

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Química

Instauración de los aforos volumétricos y másicos para los procesos de oxidación, coagulación, floculación y cloración en la Planta de tratamiento de agua potable de Tixán – Módulo II

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Químico

Autoras:

Dania Mireya Jaramillo Toro

CI: 0707191904

daniajaramillo_95@hotmail.com

Johanna Priscila Matute Argudo

CI: 0105133318

johanna.matutea03@gmail.com

Directora:

Ing. Sonia Margoth Astudillo Ochoa. Mgt

CI: 0104044474

Cuenca, Ecuador

15-julio-2021

niversidad de Cuenca

Resumen:

Siendo el agua el elemento vital para la vida. El ser humano debe buscar la necesidad de

optimizarla en su calidad. El proceso de potabilización de agua beneficia a la calidad de

este líquido y al ser humano que no se produzca daños en su salud por consumo de la

misma. Por consiguiente, gracias a los tratamientos apropiados y con el cumplimiento de la

principal normativa vigente en el Ecuador: la norma INEN 1108, que rige los indicadores de

la calidad del agua potable que se suministra en nuestro país.

La planta de tratamiento de agua potable "Tixán" es una planta de tipo convencional, donde

se desarrollan los procesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y

desinfección. Además la planta dispone de un proceso adicional denominado pre-

tratamiento de oxidación y aireación, el cual contribuye en la eliminación de hierro y

manganeso presente en el aqua. Debido a la demanda del consumo de aqua potable, la

planta se vio en la necesidad de ampliar y repotenciar un segundo módulo, para ello se

adquirieron nuevos equipos dosificadores de productos químicos, los cuales son la base de

este provecto.

Los datos cuantitativos obtenidos al operar los equipos se ajustaron a un modelo de

regresión lineal que representa la dosificación de cada producto químico usado en el

proceso de potabilización de agua como son: permanganato de potasio, sulfato de aluminio,

polímero y cloro gas. Los modelos lineales obtenidos para cada equipo resultaron fiables

debido a que sus respectivos R² se sitúan mayores a 0.99.

Es así, que el desarrollo de esta tesis logró aportar a los operadores una herramienta

informática de fácil uso para realizar la dosificación de dichos químicos, siendo de gran

beneficio cuando exista una falla en el modo de operación automático, adicional a esto, la

elaboración de un manual de operación y mantenimiento para la planta, garantizando un

proceso de potabilización eficaz, satisfaciendo todas las normas de calidad.

Palabras claves: Dosificación, Índice, Químicos, Modelo lineal, RPM.

2

niversidad de Cuenca

Abstract:

Because water is the vital element of life. The need to optimize its quality should be sought.

The water purification process benefits the quality of this liquid and the human being that it

does not harm their health by consuming it. Therefore, thanks to the appropriate treatments

and compliance with the main regulations in force in Ecuador: the INEN 1108 standard,

which governs the indicators of the quality of drinking water supplied in our country.

The "Tixán" drinking water treatment plant is a conventional plant, where coagulation,

flocculation, sedimentation, filtration and disinfection processes are carried out. In addition,

the plant has an additional process called oxidation and aeration pre-treatment, which

contributes to the elimination of iron and manganese present in the water

Due to the demand for drinking water consumption, the plant had to expand and repower a

second module, for this, new chemical dosing equipment was acquired, which are the basis

of this project. The quantitative data obtained when operating the equipment was adjusted

to a linear regression model that represents the dosage of each chemical used in the water

purification process, such as potassium permanganate, aluminum sulfate, and polymer and

chlorine gas. The linear models obtained for each team were reliable because their

respective R2 is greater than 0.99.

Thus, the development of this thesis managed to provide the operators with an easy-to-use

computer tool to perform the dosage of said chemicals, being of great benefit when there is

a failure in the automatic mode of operation and the development of an operation manual

and maintenance for the plant, guaranteeing an efficient purification process, satisfying all

3

quality standards.

Keywords: Dosage. Index. Chemicals. Linear model. RPM.



Índice del Trabajo

Agradecimiento	10
Dedicatoria	11
Identificación del problema y justificación	12
Introducción	14
Objetivos	15
Objetivo general	15
Objetivos específicos	15
Capítulo I	16
1. Fundamento teórico	16
1.1. Características del agua	16
1.1.1. Características físicas	16
1.1.2. Características Químicas	17
1.2. Agua potable	18
1.2.1. Potabilización del agua	18
1.2.2. Operaciones de la potabilización del agua	19
1.2.3. Productos químicos usados para el tratamiento de agua potable	<u></u> 25
1.2.4. Dosificadores de sustancias químicas	30
Capítulo II	31
 Descripción proceso de la Planta de Tratamiento de Agua Potable "Tix 31 	án" - Modulo
2.1 Calidad del agua cruda del río Machángara	34
2.2 Conducción y Captación del agua cruda	36
2.3 Oxidación y Aireación	37
2.4 Mezcla rápida	39
2.5 Floculación	40
2.6 Sedimentación	41
2.7 Filtración rápida	42
2.8 Desinfección	43
2.9 Almacenamiento y Distribución	44
2.10 Equipos dosificadores de la PTAP "TIXÁN"	45
Capítulo III	
3. Metodología experimental	



	erminación de datos cuantitativos para los diferentes químicos usados en e o de potabilización de agua en PTAP Tixán en base a los nuevos equipos	el.
dosificado	res	. 53
3.1.1	Permanganato de potasio	. 53
3.1.2	Sulfato de aluminio	. 55
3.1.3	Polímero o polielectrolito PRAESTOL 650 TR	. 58
3.1.4	Cloro gas	. 63
3.2 Eva	luación del proceso	. 64
Capítulo IV		. 65
4. Anális	is de resultados	. 65
	os cuantitativos para los diferentes químicos usados en el tratamiento de ción de agua en PTAP Tixán en base a los nuevos equipos dosificadores	. 65
4.1.1	Equipo dosificador de permanganato de potasio	. 65
4.1.2	Equipos dosificadores de sulfato de aluminio	. 68
4.1.3	Equipo dosificador de poli electrolito	. 81
4.1.4	Equipo dosificador de cloro	. 88
4.1 Eva	luación del proceso	. 89
4.1.1	Calidad del producto final	. 90
Capítulo V		. 98
5. Concl	usiones	. 98
6. Biblio	grafía	100
ANEXOS		103
ANEXO 1.	Tabla Manual para la dosificación de KMnO ₄	103
ANEXO 2.	Tabla Manual para la dosificación de Al ₂ (SO ₄) ₃ con el equipo # 1	104
ANEXO 3.	Tabla Manual para la dosificación de Al ₂ (SO ₄) ₃ con el equipo # 2	105
ANEXO 4.	Tabla Manual para la dosificación de Al ₂ (SO ₄) ₃ con el equipo # 3	106
ANEXO 5.	Tabla Manual para la dosificación de Al ₂ (SO ₄) ₃ con el equipo # 4	107
ANEXO 6.	Tabla Manual para la dosificación de polímero con el equipo # 1	108
ANEXO 7.	Tabla Manual para la dosificación de polímero con el equipo # 2	108
ANEXO 8.	Gráfico Caudal vs Cloro Gas para diferentes dosis en ppm	109



