura		PH metro	Los PH – metros sirven para la medición de la temperatura. Al conectarlos se realiza una auto verificación para garantizar la precisión de medición.	Grados centígrados

Etapa 2:

- Evaluar la efectividad del coagulante policloruro de aluminio (con densidad y concentración específica) y su reacción en el agua del río Guatapurí con diferentes parámetros fisicoquímicos.

- Actividad 2.1: Determinar las diferentes concentraciones y las densidades del coagulante empleado.

Se determinará el porcentaje de alúmina del coagulante que se procederá a suministrar al agua a tratar. Para esto se verificará la información proporcionada por el distribuidor del policloruro de aluminio para mirar que porcentaje de alúmina y que densidad con la que cuenta el coagulante, además, para corroborar se determinaran dichos parámetros.

- Actividad 2.2: Realizar múltiples pruebas de jarras

Se realizarán numerosas pruebas de jarras con el fin de determinar las dosis de coagulante ideales para tratar un determinado tipo de agua con parámetros fisicoquímicos en específico.

Las muestras de agua a las cuales se le procederá a determinar las pruebas de jarras, se tomarán a lo largo de 3 meses. Se pretende tomar el agua del río Guatapurí con diferentes características presentadas en un día determinado, donde existan variaciones en el clima, en la hora de la toma y sobre todo que se evidencien los parámetros fisicoquímicos con valores de turbiedad, alcalinidad, temperatura y color diferente. Esto con la finalidad de obtener resultados variados, además de evaluar los parámetros fisicoquímicos encontrados y su relación con el coagulante, con el objetivo de identificar las dosis del PAC que mejor reaccionan con un agua con parámetros diferentes.

Las pruebas de jarras determinadas, se irán registrando en una plantilla donde se evidencien los parámetros fisicoquímicos antes y después de la aplicación del coagulante. Además, se pretende identificar la mayor formación de floc, mediante la dosis ideal.

Tabla 6. Plantilla de prueba de jarras.

FECHA Y HORA				AGUA CRUDA				DOSIS EN LAS DIFERENTES JARRAS						DOSIS OPTIMA			
HORA	DÍA	MES	AÑO	TURB (NTU)	pH	ALK	T(°C)	Vn°1	Vn°2	Vn°3	Vn°4	Vn°5	Vn°6	ppm	pH	ALK	TURB (NTU)
Densidad Coagulante (g/ml):				Color: (UPC)		Turbiedad NTU:											



Etapa 3:

- Diseñar una tabla de rangos basados en la dosificación del coagulante y los parámetros fisicoquímicos relevantes en el tratamiento del agua potable del río Guatapurí en Valledupar – César.

- Actividad 3.1: Establecer la relación entre los parámetros fisicoquímicos del agua, el % de alúmina y la densidad con la que cuenta el coagulante.

Se procede a identificar la relación existente entre el % de alúmina y la densidad del coagulante con los parámetros del agua, donde se establezca a partir de qué porcentaje se obtiene una mayor remoción de la turbiedad en las aguas del río Guatapurí, además de identificar que parámetros y en qué medidas ven desequilibrada dicha remoción.

- Actividad 3.2: Diseño de la tabla de rangos basados en el estudio realizado.

Una vez determinadas los rangos de dosis ideales para tratar agua cruda del río Guatapurí con determinados parámetros fisicoquímicos específicos, se procede a realizar la tabla de rangos.

La cual se realizará donde se especifiquen los rangos de dosis ideales y los rangos de parámetros fisicoquímicos evaluados (turbiedad, color, PH, alcalinidad y temperatura).



7. CRONOGRAMA

Tabla 7. Tabla cronograma de actividades.

Fases	Actividades	Cronograma (En meses y semanas)																											
		2022																											
		Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre							
		S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4
Fase 1	Revisión de registro histórico de la caracterización fisicoquímica del agua en Emdupar.																												
	Caracterizar el agua entrante durante varias semanas en las plantas de tratamiento de Emdupar.																												
	Determinar las diferentes concentraciones y las densidades del coagulante empleado.																												
Fase 2	Establecer la relación entre los parámetros fisicoquímicos del agua, el % de alúmina y la densidad con la que cuenta el coagulante.																												
	Diseño de la tabla de rangos basados en el estudio realizado.																												
	Suministrar la tabla a los operadores y supervisores de la planta de tratamiento.																												

8. PRESUPUESTO

8.1. PRESUPUESTO DETALLADO POR ÍTEM DE COSTOS

Tabla 8. Presupuesto recurso humano.

Ítem	Código	Descripción	Cantidad	Unidad	Tiempo	Tasa de Utilización	Valor Unitario	Valor Total
1.1	RH	Director de informe	1	Valor/ Mes	5	10%	\$1.000.000	\$ 500.000
1.2		Asesor Técnico	1	Valor/ Mes	3	5%	\$ 800.000	\$ 120.000
1.3		Estudiante de ING. Ambiental	1	Valor/ Mes	5	100%	\$ 800.000	\$ 4.000.000
<i>SUBTOTAL</i>								\$ 4.620.000

Fuente: (Rolando Daza, 2022).

8.2. COSTOS LOGÍSTICOS

Tabla 9. Presupuesto costos logísticos

Ítem	Código	Descripción	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Valor Total
2.1	LOG	Transporte a la PTAP	100	Pasaje/ persona ida y vuelta	\$ 10.000	\$ 1.000.000
<i>SUBTOTAL</i>						\$ 1.000.000

Fuente: (Rolando Daza, 2022).

8.3. COSTOS INSUMO

Tabla 10. Presupuesto costos de insumo.

Ítem	Código	Descripción	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Valor Total
3.1	PAP	Papelería	1	Global	\$ 300.000	\$ 300.000
3.2		Lapiceros	2	Caja	\$ 5.000	\$ 10.000
3.3		Internet	1	Global	\$ 100.000	\$ 100.000
3.4		Impresiones	1	Global	\$ 300.000	\$ 300.000
SUBTOTAL						\$ 710.000

Fuente: (Rolando Daza, 2022).

8.4. COSTOS DE MATERIALES

Tabla 11. Presupuesto costos de materiales y equipos.

Ítem	Código	Descripción	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Valor Total
4.1	MATE	Análisis de laboratorio	2	Global	\$ 800.000	\$ 1.600.000
4.2		Compuestos químicos (reactivos, indicadores y coagulante).	15	Global	\$ 100.000	\$ 1.500.000
4.3		Beackers	5	Global	\$ 15.000	\$ 75.000
4.4		Probeta	1	Unidad	\$ 50.000	\$ 50.000
4.5		Balanza	1	Unidad	\$ 60.000	\$ 60.000
4.6		Erlenmeyer	5	Unidad	\$ 60.000	\$ 300.000
4.7		Envases para las muestras	3	Unidad	\$ 1.000	\$ 3.000
4.8		Pipetas	2	Unidad	\$ 20.000	\$ 40.000
4.9		Papel filtro	1	Global	\$ 25.000	\$ 25.000
4.10		Elementos de protección (Bata, guantes, tapabocas, gafas).		Global	\$ 115.000	\$ 115.000
SUBTOTAL						\$ 3.768.000

Fuente: (Rolando Daza, 2022).

8.5. PRESUPUESTO GLOBAL

Tabla 12. Presupuesto global.

Ítem	Código	Descripción	Valor Total
1	RH	Recurso Humano	\$ 4.620.000
2	LOG	Logística	\$ 1.000.000
3	PAP	Insumos	\$ 710.000
4	MATE	Materiales	\$ 3.768.000
		Total	\$ 10.098.000
		Imprevistos (10%)	\$ 1.009.800
		Gran Total	\$ 11. 107.800

Fuente: (Rolando Daza, 2022).



9. PRODUCTOS, INDICADORES Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Etapa 1:

- Caracterizar los parámetros fisicoquímicos (Temperatura, Alcalinidad, pH, Color y Turbiedad) de las aguas del río Guatapurí en su ingreso a las plantas de tratamiento de Huaricha y de Gota fría en EMDUPAR E.S.P. - S.A.
 - Actividad 1.1: Revisión del registro histórico de la caracterización fisicoquímica del agua en Emdupar y su relación con el coagulante.

Se revisó el registro histórico de pruebas de jarras en la planta de tratamiento, tomando como base los documentos de ensayo de jarras redactados a lo largo de todo el año 2021 y mediados del 2022, en donde se pudo evidenciar la entrada de aguas con diferentes valores permisibles de parámetros fisicoquímicos entrantes en la planta. Esto sirvió para identificar que los parámetros más relevantes para tener en cuenta al momento de determinar la dosis de coagulante para el proceso de coagulación, son la alcalinidad, la turbiedad y el color aparente del agua, principalmente, pero también juegan un papel importante, aunque en menor medida, el PH y la temperatura. (Barrenechea Martel, 2005).

En los respectivos análisis se evidencio que, en muchas ocasiones, en turbiedades menores a 50 NTU la alcalinidad y la dosis optima son directamente proporcional, es decir si la alcalinidad del agua aumenta, la dosis también aumenta, de igual manera si la alcalinidad disminuye, la dosis de coagulante también tiende a disminuir. Por su parte en turbiedades mayores a 60 o 70 NTU se determinó que la relación anteriormente planteada no aplica siempre y por ende no tiene relevancia en esos casos, por el contrario, en algunas ocasiones ocurre lo contrario, es decir, si la alcalinidad aumenta la dosis optima tiende a disminuir, siempre y cuando el color aparente disminuya.

En aguas con turbiedades menores a 1000 NTU, generalmente, cuando la alcalinidad aumenta y el color aparente aumenta, tiende a suceder que la dosis optima determinada por la prueba de jarras también aumenta, de igual manera ocurre en caso contrario cuando la alcalinidad baja y el color también baja, pues la dosis de coagulante bajara en partes por millón. Por lo tanto, se puede decir que bajo temperaturas de 22° C y 26 °C la anterior relación es muy probable que suceda.

Durante la revisión de pruebas de jarras se determinó que en aguas con parámetros fisicoquímicos iguales o similarmente cercanos en valor (como alcalinidad, color aparente, turbiedad) cuando el PH desciende en 0.9 (por ejemplo, que pase de 7.91 a 7.01) la dosis optima decretada por la prueba de jarras tiende a aumentar en aproximadamente 5 ppm. (Prodetecs, 2019).

En el respectivo estudio se observó que con el policloruro de aluminio es más complejo para tratar aguas con turbiedades bajas. (Cinética Química, 2019). Esto se debe a que, en la coagulación del agua, el coagulante reacciona para formar precipitados hidróxidos insolubles. Los iones H⁺ originados reaccionan con la alcalinidad del agua y, por tanto, la alcalinidad actúa como buffer del agua en un intervalo de pH en el que el coagulante puede ser efectivo. Por consiguiente, para que ocurra una coagulación completa y efectiva es necesario un exceso de alcalinidad. (Murillo, 2011). De igual manera hay que destacar que el policloruro de aluminio es efectivo tanto para aguas con turbiedades bajas como para aguas con turbiedades altas, aun así, en estas últimas hay mayor eficacia. (Vanegas & López, 2020).

Tabla 13. Registro Prueba de jarras.