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Johanna Priscila Matute Argudo en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Instauración de los aforos volumétricos y másicos para los procesos de oxidación, coagulación, floculación y cloración en la Planta de tratamiento de agua potable de Tixán — Módulo II ", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 15 de Julio de 2021

Johanna Priscila Matute Argudo



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Dania Mireya Jaramillo Toro en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Instauración de los aforos volumétricos y másicos para los procesos de oxidación, coagulación, floculación y cloración en la Planta de tratamiento de agua potable de Tixán — Módulo II ", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 15 de Julio de 2021

Dania Mireya Jaramillo Toro



Cláusula de Propiedad Intelectual

Johanna Priscila Matute Argudo, autora del trabajo de titulación "Instauración de los aforos volumétricos y másicos para los procesos de oxidación, coagulación, floculación y cloración en la Planta de tratamiento de agua potable de Tixán — Módulo II", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 15 de Julio de 2021

Johanna Priscila Matute Argudo



Cláusula de Propiedad Intelectual

Dania Mireya Jaramillo Toro, autora del trabajo de titulación "Instauración de los aforos volumétricos y másicos para los procesos de oxidación, coagulación, floculación y cloración en la Planta de tratamiento de agua potable de Tixán – Módulo II", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 15 de Julio de 2021

Dania Mireya Jaramillo Toro



Agradecimiento

Primeramente damos gracias a Dios por ser nuestro luz y guía en cada paso que damos, por brindarnos sabiduría, paciencia, fortaleza y perseverancia para culminar nuestra carrera universitaria, de igual manera, queremos agradecer a nuestros padres y familia por ser el pilar fundamental para este logro, por su confianza y apoyo incondicional a lo largo de nuestra vida. También agradecemos a todos nuestros docentes por todos los conocimientos impartidos en su gran labor que nos han formado profesionalmente.

De la misma manera queremos agradecer a nuestro asesor de tesis Mgt Juan Diego Espinoza, Supervisor de la Planta de tratamiento de agua potable Tixán por permitirnos realizar nuestro trabajo dentro de sus instalaciones y en general a todo el personal que conforma esta planta por siempre estar predispuestos para ayudar en cualquier cosa que necesitáramos, por aportar con sus conocimientos y experiencias laborales para que así el trabajo se desarrolle con éxito.

De forma muy especial agradecemos a nuestra tutora de tesis, Mgt Sonia Astudillo Ochoa, por vernos brindado su tiempo, conocimientos y orientaciones para llevar a cabo este trabajo de titulación.

Por último, a todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo con sus consejos, motivaciones, así como con conocimientos, muchas gracias por estar presentes en esta etapa tan importante de nuestras vidas.

Universidad de Cuenca

Dedicatoria

"Pon en manos del Señor todas tus obras, y tus proyectos se cumplirán."

Proverbio 16:3

Con amor y gratitud dedico este proyecto a mis padres por ser el soporte insustituible para lograr esta meta, por su deseo de superación, por apoyarme y confiar en mí pues hoy les digo lo logramos este es el fruto de todo nuestro esfuerzo y sacrificio, son mi mayor motivación para cumplir mis anhelos, ya que con su amor, cariño y enseñanzas han contribuido para ser la persona que soy hoy.

A toda mi familia, hermano, abuelitos, tíos y primos por su cariño y apoyo siempre, gracias por confiar en mí y ser su orgullo. Y por supuesto a mi mascota Nina por acompañarme en mis noches de desvelo.

A mi compañera de tesis y mejor amiga Johanna Matute por el desarrollo de este trabajo investigativo de manera exitosa deseándole éxitos en su vida personal y profesional.

A mis amigos que han formado parte de una de las etapas más importantes de mi vida que sin ellos esto no hubiera sido igual, y a mi otra mejor amiga Violeta Molleturo por tu amistad incondicional.

DANIA JARAMILLO TORO.

A mi madre y hermanos que siempre me apoyan en mis metas y proyectos. A mi padre, aunque ya no está conmigo sé que siempre me bendice.

JOHANNA MATUTE ARGUDO.



Identificación del problema y justificación

Según TULSMA libro VI anexo 1 indica que se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que se emplea en actividades como: a) Bebida y preparación de alimentos para consumo, b) Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios, c) Fabricación o procesamiento de alimentos en general (Tulsma, 2003), y teniendo en cuenta el análisis de la segunda fase de los planes maestros de agua potable y saneamiento para la ciudad de Cuenca donde nos recalca el aumento de nuevas áreas ya sea por construcciones de urbanizaciones o el cambio del uso del suelo que deberán ser abastecidas del servicio de agua potable desde el sistema urbano de la ciudad (Palacios, 2016), por tal motivo el eminente crecimiento de la demanda del servicio la planta de tratamiento de agua potable de TIXAN perteneciente a la ciudad de Cuenca tuvo la necesidad de ampliar un nuevo módulo de operación nombrado como "Modulo II" junto al módulo existente en el terreno propiedad de la empresa pública ETAPA (Saénz, 2015).

Además, se conoce que en el año 2014, la demanda máxima diaria de agua potable existente en el sistema Tomebamaba – Machangara alcanzó los 1700 litros por segundo; este sistema cuenta con dos plantas de abastecimiento que son Cebollar y Tixan con un caudal hidraulico nomimal de 1000 L/s y 840 L/s respectivamente, debido a diferentes aspectos tanto ambientales como operativos no se puede contar con la capacidad esperada (Palacios, 2016). La zona de servicio Tomebamba – Machangara considerando el segundo módulo de la planta Tixan con un caudal 1100 L/s abastecerá al 95% del área urbana y a varios sectores de la parroquia Ricaurte de la ciudad de Cuenca (Saénz, 2015).

El primer módulo de la PTAP concierne a una tecnología de tratamiento convencional de ciclo completo, es decir, incorporando procesos de coagulación, floculación, decantación, filtración rápida y desinfección, el cual también se aplicará al módulo II siendo la más adecuada de acuerdo a los niveles de turbiedad y contaminación microbiológica de la zona de captación del agua a tratar y contando con una amplia experiencia en el manejo de este tipo de sistema (ETAPA, 2016).