FECHA Y HORA				AGUA CRUDA				DOSIS EN LAS DIFERENTES JARRAS						DOSIS OPTIMA				RESPONSABLE
HORA	DÍA	MES	AÑO	TURB (NTU)	pH	ALK	T(°C)	Vn°1	Vn°2	Vn°3	Vn°4	Vn°5	Vn°6	ppm	pH	ALK	TURB (NTU)	FIRMA
06:15 am	20	04	2022	188	7.55	24	22.6	15	20	25	30	35	-	35	7.27	20	8.18	Analista: Milena Castillo
Densidad Coagulante (g/ml): 1.31				Color: 1535 (UPC)	Turbiedad NTU:		FR	FR	27.8	4.2	3.18	-	Operador:					
23:30 pm	20	04	2022	483	7.63	16	21.8	10	15	20	25	30	-	25	7.08	12	3.50	Analista: Rafael Solano
Densidad Coagulante (g/ml): 1.31				Color: 2736 (UPC)	Turbiedad NTU:		136	96.7	12.1	3.50	4.32	-	Operador:					
07:15 am	21	04	2022	69.4	7.61	17	20.5	15	20	25	30	35	-	30	7.11	13	2.41	Analista: Milena Castillo
Densidad Coagulante (g/ml): 1.31				Color: 488 (UPC)	Turbiedad NTU:		FR	67.0	4.70	2.41	56	-	Operador:					
01:30 pm	21	04	2022	30.6	7.97	18	21.0	10	15	20	25	30	-	25	7.22	14	2.0	Analista: Milena Castillo
Densidad Coagulante (g/ml): 1.31				Color: 272 (UPC)	Turbiedad NTU:		98	35	5.7	2.0	FR	-	Operador:					
20:00 pm	21	04	2022	139	7.55	21	22.4	15	20	25	30	35	-	20	7.22	19	2.10	Analista: Eliecer Cayón
Densidad Coagulante (g/ml): 1.31				Color: 869 (UPC)	Turbiedad NTU:		4.7	2.10	3.53	5.0	9.11	-	Operador:					

Fuente: (Emdupar, 2022)

La tabla anterior hace referencia al formato de registro de prueba de jarras donde se anotan los resultados obtenidos del ensayo, además se puede evidenciar un claro ejemplo de lo variado que son los parámetros fisicoquímicos al largo de un día en su llegada a la planta de tratamiento de agua potable.

www.unicesar.edu.co

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia

- Actividad 1.2: Toma y caracterización de muestras de aguas

Se realizaron caracterizaciones a muestras de agua a lo largo de más de 4 meses, casi a diario y con diferentes tiempos climáticos, lo cual favorece a la variación en las propiedades fisicoquímicas del agua del río Guatapurí. La caracterización fue realizada casi todos los días, durante cada 2 hora por un lazo de 8 horas diarias. Por lo cual en promedio se hacían 4 caracterizaciones por día. Los parámetros a caracterizar son el PH, la temperatura, la alcalinidad, el color aparente y la turbiedad. Las caracterizaciones demuestran lo establecido en el registro histórico de pruebas de jarras, donde se observa que la turbiedad del agua en más del 60 % de las veces el agua ingresa a la planta de tratamiento con una turbiedad menor a 100 NTU.

La alcalinidad suele ser el parámetro fisicoquímico volumétrico más importante en el proceso de coagulación debido a que es necesario que el agua contenga una concentración de alcalinidad adecuada (Murillo, 2011). En la PTAP se presentan alcalinidades de 12 a 35 ppm de CaCO_3 .

El color aparente del agua al ir relacionado directamente con la turbiedad, en muchas ocasiones tiende a ser directamente proporcional, pero no siempre porque se presentan casos donde a mayor turbiedad hay un color aparente por debajo del esperado, aunque generalmente en la entrada de la planta de tratamiento el color es menor a 800 UPC. (HANNA Instruments, 2019).

Según múltiples caracterizaciones fisicoquímicas hay que resaltar que generalmente el agua del río Guatapurí es bastante neutral, en el 90 % de las veces se encuentra en el rango de 7 de PH (Entre 7.00 – 7.99) y escasas veces baja o sube ese valor, razón por la cual la variación del PH del río Guatapurí a la hora de identificar la dosis óptima casi siempre no afecta el proceso.

En el caso de la temperatura si afecta el proceso de coagulación directamente, debido a que un agua a tratar con respectivos parámetros, el proceso será más rápido y eficiente cuando la temperatura es mayor o igual a 23°C , esto debido a que el aumento de la temperatura favorece la reacción entre el policloruro de aluminio y el agua, ya que se da más rápido la formación de floc. Por su parte temperaturas más bajas desaceleran en parte la reacción. Cabe destacar que el policloruro de aluminio maneja un buen rango de temperaturas para tener mayor o menor eficacia, y dicho rango esta entre 20°C y 28°C . En el río Guatapurí generalmente se da un rango de temperaturas entre 20°C y 25°C . (Pérez & Urrea, 2011).

Etapa 2:

- Evaluar la efectividad del coagulante policloruro de aluminio (con densidad y concentración específica) y su reacción en el agua del río Guatapurí con diferentes parámetros fisicoquímicos.
 - Actividad 2.1: Determinar las diferentes concentraciones y las densidades del coagulante empleado.

Durante el análisis de prueba de jarras se observó una mayor eficacia y a menor proporción en el Policloruro de aluminio con una densidad mayor o igual a 1.32 mg/L. De igual manera y de fundamental relevancia se observa que cuando el PAC tiene un porcentaje de alúmina mayor a 21 % se necesita menor dosis de coagulante y se observa una mayor remoción de turbiedad y de color aparente. (EPM, 2017).

Tabla 14. Registro Control de calidad Coagulante.

FECHA	18 – 05 – 2022	NOMBRE DEL COAGULANTE	PAC liquido
LOTE	1709318 T4	PRODUCIDO POR	Hllesing Industries
APARIENCIA	Liquida Ámbar	CANTIDAD (Kg)	
ANALISIS FISICO-QUIMICOS			
	REPORTADO POR FABRICANTE	ANALISIS DEL LABORATORIO	
DENSIDAD (mg/L)	1.35	1.33	
% ALUMINA (AL2O3)	20.61	19.81	
TURBIEDAD (NTU)	NR	64.7	

PRODUCTO CONFORME: X PRODUCTO NO CONFORME:

+

OBSERVACIONES:

□

Fuente: (Emdupar, 2022)

La tabla anterior evidencia la determinación del análisis de laboratorio del policloruro de aluminio con el fin de verificar el porcentaje de alúmina y densidad del coagulante. Para esto se comparan los datos proporcionados por el proveedor y el análisis de laboratorio, y se verifica con mayor exactitud la pureza del coagulante.

Se estudió el policloruro con una densidad bastante baja, equivalente a 1.24 mg/L y un porcentaje de alúmina de 15 %, y prácticamente no era viable ni considerable para el proceso de coagulación, porque había que aplicar dosis altísimas y a muy baja eficacia relativamente.

Los datos estudiados en el coagulante que presentaban un porcentaje de alúmina menor al 18 % evidenciaban que las dosis óptimas de coagulantes eran altísimas, es decir se necesitaba agregar muchísimo coagulante, y en muchas ocasiones no se removía el porcentaje de turbiedad deseada. Por lo tanto, comparando aguas con parámetros fisicoquímicos similares o iguales, se observaba que cuando el coagulante tenía una densidad igual o mayor a 1.32 mg/L y un porcentaje de alúmina igual o mayor al 20 %, se remueve la turbiedad del agua de forma eficaz y en muchas ocasiones agregando dosis de coagulante relativamente bajas o adecuadas para el agua con parámetros fisicoquímicos determinados. Mientras que cuando el policloruro de aluminio tiene una densidad menor a 1.29 mg/L, y un porcentaje de alúmina menor a 18 % generalmente se necesita agregar mucho más coagulante al agua con el fin de remover una turbiedad y color aparente determinado, y en muchas ocasiones la remoción no es la esperada. (EPM, 2017).

En los respectivos análisis se observó que la concentración del coagulante es de vital importancia a la hora de tratar el agua (EPM, 2017). Por ende, es fundamental siempre establecer que para el presente trabajo que tiene como finalidad una tabla de rangos, se requieren los parámetros de coagulante anteriormente mencionados con el fin de obtener mayor precisión y una mayor efectividad a la hora de utilizar las dosis por parámetros establecidos.

- Actividad 2.2: Realizar múltiples pruebas de jarras

Se realizaron múltiples pruebas de jarras en aguas con parámetros fisicoquímicos diferentes, en días diferentes con tiempos climáticos variados a lo largo de más de 3 meses, lo cual llevo a determinar múltiples valores de dosis óptimas de coagulante, policloruro de aluminio, para remover el mayor porcentaje de turbiedad.

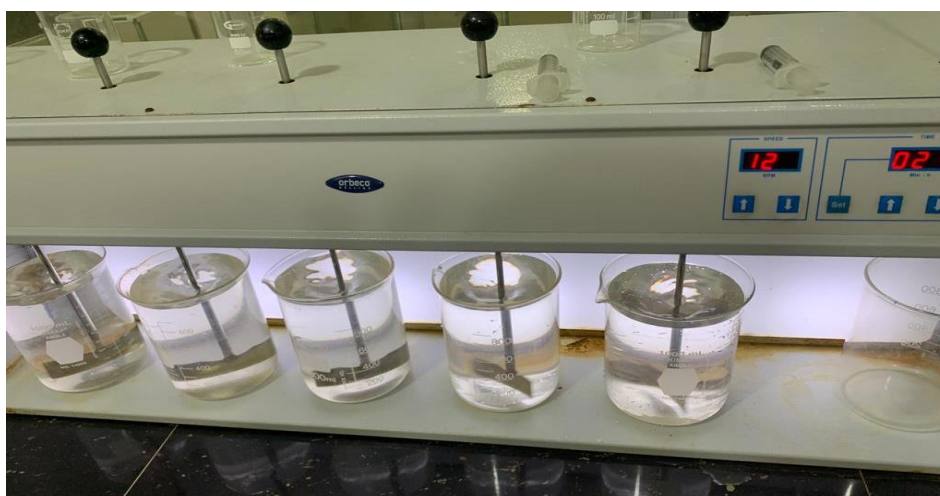
Durante la realización de pruebas de jarras se evidencio que los parámetros más importantes al momento de tratar el agua cruda con policloruro de aluminio, son la alcalinidad, la turbiedad y el color aparente, principalmente. Esto debido a que son los tres parámetros fisicoquímicos que más influyen en la cantidad de dosis de coagulante que se pretende aplicar. (Barrenechea Martel, 2005).

En las pruebas de jarras realizadas destaca como el policloruro en turbiedades altas, es sumamente efectivo hasta el punto de remover el 99 % de turbidez en aguas con más de 500 NTU, por su parte en aguas de turbiedades de 10 a 20 NTU los parámetros anteriormente influyen exponencialmente, hasta el punto que se logran obtener dosis optimas pero que remueven un 80 % de la turbiedad en los mejores casos, que no son la mayoría de las veces. (Cinética Química, 2019). Esto se debe a que, en turbiedades bajas, existe baja existencia de coloides lo cual conlleva a que se de la formación de un floc bastante menudo, ya que la atracción entre coloides es menor y no se forman un floc sustancioso más fácil de sedimentar. (Barrenechea Martel, 2005).