Por ello, es importante participar en el ajuste de los nuevos equipos dosificadores de cada uno de los productos químicos usados para el tratamiento, considerando los datos proporcionados y establecidos por la empresa así como en la fase de experimentación para obtener los datos faltantes para el correcto funcionamiento de dichos equipos. Además, con



el desarrollo de hojas de cálculo se pretende facilitar a los obreros, las operaciones de dosificación, conjuntamente con la implementación de un manual de operaciones de la Planta de tratamiento de agua potable TIXAN – Módulo II, con la finalidad de asegurar que este módulo proporcione el caudal hidráulico para el cual fue diseñado manteniendo los parámetros de calidad de agua siendo así considerada como la mejor agua del país.



Introducción

Para la subsistencia de la vida del hombre es indispensable el requerimiento de agua potable, dado que es de vital importancia para el sostenimiento de la vida humana y el avance social y cultural de una sociedad, por esta razón depende primordialmente de un abastecimiento de agua dulce apropiado y de calidad; no obstante este recurso hídrico tan fundamental ha sido afectado por las condiciones climáticas y falta de cuidado por parte del ser humano (Ruiz, 2013).

Se denomina agua potable o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción, el término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales. Este proceso es de conversión de agua cruda en agua potable se le denomina potabilización existiendo diversas tecnologías con tratamientos convencionales o no convencionales (Cordero, 2011).

Esta investigación tiene como objetivo principal realizar los estudios pertinentes para la obtención de modelos lineales de los equipos dosificadores de químicos para que a través de esto se generen herramientas tecnológicas eficaces y serviciales para los operadores de la planta de tratamiento de agua potable "Tixán". El presente documento contiene información de forma metódica y detallada obtenida durante el desarrollo de este trabajo.

Los dosificadores usados para recolectar la información son de un proceso de tipo convencional con tratamiento químico, es decir, los equipos utilizados en este estudio son dosificadores de permanganato de potasio, sulfato de aluminio, polímero y cloro gas. Esto se realiza con la finalidad de poseer un método alternativo u medio opcional para realizar la dosificación de dichos químicos ante la presencia de alguna falla en modo de operación automático de los dosificadores.



Objetivos

Objetivo general

Establecer los aforos volumétricos y másicos de los nuevos equipos dosificadores en función de los caudales de operación y dosis óptimas definidas para proporcionar una alternativa de dosificación de los diferentes productos químicos utilizados en la planta potabilizadora de Tixán.

Objetivos específicos

- Elaborar las gráficas de los índices en función de los caudales para los nuevos equipos dosificadores del módulo II con los datos cuantitativos obtenidos para realizar el ajuste a un modelo estadistico.
- Elaborar simuladores para la dosificación de sulfato de aluminio, permanganato de potasio, polímero y cloro gas para tratamiento de agua potable mediante el aforo de los dosificadores empleados en la planta de TIXAN - Módulo II.
- Elaborar un manual de operaciones de la Planta de tratamiento de agua potable
 TIXAN Módulo II con la finalidad de implantar el correcto funcionamiento,
 mantenimiento y manejo de las instalaciones y equipos.



Capítulo I

1. Fundamento teórico

1.1. Características del agua

El agua es un compuesto con características únicas, de suma importancia en los procesos físicos, químicos y biológicos que gobiernan el medio natural. Es el recurso más abundante en la naturaleza debido a que cubre más del 70% de la superficie del planeta (Fernández Cirelli, 2012) compuesto por dos átomos de hidrogeno y un átomo de oxígeno con enlaces polares que permiten establecer puentes de hidrógeno entre moléculas adyacentes (Carbajal Azcona, 2012).

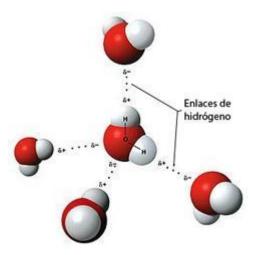


Figura 1. Moléculas de agua

Fuente: https://www.iagua.es/blogs/maialen-ruiz/h2o-pequena-gran-molecula

El agua se presenta principalmente en estado líquido, formada por asociaciones de moléculas de 2, 3 y hasta 12 unidades de H_2O , estando dotada de una estructura tridimensional fluctuante, mientras en estado sólido es una mezcla de cuatro isómeros distintos, compuestos a su vez de diferente número de moléculas y/o con diferente estructura (Marín Galvín, s.f.).

1.1.1. Características físicas

Densidad

La densidad máxima del agua es de 100 kg/m³ a los 4ºC, mientras que del agua pura a 15ºC y a presión atmosférica es de 0.9999 kg/L. Su valor varía de acuerdo al contenido de sustancias disueltas (Arízaga Mondragón, 2016).



Color

El agua es incolora, pero en grandes volúmenes presenta un color azul verdoso. Las aguas subterráneas no suelen sobrepasar de 5 unidades Pt-Co, mientras que las aguas superficiales puede ser su valor elevado (Arízaga Mondragón, 2016). Esta característica se debe comúnmente por la presencia de diferentes sustancias coloreadas existentes en suspensión o disueltas en ella. El valor aceptable por la OMS es 15 unidades de color (UC) para aguas de bebida. En aguas naturales el color proviene de la materia orgánica procedente de la descomposición de vegetales y de diversos productos y metabolitos orgánicos presentes en ella. Además, la presencia de sales solubles de Fe y Mn también provoca cierto color.

Turbiedad

Es una de las características más importantes ya que más que estética, es un parámetro indicador de contaminación que servirá para medir que tan pura es el agua y si debe someterse o no a un tratamiento de purificación (Alvarado & Florencia, 2012).

La turbiedad es causada por la presencia de materia en suspensión o coloidal (arcillas, limo, tierra finamente dividida y otros organismos microscópicos). Mientras más alta sea la presencia de sólidos en suspensión más alta será la turbiedad, es decir que se encuentra en relación directamente proporcional entro los sólidos y la turbiedad. Es expresada en unidades nefelometrías de turbidez (NTU) (Julca Riojas, 2019).

Olor y sabor

Las sustancias generadoras de olor y sabor en aguas crudas pueden ser compuestos orgánicos derivados de la actividad de microorganismos y algas o provenir de descargas de desechos industriales (Mejía Reinoso, 2010).

Temperatura

Influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración (Mejía Reinoso, 2010).

1.1.2. Características Químicas

pH



Se debe al equilibrio carbónico y a la actividad vital de los microorganismos acuáticos. Respecto a lo primero, la secuencia de equilibrios de disolución de CO2 en un agua, y la disolución de CO3 ²⁻ e insolubilización de HCO3⁻, determinan el pH de un agua. Los ácidos naturales (H₂S o ácidos húmicos) acidifican el agua mientras que la disolución de rocas y minerales de metales alcalinos y alcalinotérreos del terreno la alcalinizan (Marín, s.f.).

Metales

Hierro

Proviene de disolución de rocas y minerales, así como de aguas residuales procedentes de la producción de acero y otros materiales. En general, el Fe se encuentra en forma trivalente en las aguas naturales superficiales, variando su concentración típicamente entre 0,01 mg/L y 0,30 mg/L (Marín Galvín, s.f.).

La presencia de hierro puede afectar el sabor del agua, producir manchas indelebles sobre los artefactos sanitarios y la ropa blanca. También puede formar depósitos en las redes de distribución y causar obstrucciones, así como alteraciones en la turbiedad y el color del agua. La OMS permite 0,3 mg/L de hierro en las aguas destinadas al consumo humano (Arízaga Mondragón, 2016).

Manganeso

Las rocas y minerales que contienen Mn son fácilmente solubles en aguas neutras o ligeramente ácidas en condiciones oxidantes moderadas, mediante la formación del ion manganoso. En condiciones ligeramente oxidantes puede producirse la oxidación del Mn²⁺ hacia Mn⁴⁺ con la generación de compuestos fácilmente precipitables por su escasa solubilidad (Marín Galvín, s.f.).

1.2. Agua potable

Según la INEN 1108 (2011) sobre el agua potable define a la misma aquella agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

1.2.1. Potabilización del agua

La potabilización es un conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda para modificar sus propiedades organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas con el propósito de hacerla apta para el consumo humano (Lozano, 2015).





Figura 2. Esquema del proceso de potabilización del agua Fuente: Potabilización y Depuración del Agua - AreaCiencias

Existen sistemas convencionales y no convencionales para el abastecimiento de agua potable. En el caso de los sistemas convencionales estos toman el agua cruda de ríos y/o pozos subterráneos y entra a un proceso de tratamiento, se almacena y el agua potabilizada se distribuye mediante un sistema de red de tuberías a cada uno de los hogares. Por otro lado, los sistemas no convencionales no disponen de una red de distribución, es decir, el agua es conducida hacia los consumidores por medio de transporte, tanqueros o por medio de barriles. Debido a que es un sistema individual, la desinfección se da en los tanques de cada domicilio, por lo general, se visualiza esto en pueblos con pocos habitantes (Camacho & Peña, 2018).

1.2.2. Operaciones de la potabilización del agua

Las principales operaciones de potabilización en una planta de tratamiento se detallan a continuación:

1.2.2.1. Captación

La captación se da a través de un conjunto de estructuras y dispositivos construidos o colocados junto a un medio hídrico, para luego de ello ser conducida a una estación de tratamiento de agua potable (Martínez Andrés, 2019). Existen dos tipos de captación del agua bruta:



a) Aguas superficiales: Se realiza la captación del agua de: ríos, embalses, aguas de precipitación, agua de mar, humedales.

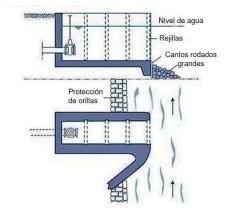


Figura 3. Captación protegida de ríos Fuente: Captación de ríos, lagos y embalses (reservorios)

b) Aguas subterráneas: éstas se concentran en acuíferos y desde ahí se realiza la mayoría de las extracciones de este tipo de agua.

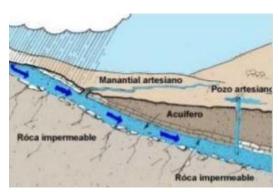


Figura 4. Captación de aguas subterráneas Fuente: Reyes, 2017.

1.2.2.2. Conducción (línea de conducción)

La línea de conducción consiste en todas las estructuras civiles y electromecánicas, en donde su finalidad es llevar el agua desde la captación hasta un punto que puede ser un tanque de regularización, una planta de tratamiento de potabilización o el sitio de consumo (Camacho & Peña, 2018).



1.2.2.3. Desbaste - tamización

Tiene la finalidad de eliminar del agua la mayor cantidad de materiales que por su tamaño y naturaleza podrían crear problemas en los tratamientos posteriores. Por lo general, se lo realiza mediante rejillas, desarenadores, pre sedimentadores (Martínez Andrés, 2019).

Esta etapa es requerida en casos de que la conducción desde el sitio de toma en el rio hasta la planta de potabilización se haya proyectado como canal abierto y no mediante tubería (Lozano, 2015).



Figura 5. Rejas de desbaste Fuente: Arévalo, 2018.

1.2.2.4. Aireación

Esta etapa se usa para transferir oxígeno al agua, disminuir CO₂, oxidar Fe y Mn y por último remover otros compuestos volátiles. Es empleada como pre tratamiento de aguas subterráneas que presentan niveles muy bajos de oxígeno y altas concentraciones de hierro, manganeso, anhídrido carbónico y otros compuestos orgánicos que causan olores y sabores (Martínez Andrés, 2019).

1.2.2.5. Coagulación

Se lleva a cabo generalmente con la adición de sales de aluminio y hierro al agua. Este proceso es resultado de dos fenómenos: El primero, esencialmente químico, consiste en las reacciones del coagulante con el agua y la formación de especies hidrolizadas con carga positiva. Depende de la concentración del coagulante y el pH final de la mezcla. El segundo, fundamentalmente físico, consiste en el transporte de especies hidrolizadas para que hagan contacto con las impurezas del agua (Camacho & Peña, 2018).

El proceso se denomina coagulación debido a la formación de coágulos (grumos) resultado de la mezcla entre la sal coagulante y las impurezas.



1.2.2.6. Floculación

Es el proceso en el cual las partículas que se desestabilizaron en la coagulación chocan unas con otras para formar partículas de mayor tamaño. Además, para que se logre el engrosamiento del flóculo es necesario una agitación homogénea y lenta del conjunto, con el objetivo de que las partículas descargadas eléctricamente se encuentren un flóculo y así aumentar su peso y volumen (Camacho & Peña, 2018).

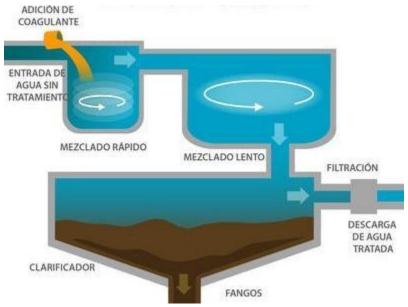


Figura 6. Esquema del proceso de coagulación y floculación Fuente: Coagulacio-Floculacion (elaguapotable.com)

1.2.2.7. Sedimentación

Se entiende por sedimentación a la remoción por efecto gravitacional de las partículas en suspensión presentes en el agua (flóculos), es decir, el agua luego de haber pasado las unidades de floculación es conducida a los estanques de decantación con la finalidad de permitir la precipitación de las partículas de impurezas transformadas en flóculos (Camacho & Peña, 2018).