Generalmente las dosis optimas aplicada a las pruebas de jarras iban determinadas de 5 en 5 ppm por millón, es decir se aplicaban dosis de 10, 15, 20 ppm y así sucesivamente en 5 o 6 vasos de precipitados o beakers de 1 L de agua cruda. Aunque en algunas ocasiones debido al no obtener una dosis optima viable, se repetía el proceso con dosis más pequeñas, para obtener mayor exactitud.

Un dato a tener en cuenta y resaltar es que cada prueba de jarras en promedio demora 30 minutos, razón por lo cual en aguas a la entrada a la planta de tratamiento que cambian drásticamente de una hora a otra, es muy tedioso ejecutarlas constantemente, razón por la cual la tabla de rangos ahorra tiempo y establece resultados aceptables.

Figura 8. Ensayo de prueba de jarras en el laboratorio de Emdupar.



La figura anterior es el equipo de ensayo de jarras donde se realizan todos los ensayos de dosificación en el laboratorio.

Etapa 3:

- Diseñar una tabla de rangos basados en la dosificación del coagulante y los parámetros fisicoquímicos relevantes en el tratamiento del agua potable del río Guatapurí en Valledupar – César.
 - Actividad 3.1: Establecer la relación entre los parámetros fisicoquímicos del agua, el % de alúmina y la densidad con la que cuenta el coagulante.

Una vez analizado el registro histórico de prueba de jarras, la realización de múltiples pruebas de jarras a lo largo de 5 meses y la caracterización de variadas muestras de aguas en el mismo plazo de tiempo, da como base los datos necesarios para establecer la relación entre el coagulante y los parámetros fisicoquímicos del agua de la planta de tratamiento de Emdupar.

En relación al coagulante y los parámetros fisicoquímicos del agua cruda se observó que en todos los casos el porcentaje de alúmina mayor a 20 % y una densidad de coagulante mayor a 1.31 mg/L es eficaz para remover cualquier rango de turbiedad y color aparente. (EPM, 2017).

Por ende, cuando el PAC está por debajo de estas especificaciones resulta ser eficaz solo en aguas con turbiedades altas, mientras que a bajas turbiedades (< 30 NTU) el exceso de coagulante que toca aplicar no resulta tan eficaz, por lo tanto, se desperdicia demasiado producto en comparación con un porcentaje de alúmina y una densidad óptima, sin olvidar que cuando el agua tiene turbiedades bajas, el policloruro se limita un poco para tratar el agua, no porque no sea efectivo si no porque no tiene la misma facilidad como con turbiedades altas. (Cinética Química, 2019).

En la tabla de rangos toman mayor relevancia la turbiedad, el color aparente y la alcalinidad, aun mismo nivel de importancia y en menos medida la temperatura y el PH, teniendo en cuenta que este último parámetro se mantiene en un rango de 7, por lo tanto, su variación a 6 o 8 pocas veces se presenta, aunque en esos casos cuando el PH desciende de 7 la dosis establecida en la tabla de rangos habría que plantearse. Por su parte la temperatura cuando aumenta generalmente tiende a tomarse la dosis menor en el rango, por su parte cuando la temperatura baja se toma la dosis mayor, esto debido a que a mayor temperatura la reacción del coagulante y el agua a tratar es un poco más rápido y se puede usar una dosis un poco menor a la ideal, por el contrario, cuando la temperatura baja la dosis tiende a aumentar también un poquito ya que la reacción es más lenta.

- Actividad 3.2: Diseño de la tabla de rangos basados en el estudio realizado.

El presente estudio y la siguiente tabla de rangos resulta del análisis de más de 1 año y medio de registro y de 5 meses de ese año y medio de realizaciones de pruebas de jarras constantemente.

Hay que aclarar que la siguiente tabla de rangos tiene una efectividad del 75 % aproximadamente y siendo muy optimistas puede llegar a 80 %, según los niveles analizados, lo cual resulta ser de vital ayuda e importancia para los operadores de la planta de tratamiento, sin olvidar que tiene un porcentaje de error, que, aunque menor, algunas veces es considerable.

Las dosis ideales expuestas en la tabla de rangos están basadas en el uso de Policloruro de aluminio con un porcentaje de alúmina entre el 20 % y el 23%, con una densidad de coagulante mayor a 1.31 mg/L.

Tabla 15. Diseño tabla de rangos.

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA CRUDA					PROPIEDADES DEL COAGULANTE		RANGO DE DOSIS APLICABLE DE POLICLORURO DE ALUMINIO (ppm)
TURBIEDAD (NTU)	COLOR (UPC)	ALCALINIDAD (mg/L CaCO ₃)	TEMPERATURA (°C)	PH	% DE ALÚMINA	DENSIDAD (g/L)	
6 – 9.9	70 – 135	13 – 25	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	10 – 15
6 – 9.9	70 – 135	26 – 30	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	20
6 – 9.9	70 – 135	> 30	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	25 – 30
10 – 13.9	70 – 200	13 – 25	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	10 – 15
10 – 13.9	>160	13 – 25	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	20
10 – 13.9	70 – 200	> 25	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	25 – 30
14 – 17.9	70 – 200	< 20	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	10 – 15
14 – 17.9	70 – 200	> 20	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	20
18 – 19.9	70 – 200	< 20	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	10 – 15
18 – 19.9	> 200	> 20	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	20
20 – 29.9	110 – 240	13 – 20	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	10 – 15
20 – 29.9	> 240	> 13	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	20 – 25
30 – 39.9	200 – 320	> 14	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	15 – 20
30 – 39.9	> 320	> 14	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	20 – 25
40 – 39.9	< 310	12 – 21	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	5 – 10
40 – 49.9	310 – 420	12 – 21	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	15
40 – 49.9	310 – 420	> 21	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	20 – 25
40 – 49.9	> 420	> 21	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	15 – 20

www.unicesar.edu.co

50 – 59.9	350 – 700	13 – 23	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	15
50 – 59.9	350 – 700	> 23	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	25 – 30
50 – 59.9	< 330	13 – 23	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	15
50 – 59.9	> 700	> 23	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	25 – 30
60 – 69.9	< 360	< 18	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	10
60 – 69.9	360 – 580	18 – 26	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	15
60 – 69.9	360 – 580	< 18	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	20
70 – 79.9	480 – 750	12 – 18	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	20
70 – 79.9	> 480	> 18	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	10 – 15
80 – 89.9	< 550	> 17	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	10
80 – 89.9	> 550	> 17	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	15
80 – 89.9	> 550	< 17	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	15 – 20
90 – 99.9	< 740	< 18	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	10
90 – 99.9	740 – 1250	> 24	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	15
90 – 99.9	740 – 1250	18 – 24	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	20
90 – 99.9	< 740	< 18	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	25
100 – 120	> 470	18 – 26	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	15 – 20
120 – 169	< 800	< 16	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	10
120 – 169	< 800	16 – 30	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	15
120 – 169	800 – 1490	16 – 30	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	20
120 – 169	> 1500	16 – 30	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	30
170 – 189	900 – 1400	16 – 20	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	10 – 15
170 – 189	900 – 1600	21 – 23	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	20
170 – 189	900 – 1600	> 23	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	30 – 35
190 – 199	900 – 1600	16 – 20	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	10 – 15
190 – 199	900 – 1600	> 21	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	20
200 – 229	1400 – 2000	15 – 20	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	20
200 – 229	1400 – 2000	21 – 24	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	15
200 – 229	1400 – 2000	> 24	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	25
230 – 249	1400 – 2000	15 – 20	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	10 – 15
250 – 299	1400 – 2000	15 – 20	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	25
250 – 299	> 2000	> 20	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	30 – 35
300 – 339	1700 – 2800	16 – 27	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	20
351 – 399	1700 – 2800	< 20	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	10 – 15
351 – 399	1700 – 2800	> 20	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	20 – 25
400 – 499	2000 – 3100	16 – 27	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	20 – 25
500 – 599	2700 – 4700	16 – 27	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	25
500 – 599	2700 – 4700	27 – 30	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	30
500 – 599	2700 – 4700	> 30	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	35
600 – 699	2500 – 4000	14 – 21	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	20 – 25
600 – 699	2500 – 4000	< 21	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	30
700 – 799	3500 – 5000	18 – 25	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	30 – 35
800 – 899	2000 – 4500	13 – 21	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	25
900 – 999	> 4000	13 – 21	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	35
> 1000	> 5000	13 – 21	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	30 – 35
> 1000	> 5000	> 21	20 – 25	7.00 – 7.99	20 – 23	1.31 – 1.34	20 – 25

Fuente: (Rolando Daza, 2022).

www.unicesar.edu.co

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia

Para el diseño de la tabla se analizaron más de 250 pruebas de jarras, donde el 60 % hacia parte de turbiedades por debajo de los 120 NTU, razón por la cual para un menor porcentaje de error se deben seguir analizando parámetros por lo menos durante 1 año y medio, donde destaque en mayor medida el análisis de turbiedades mayores a 500 NTU con el fin de obtener valores más precisos de dosis óptimas., ya que en la tabla en estas turbiedades hay menor precisión.

En la tabla de rangos se tienen en cuenta turbiedades a partir de 6 NTU debido a que con turbiedades menores de 5 NTU y color menor a 70 UPC, en Emdupar no se aplica producto debido a que esa escasa turbiedad y color es removida por los filtros.

La temperatura y el PH se mantienen en un rango constante a lo largo de toda la tabla, debido a que son los parámetros que menos varían, y cuyas variaciones mínimas no siempre son relevantes, salvo que ocurran cambios drásticos e inesperados como que el agua a tratar pase de estar de 20 ° C a 25 ° C, también hay que tener en cuenta que en el 90 % de las veces el agua a la entrada de Emdupar se encuentra en este rango, y pocas veces desciende de 19 °C o sobrepasa los 26 °C. En el caso del PH los cambios son significativos para ajustar dosis optimas cuando el PH pasa en +0.9.

En la tabla de rango en el caso de turbiedades, colores y alcalinidades respectivas que cuenten con un rango de dos dosis optimas (por ejemplo, que entre 15 y 20 o entre 10 y 15 etc.) se requiere usar la dosis más baja cuando la temperatura este cerca o sobrepase los 25 °C, mientras que entre más fría este el agua se puede proceder a usar la dosis mayor. Aunque cabe destacar que, en rango de dosis en cualquiera de las condiciones anteriores, son óptimas las dos dosis, por lo tanto, el agua en aplicación de cualquiera de las dosis obtiene una remoción adecuada de turbiedad, aunque si se quiere ser más específico y preciso se puede realizar una prueba de jarras donde se tomen las dosis a aplicar dentro del rango establecido por las dos dosis óptimas.

La temperatura y el PH son fundamentales para la coagulación del agua, pero debido a la poca variación de estos parámetros en Emdupar, se tienen en cuenta como parámetros secundarios, salvo cuando haya variaciones considerables.