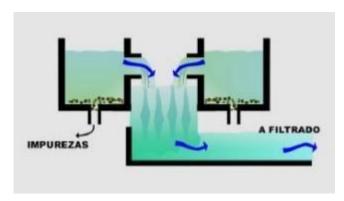


Figura 7. Esquema del proceso de Sedimentación

Fuente: proceso-de-potabilizacion-del-agua-10-638.jpg (slidesharecdn.com)

1.2.2.8. Filtración

Consiste en la separación de partículas y pequeñas cantidades de microorganismos (bacterias, virus) a través de un medio poroso (Camacho & Peña, 2018), es decir, el agua luego de pasar la etapa de sedimentación es trasportada hacia las unidades de filtración, las mismas que están compuestas por capas de arena y piedra de diferentes tamaños. El agua pasa por el lecho filtrante en donde quedan retenidas la mayoría de partículas en suspensión que no fueron eliminadas en las etapas anteriores. Ésta es la etapa responsable de que se cumplan los estándares de calidad para el agua potable. Desde el punto bacteriológico, los filtros tienen una eficiencia de remoción superior a 99% (Camacho & Peña, 2018).

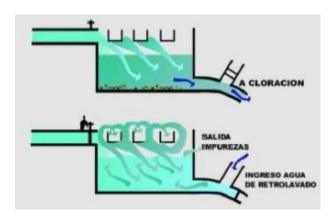


Figura 8. Esquema del proceso de Filtración

Fuente: proceso-de-potabilizacion-del-agua-11-638.jpg (638×479) (slidesharecdn.com)

1.2.2.9. Desinfección

Terminada la filtración, el agua es conducida mediante tuberías para la desinfección en donde se da la inyección de cloro con la finalidad de destruir los últimos microorganismos



presentes en el agua. Además, se previene contaminaciones en las redes de distribución y se cumple con los estándares de calidad impuestos en la normativa. El cloro se inyecta en una cantidad entre 0,6 – 0,8 mgCl/l para eliminar los microorganismos. Por otro lado se tiene el cloro residual, el cual previene las contaminaciones entre la salida desde la planta de tratamiento y el medidor de agua potable de los consumidores.

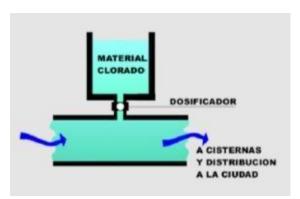


Figura 9. Esquema del proceso de Desinfección
Fuente: proceso-de-potabilizacion-del-agua-12-638.jpg (638×479) (slidesharecdn.com)

La desinfección es importante ya que las bacterias, virus y protozoarios son microorganismos capaces de producir infecciones, transmitir enfermedades y provocar efectos nocivos para la salud humana. La mayoría de los microorganismos se desactivan rápidamente con la cloración como: Escherichia coli y coliformes, otros son muy difíciles de remover, por ejemplo los protozoarios Giardia y Cryptosporidium son resistentes y no se eliminan cuando se agrega cloro al agua.

Respecto a los virus, estos mientras más complejos sean, más fácil es inactivarlos, afortunadamente su concentración en el agua es muy baja en relación a la de las bacterias coliformes (Pain & Spuhler, 2018).

1.2.2.10. Red de distribución

Este sistema de tuberías es el encargado de entregar el agua a los usuarios en su domicilio, siendo un servicio constante durante las 24 horas del día, en cantidad adecuada y con la calidad requerida para todos. El sistema incluye válvulas, tuberías, tomas domiciliarias, medidores y en caso de ser necesario equipos de bombeo (Camacho & Peña, 2018).



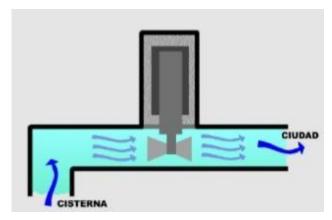


Figura 10. Esquema de la Red de distribución

Fuente: proceso-de-potabilizacion-del-agua-13-638.jpg (638×479) (slidesharecdn.com)

1.2.3. Productos guímicos usados para el tratamiento de agua potable

1.2.3.1. Permanganato de potasio

Es el oxidante más usado para hierro y manganeso, se encuentra comercialmente como cristales de color púrpura con una pureza de 95 – 99%. El permanganato de potasio reacciona enérgicamente con el material orgánico como el carbón activado, aceites o grasas. Su almacenamiento debe ser con cuidado y distante de otros reactivos con los que pueda reaccionar violentamente.

Para ser dosificado, éste debe ser diluido previamente dependiendo de las necesidades de la planta potabilizadora. Su velocidad de dilución está en función de la temperatura. El agua a emplear para la dilución debe ser limpia, no es recomendable usar agua sin tratamiento debido a que, al combinarse el permanganato de potasio con el hierro y manganeso, tenderían a precipitarse como hidróxidos lo que perjudicaría la bomba o las líneas de inyección. (Palavecino P., 2009).



Figura 11. Permanganato de potasio

Fuente: Qué es y para qué sirve el Permanganato de Potasio (sanumvita.com)



Las partes requeridas de agente oxidante para la eliminación de metales son superiores a las establecidas a la estequiometría cuando se refiere a la oxidación de hierro y manganeso usando como agente oxidante el permanganato de potasio debido a que hay que tomar en cuenta la demanda de la materia orgánica en presencia del oxidante (Palavecino P., 2009).

Cálculo del factor estequiométrico

PM_{KMnO4}= 158 g/mol

PM_{Mn}=55 g/mol

PM_{Fe}= 56 g/mol

PM_{CH20}= 30 g/mol

Oxidación de Manganeso

$$3Mn^{2+} + 2MnO_4^- + 2H_2O \rightarrow 5MnO_2 + 4H^+$$

$$Factor_{Mn} = \frac{factor\ estequiometrico\ *\ PM_{KMn04}}{factor\ estequiometrico\ *\ PM_{Mn}} = \frac{2\ moles\ *\ 158g/mol}{3moles\ *\ 55g/mol} = 1,92$$

1,92 mg oxidante: 1mg Mn

Oxidación de Hierro

$$3Fe^{2+} + 7H_2O + MnO_4^- \rightarrow MnO_2 + 5H^+ + 3Fe (OH)_3$$

$$Factor_{Fe} = \frac{factor\ estequiometrico\ *\ PM_{KMn04}}{factor\ estequiometrico\ *\ PM_{Fe}} = \frac{1mol\ *\ 158g/mol}{3moles\ *\ 56g/mol} = 0,94$$

 $0.94 \, mg \, oxidante : 1 mg \, Fe$

Oxidación de materia orgánica

$$3CH_2O + 4H^+ + 4KMnO_4 \rightarrow 4MnO_2 + 4H_2O + 4K^+ + 3CO_2$$

 $7.02 mg oxidante : 1mgCH_2O$

$$Factor_{\textit{CH20}} = \frac{factor\ estequiometrico\ *PM_{\textit{KMn04}}}{factor\ estequiometrico\ *PM_{\textit{CH20}}} = \frac{4\ moles\ *158g/mol}{3\ moles\ *30g/mol} = 7,02$$

$$\sum Factores = factor_{Mn} + factor_{Fe} + factor_{M0} = 1,92 + 0,94 + 7,02 = 9,88 \approx 10$$

Factor de Correción = 10



La oxidación de estos metales solubles se da cuando pasan de su estado divalente positivo a formar parte de un compuesto insoluble con mayor valencia, es decir, que a partir del hierro divalente (Fe²⁺) se forma el hidróxido de hierro III (Fe³⁺) y del manganeso divalente (Mn²⁺) pasa a formar el compuesto insoluble óxido de manganeso IV (Mn⁴⁺) y en algunos casos el óxido de manganeso III (Mn³⁺) (Medialdea, 2005).

1.2.3.2. Sulfato de aluminio

Es también conocido como Alumbre que forma un flóculo no muy pesado. Sin embargo, es la sustancia coagulante más usada en el mundo por ser fácil de manejar y tiene un bajo costo. Se consigue comercialmente en forma líquida y sólida (polvo, molido) pero su aplicación es en solución con una concentración entre 1% - 6%, por lo que las presentaciones granulares requieren ser diluidas en agua durante 5 minutos antes de su aplicación (Lozano, 2015).

Su rango de pH óptimo de actuación es entre 6 - 8 unidades. La dosis a emplear varía de acuerdo a la calidad de agua cruda y por lo general es entre 10 - 150mg/l.



Figura 12. Sulfato de aluminio granulado

Fuente: Sulfato de aluminio - Sulfato

Las reacciones que se dan con el agente coagulante en el proceso de potabilización de agua son las siguientes (SIDESA, 2015):

- Hidrólisis del ion metálico

$$Al_2(SO_4)_3 + H_2O \leftrightarrow [Al(H_2O)_6]^{+3} + SO_4^{-2}$$

- Reacción con la alcalinidad del agua

$$[AI (H_2O)_6]^{+3} + CO_3^{-2} \leftrightarrow [AI (H_2O)_5] (OH)^{+2} + HCO_3^{-1}$$



- Compuesto inestable, se hidroliza y forma complejos polinucleares:

[Al₂ (OH)₂]⁺⁴ Al₇ (OH) ₁₇⁺⁴ Al₁₃ (OH)₃⁺⁵

Hidróxidos de aluminio insolubles que precipitan

1.2.3.3. Polímero

Se emplean polímeros de alto peso molecular, llamados poli electrolitos. Pueden ser naturales como los almidones y compuestos algínicos, o sintéticos con carga positiva (catiónicos) y con carga negativa (aniónicos). Su finalidad es mejorar la resistencia de los flóculos y aumentar su tamaño y peso (Lozano, 2015). Este coadyuvante se puede usar como coagulante primario en concentraciones entre 1 – 5 mg/l y como coadyuvante en floculación en una dosis de 0,1- 2 mg/l.



Figura 13. Poli electrolito

Fuente: Equipos de preparación y dosificación de poli electrolito (keiken-engineering.com)

Tiene como desventaja su alto costo y su estado de aplicación debe ser líquido debido a que en polvo son difíciles de disolver. También pueden usarse polímeros naturales como los almidones derivados de la papa, yuca, trigo y maíz, o compuestos algínicos derivados de las hojas de tuna o nopal, los cuales ha resultados mejores que los sintéticos por su baja o nula toxicidad (Lozano, 2015).

Se clasifican en: catiónicos: cargados positivamente, aniónicos: cargados negativamente y no iónicos.

Los polielectrolitos catiónicos son poliaminas que se hidrolizan en agua como:

 $R_1R_2 NH + H_2O \rightarrow R_1R_2 NH_2^+ + OH$



Puesto que la hidrolisis da OH-, a pH alto se fuerza la reacción a la izquierda y el polímero se vuelve no iónico.

De forma semejante los polímeros aniónicos incorporan a su estructura un grupo carboxilo que en agua se ioniza así:

Un pH bajo, fuerza la reacción a la izquierda y transforma el polímero aniónico en no iónico. Por lo cual se usan polímeros catiónicos a bajos pH y los aniónicos a altos pH, caso contrario se transformarán en no iónicos, lo que hará variar su efectividad en el tratamiento empleado. (Mascarós, 2013).

1.2.3.4. Cloro gas

La desinfección es un proceso en que se usa un agente químico o no químico a fin de inactivar microorganismos patogénicos presentes en el agua, y generalmente es la etapa final del tratamiento de agua.

El cloro es eficaz en el proceso de desinfección del agua por tratarse de un oxidante capaz de reaccionar con diversas sustancias, sean orgánicas o inorgánicas. El ácido hipocloroso (HClO) es el compuesto más utilizado y su disociación se vincula al pH del agua. Las aguas para abastecimiento público presentan, generalmente, valores de pH entre 5 y 10. En esta banda, la forma predominante del cloro es el ácido hipocloroso, definido como cloro residual libre (CRL), y el ión hipoclorito. La presencia del CRL es importante, pues garantiza la calidad bacteriológica del agua en todas las etapas siguientes del abastecimiento de la red de distribución.

El cloro en estado gaseoso reacciona con agua y se obtiene cloro acuoso disuelto en sus iones, que a su vez esta forma acido hipocloroso (Vera, 2017):

$$Cl_{2 (g)} > Cl_{2 (ac)}$$

 $Cl_{2} + H_{2}O -> HOCl + H^{+} + Cl^{-}$
 $HOCl -> H^{+} + OCl^{-}$

Este se descompone en átomos de cloro y oxígeno:



1.2.4. Dosificadores de sustancias químicas

La dosificación de las sustancias químicas debe hacerse en forma líquida (en solución). Los dosificadores que manejan productos secos en polvo o granulares incluyen una cámara de mezcla en donde se realiza la preparación de la solución en forma instantánea (Lozano, 2015).

Todos los dosificadores permiten graduar su descarga de acuerdo a las cantidades necesarias de sustancias químicas a ser aplicadas.



Capítulo II

2. Descripción proceso de la Planta de Tratamiento de Agua Potable "Tixán" - Modulo II

La Planta de Tratamiento de Agua Potable -PTAP TIXÁN está ubicada en el sector rural que lleva el mismo nombre, perteneciente a la parroquia Chiquintad, a una altitud de 2690 m.s.n.m. Su acceso se realiza a través de la vía Parque industrial Cuenca – Chiquintad, hasta la altura de Ochoa león, en una distancia de 5,3 Km, en vía pavimentada y luego por la vía lastrada Ochoa león, en un tramo de 1 Km aproximadamente.