La alcalinidad del agua es el parámetro de mayor cuidado a la hora de aplicar coagulante, debido a que, si esta se presenta en valores menores a 12 ppm CaCO₃, es decir, una alcalinidad baja, hace que el pH sea poco estable, estableciendo un desequilibrio que afecta la efectividad del coagulante.

10. ASUNTOS DE PROTECCIÓN LEGAL

	COMUNICACIÓN EXTERNA	FO-GD-15
		Versión : 02-19-07-11
		Página : 1 de 1

FECHA: 09 de SEPTIEMBRE de 2022

ASUNTO: Autorización de manejo de registros.

Cordial saludo.

Por medio de la siguiente carta autorizo al estudiante de ingeniería ambiental y sanitaria de la Universidad Popular del Cesar, Rolando Alfredo Daza Bonilla, compartir documentos de carácter confidencial con la universidad popular del cesar, entre los que se incluyen registros de pruebas de jarras, fotos de la planta de tratamiento de agua potable Emdupar y el estudio pertinente. El uso académico de estos archivos no afecta en lo absoluto a la empresa de servicios públicos, a menos que dichos registros sean manipulados y mal interpretados por el autor del documento, por lo que se prohíbe la divulgación en medio de comunicación, autoridades de vigilancia ambiental y sanitaria y se use como soportes que afectan el buen nombre de Emdupar S.A E.S.P, por lo tanto el autor es responsable de darle el manejo debido y solo exclusivo para un proyecto académico que no resulta definitivo ni profundo.

Atentamente

LUIS EDUARDO SANTIAGO JACOME

Jefe división de producción

11. CONCLUSIONES

La elaboración de una tabla de rangos basada en la dosis ideal de coagulante para un mejor proceso de coagulación en la planta de tratamiento, involucra múltiples factores y parámetros que en algunas ocasiones no son considerados. Tanto los parámetros del agua a tratar (PH, Temperatura, Alcalinidad, Color y Turbiedad) así como los del coagulante, policloruro de aluminio, permiten que exista una mayor o menor remoción de partículas coloidales.

Se puede concluir que el policloruro de aluminio es eficiente para tratar el agua de la planta de tratamiento de Emdupar, pero bajo ciertos criterios, como es el que cumpla con el porcentaje de alúmina adecuado o una densidad de coagulante apropiado. El policloruro resulta ser adecuado para la remoción de coloides en aguas con turbiedades altas o bajas, pero su eficiencia es mejor en agua con turbiedades altas.

Se deduce que cuando la alcalinidad del agua a tratar es mayor a 20, el PH es más estable lo cual permite que el coagulante y el agua reaccionen de mejor manera, produciendo una mejor formación de floc.

La tabla de rangos resulta ser una herramienta muy útil para los operadores y supervisores de la planta de tratamiento de agua potable porque les permite a los trabajadores ahorrar tiempo y recursos, al igual que evitar pérdidas en la calidad del producto, debido a que establece las bases de las cuales se pueden guiar para tratar el agua en un momento indicado, solo sabiendo la caracterización fisicoquímica del agua cruda entrante, algo muy usual teniendo en cuenta que en la planta se realiza monitoreo y caracterización fisicoquímica al agua cada dos horas.

Se concluye del presente estudio que, en términos de coagulación y floculación del agua, no siempre se tendrá total certeza del comportamiento del policloruro de aluminio en el agua, aunque se pueden establecer las bases en cuento a los parámetros fisicoquímicos relevantes en el proceso, eso sí, siempre teniendo en cuenta que pueden existir otros parámetros que pueden influir directa o indirectamente.

La tabla de rangos establece lo complicado que en muchas ocasiones tiende a tratar el agua con poca turbiedad, por lo cual se establecen desmenuzada y categóricamente las dosis estipuladas para esos casos.

12. RECOMENDACIONES

Pese a que los estudios se han analizado más de 250 pruebas de jarras, la tabla puede seguir y debe seguir en actualización con el fin de abarcar más datos y más rangos, lo cual se puede conseguir mediante un análisis extenso de otro año y medio.

El estudio de la presente tabla representa una base, por lo tanto, el análisis se recomienda continuar, con el fin de obtener un rango mayor, sobre todo en turbiedades altas (> 500 NTU), teniendo en cuenta que fueron las que menos se presentaron en el análisis, por lo cual, en estos casos, el rango de investigación en el presente estudio fue menor, generando una menor precisión.

También se hace énfasis en que se debería empezar, a tener en cuenta, en las pruebas de jarra el color verdadero del agua, debido a que permite distanciar la relación existente entre la turbiedad y el color aparente, centrándonos en un parámetro más independiente con el fin de obtener mayor precisión a la hora de relacionar los datos.

Sería ideal que el policloruro de aluminio siempre se encuentre por encima del 20 % de alúmina y cuya densidad no sea menor a 1.31 mg/L, para evitar mayor gasto del producto y el sobrecargar de coagulante químico al agua potable, lo que puede llevar a un aumento de la acidez del agua.



13. REFERENCIAS

Acciona . (2020). *Acciona* . Obtenido de Potabilización del agua :

https://www.acciona.com/es/tratamiento-de-agua/potabilizacion/?_adin=02021864894

Barrenechea Martel, A. (14 de enero de 2005). *Ingeniero Ambiental* . Obtenido de Coagulación :

<http://www.ingenieroambiental.com/4014/cuatro.pdf>

Cinética Química. (2019). *Cinética Química*. Obtenido de Policloruro de Aluminio:

<https://policlorurodealuminio.com/>

Cogollo Flórez , J. M. (5 de octubre de 2010). *Revistas Universidad Nacional de Colombia*.