Figura 14. Ubicación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Tixán

Fuente: Google maps

La Planta de Tratamiento de Agua Potable Tixán consta de dos módulos de operación los mismos que fueron construidos en el terreno perteneciente a ETAPA EP en dos etapas. La construcción del primer módulo concluyó en abril de 1996 y puesto en operación en el mismo año con una capacidad nominal de 840 l/s; su tecnología se basa en un tratamiento de ciclo completo o convencional, es decir comprende los procesos de coagulación, floculación, decantación, filtración rápida y desinfección (ETAPA, 2016).

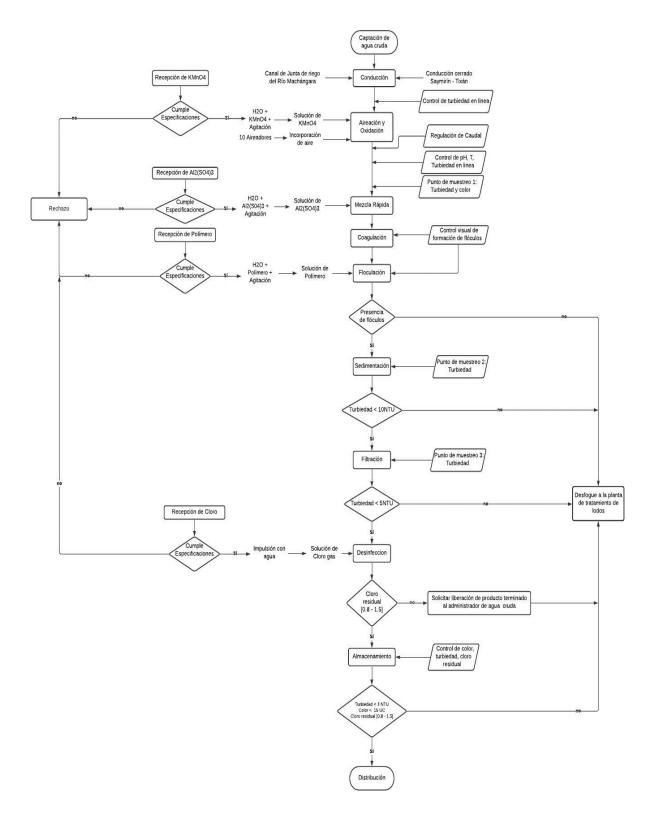


Figura 15. Diagrama de procesos de la PTAP Tixán
Fuente: Autor



Mientras que el espacio para la construcción del módulo II se reservó en el mismo predio junto al módulo existente, éste empezó su funcionamiento en el 2020 con un caudal nominal de 1100 l/s y en el cual se consideró un diseño actualizado debido a factores ambientales y operacionales donde se incorporó el proceso de remoción de manganeso por medio de técnicas de oxidación y aireación y además, un sistema de control de procesos con una actualización tecnológica en cuanto a la simplificación en las tareas de operación y mantenimiento de las unidades, a través de la reducción de equipos mecánicos, etapas de floculación y del sistema de lavado de filtros sustituyéndose por métodos hidráulicos (ETAPA, 2015).



Figura 16. Planta de tratamiento de agua potable - Modulo II

Fuente: Autor

La Planta de Tratamiento de Agua Potable Tixán también posee un laboratorio de Agua Potable, zonas para la preparación de las soluciones de productos químicos usados en el tratamiento, una bodega de recepción y almacenamiento de permanganato de potasio, polímero, sulfato de potasio y cloro, también un cuarto de operaciones donde se realizan controles del proceso por medio de un sistema propio de la planta llamado "SCADA". La planta se mantiene en funcionamiento las 24 horas del día para poder abastecer la demanda diaria de la población y sabiendo que ésta va en constate crecimiento se proyecta a la construcción de una tercera ampliación o módulo.



Figura 17. Edificio Principal de oficinas, bodegas de químicos y equipos dosificadores Fuente: Autor

2.1 Calidad del agua cruda del río Machángara

Las condiciones climáticas debido al cambio de estaciones durante el año en la región azuaya producen grandes variaciones en cuanto al caudal y la calidad del agua del río Machángara. Estos cambios en la calidad del agua cruda se dan por los siguientes motivos:

- La captación que se realiza a las aguas turbinadas de la Central Hidroeléctrica en el canal abierto de riego atraviesa una zona bastante habitada, esto contribuye a la alteración de las características físicas y microbiológicas del agua cruda, mayormente en épocas lluviosas se incrementa concentración de sólidos depositados en el canal.
- Los deslizamientos de la quebrada del Soroche, ésta es un afluente del río Machángara ubicado en el margen izquierdo de la cuenca media alta de este río, agua arriba de las centrales de Saucay y Saymirín. Por ello existe un mayor aporte de sólidos y metales en disolución, como manganeso y hierro, dependiendo directamente de la intensidad de precipitaciones que se den (ETAPA, 2015). Debido a la importancia incidencia del manganeso presente en el agua cruda en las actividades de operación y mantenimiento en la PTAP de Tixán, así como, en el sistema de distribución, se realiza un pre tratamiento al agua cruda antes de ingresar al proceso convencional.



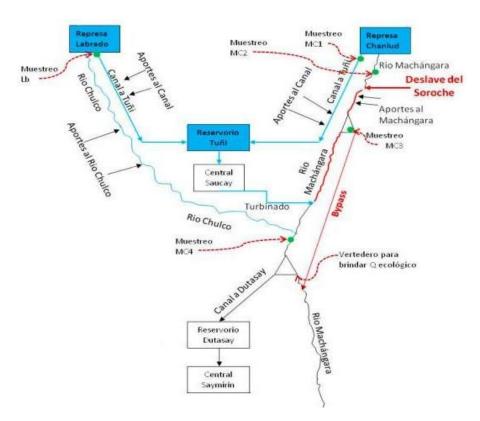


Figura 18. Origen del agua cruda - Reservorios Fuente: Espinoza Garate

Los análisis realizados por el Laboratorio de Control de Calidad de la Planta de Tratamiento de agua potable Tixán son:

- ✓ <u>Turbiedad:</u> Debido a las variaciones estacionales se observa un amplio rango desde 1,0 NTU a 4121 NTU, considerando eventos extremos presenciados durante la operación. Pero en general, el parámetro se mantiene por debajo de los 11,4 NTU más del 90% del tiempo.
- ✓ <u>Temperatura:</u> Este parámetro fluctúa entre el rango de 7,5 °C a 19,6 °C; aunque también depende de la estación del año dando un valor promedio de 15,82°C.
- ✓ <u>pH:</u> Presenta una variación de 6,39 a 8,09, siendo de carácter básico cerca del 95% del tiempo, con un valor promedio de 7,74.
- ✓ <u>Alcalinidad:</u> Presenta una variación entre 23,84 a 61,54 mg/l CO₃Ca, indicando una baja capacidad de taponamiento o de neutralización a los ácidos. Este parámetro interviene en el proceso de coagulación con el uso de sulfato de aluminio.
- ✓ <u>Hierro y manganeso</u>: Tiene una amplia variación dentro del rango de 97,2 ug/L a
 1507 ug/L con un valor promedio anual de 424,17 ug/L para el hierro y en cuanto
 al manganeso se encuentra dentro de un rango de 79,55 ug/L a 1142 ug/l y un