Obtenido de Clarificación de las aguas usando coagulantes polimerizados: caso del Hidroxicloruro de Aluminio:

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25636/39133>

Emdupar S.A E.S.P. (2018). *Emdupar S.A E.S.P.* Obtenido de Organigrama :

https://emdupar.gov.co/ORGANIGRAMA_2018.pdf

Emdupar S.A E.S.P. (2020). *Emdupar S.A E.S.P.* Obtenido de Mapa de procesos de Emdupar:

<https://emdupar.gov.co/index.php/la-entidad/sistema-integrado-de-gestion/Planeacion/Calidad/MAPA%20DE%20PROCESOS%20EMDUPAR%20S.A.%20E.S.P.pdf/detail>

Emdupar S.A E.S.P. (2022). *Emdupar S.A E.S.P.* Obtenido de Política integral de gestión :

<https://www.emdupar.gov.co/index.php/documentos-publicos/area-comercial/4-politica-de-calidad>

Emdupar S.A. -E.S.P. . (2022). *Emdupar S.A. -E.S.P.* . Obtenido de Reseña Histórica :

<https://emdupar.gov.co/index.php/documentos-publicos/2012-09-10-01-57-04>

Emdupar S.A. -E.S.P. (2022). *Emdupar S.A. -E.S.P.* Obtenido de Directorio Servidores Públicos

Emdupar S.A. -E.S.P.:

https://emdupar.gov.co/DIRECTORIO_SERVIDORES_PUBLICOS_2022.pdf

Emdupar S.A. -E.S.P. (2022). *Emdupar S.A. -E.S.P.* Obtenido de Misión y Visión :

<https://emdupar.gov.co/index.php/documentos-publicos/area-comercial>

EPM. (28 de marzo de 2017). *Empresas Públicas de Medellín E.S.P.* Obtenido de Especificación

técnica para el Policloruro de aluminio para potabilización:

https://cu.epm.com.co/Portals/proveedores_y_contratistas/proveedores-y-contratistas/normas-tecnicas/documentos/ET-AS-ME14-07_Policloruro_de_aluminio_para_potabilizacion.pdf

HANNA Instruments. (17 de mayo de 2019). *Higiene Ambiental*. Obtenido de Color del agua, parámetro indicador de calidad: <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/color-del-agua-parametro-indicador-de-calidad>

HANNA Instruments. (17 de mayo de 2019). *Higiene Ambiental*. Obtenido de Color del agua, parámetro indicador de calidad: <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/color-del-agua-parametro-indicador-de-calidad>

IDEAM. (2005). *IDEAM*. Obtenido de Determinación de alcalinidad en agua por potenciometría : <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Alcalinidad+total+en+agua+por+electrometr%C3%ADa..pdf/dd9a3610-8ff7-49bc-97eb-5306362466df#:~:text=La%20alcalinidad%20del%20agua%20es,pH%20de%20punto%20final%20empleado.>

Induanalisis. (15 de mayo de 2019). *Induanalisis*. Obtenido de Turbidez: https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/turbidez_28

Junta directiva EMDUPAR S.A. E.S.P. (2020). *PLAN ESTRATÉGICO 2020-2023 EMDUPAR S.A. E.S.P.* Obtenido de Plan estratégico 2020-2023 EMDUPAR: <https://www.emdupar.gov.co/PLAN%20ESTRATEGICO%202020-2023%20EMDUPAR.pdf>

Junta Municipal de agua potable y alcantarillado de Mazatlán . (2019). *JUMAPAM* . Obtenido de Distribución de Agua en el Planeta: <http://jumapam.gob.mx/cultura-del-agua/distribucion-de-agua-en-el-planeta/#:~:text=El%2097.5%25%20del%20agua%20en,encuentra%20en%20un%20estado%20s%C3%B3lido.>

Ministerio de medio ambiente . (2017).

Pérez, F., & Urrea, M. (07 de julio de 2011). *Repositorio Universidad Politécnica de Cartagena* . Obtenido de Coagulación y Floculación : https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6019/mod_resource/content/1/Tema_06_COAGULACION_Y_FLOCULACION.pdf

Pérez, L. (2019). *Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox*. Obtenido de Coagulación, floculación y separación: <https://sswm.info/es/gass-perspective->

www.unicesar.edu.co

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia

es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/coagulaci%C3%B3n-floculaci%C3%B3n-y-separaci%C3%B3n

ProdeteCS. (17 de noviembre de 2019). *ProdeteCS*. Obtenido de Importancia del pH al aplicar coagulantes: <https://prodeteCS.com/importancia-del-ph-al-aplicar-coagulantes-avista/>

Universidad Complutense Madrid . (2015). *Data Universidad Complutense Madrid* . Obtenido de Descripción de indicadores - Temperatura : <https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-Temperatura%20f26.pdf>

Vanegas, B., & López, N. (2020). *Repository Universidad Distrital Francisco José de Caldas*.

Obtenido de Recopilación del uso de coagulantes naturales para remoción de turbiedad en aguas en América Latina:

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/26571/VanegasLeonBrayanStiveNayibeAlexandraLopezMontoya2021.pdf?sequence=11&isAllowed=y>

Water Boards . (2016). *Water Boards* . Obtenido de Folleto Informativo pH:

https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf



www.unicesar.edu.co

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia

14. ANEXOS

- Sistema de dosificación manual de la planta de tratamiento de agua potable Gota fría.



- Sistema de dosificación manual de la planta de tratamiento de agua potable Huaricha.



www.unicesar.edu.co



- Sala de dosificación de la planta de tratamiento de agua potable Gota Fría.



- Sala de dosificación de la planta de tratamiento de agua potable Huaricha.



- Prueba de jarras realizada.



- Calculo de la turbiedad en el Turbidimetro



- Calculo de la alcalinidad total