- valor promedio anual de 169,7 ug/L. Tomando en cuenta que en periodo de lluvias hay un aumento de concentraciones comprobando la relación de tipo estacional.
- ✓ <u>Coliformes totales y fecales:</u> en los registros diarios del laboratorio de control de calidad de PTAP "Tixán" presenta coliformes totales entre un rango de [1,30E+01 2,4E+04] NMP/100ml y coliformes fecales entre [3,00E+OO 2,40E+04] NMP/100ml (ETAPA, 2015).

2.2 Conducción y Captación del agua cruda

Las aguas del río Machángara sirven de fuente de abastecimiento para la PTAP y también para las Centrales Hidroeléctricas de Saucay y Saymirín, su cauce nace en el Parque Nacional El Cajas en la laguna Machangaracocha y desemboca en el río Cuenca con una extensión aproximada de 208 Km² regulada en la zona alta, está ubicado al noreste del área urbana de la ciudad de Cuenca y es uno de los cuatro ríos más importantes de la provincia azuaya (ETAPA, 2015).

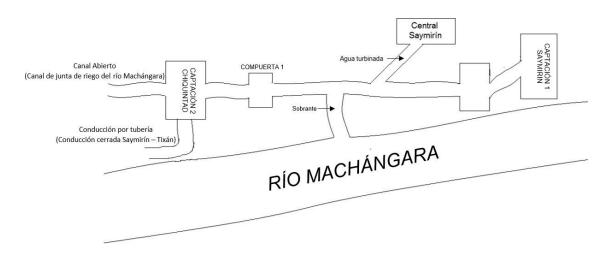


Figura 19. Captaciones de agua cruda para la PTAP Tixán

Fuente: Autor

La captación de agua cruda para la planta de Tixán se puede realizar de dos maneras: la primera, utilizando una estructura civil propia de la planta de Tixán para captar agua del rio Machángara, la misma que será utilizada cuando la Hidroeléctrica de Saymirín se encuentre en mantenimiento o sufra algún desperfecto. La segunda se da por dotación de agua cruda luego de ser turbinada por la Central Hidroeléctrica de Saymirín. Cualquiera que fuese la manera de captación, se llega a una estructura civil denominada Captación Chiquintad. De esta estructura se tiene dos formas de conducir agua cruda hacia la planta de Tixán, siendo



una por canal abierto (Canal de junta de riego del río Machángara) y la otra por conducción por tubería (Conducción cerrada Saymirín - Tixán) (ETAPA, 2016).

2.3 Oxidación y Aireación

Se dispone de dos unidades de pre tratamiento en paralelo donde se efectúa el proceso de oxidación con la incorporación de aire y la dosificación de una solución de permanganato de potasio. Estas unidades tienen la capacidad para procesar el caudal a tratarse en los módulos I y módulo II incluyéndose el correspondiente al módulo III.



Figura 20. Unidades de proceso de oxidación y aireación

Fuente: Autor

El ingreso a las unidades de oxidación se realiza a través de vertederos de longitud equivalente al ancho de las mismas con una relación longitud respecto al ancho (L/b=10). El perfil del flujo sobre el vertedero es de tipo hidrodinámico. El control de la admisión o cierre de paso de agua, se realiza mediante compuertas vertederos de pared delgada con descarga libre, tres por cada unidad de oxidación.

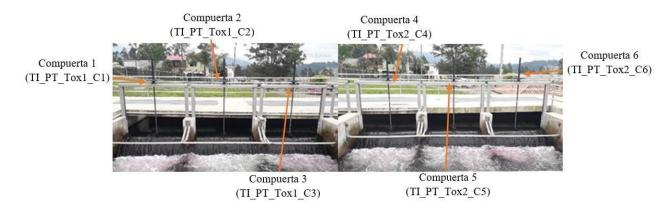


Figura 21. Compuertas de ingreso de agua cruda a proceso de oxidación y aireación

Fuente: Autor



Inmediatamente aguas debajo de los vertederos, se ha previsto losas planas horizontales, constituyendo en cada tanque un canal de solera plana, que permite la formación de un resalto hidráulico débil con un flujo rápidamente variado, ya que este forma remolinos en parte superior del salto y aguas abajo se mantiene lisa que facilita la dispersión de la solución del oxidante, la cual es dosificada por medio de flautas.



Flauta dosificadora de KMno4

Figura 22. Dosificación de la solución de permanganato de potasio Fuente: Autor

Las unidades de oxidación tienen una pendiente de 1% hacia el extremo de ingreso de agua cruda, con la finalidad de facilitar el arrastre de sólidos durante el vaciado que se realiza en su respectivo mantenimiento.

En la solera de las cámaras se dispone de 5 aireadores sumergibles por unidad, estos proporcionan oxígeno al agua y la agitación necesaria para mantener en suspensión y en contacto las partículas y precipitados formados durante la oxidación de hierro y manganeso. Los aireadores pueden ser extraídos o instalados fácilmente desde los puentes ubicados transversalmente sobre los muros de las unidades.

Las salidas del efluente de las unidades de aireación se la hacen a través de vertederos instalados a todo lo ancho de las unidades, son de cresta delgada y descarga libre. El efluente será recogido en un canal de distribución con dos salidas mediante tuberías y transportadas hacia los módulos de tratamiento I y II. El mismo fue diseñado con los elementos de control respectivos para distribuir el caudal, tanto para continuar su procesamiento en el módulo I como para el módulo II – módulo III (ETAPA, 2015).



Figura 23. Aireador sumergible en funcionamiento

Los conductos de transporte de agua aireada a las unidades de mezcla rápida para el Módulo I y II, tienen un diámetro de 700 mm y 1000mm respectivamente. A las salidas de los canales de distribución tanto para el Módulo I y II, se dispone de una compuerta con actuador eléctrico, en el cual, el actuador 3 es para el Módulo I y el actuador 4 para el Módulo II que permiten el ingreso de agua al conducto que transporta el caudal a las unidades de mezcla rápida, siendo este caudal registrado por un medidor ultrasónico.

2.4 Mezcla rápida

Flauta dosificadora de solución de sulfato de aluminio



Figura 24. Unidad de mezcla rápida Fuente: Autor

Esta unidad está conformada por un canal de sección constante que dispone de una solera de pendiente importante, pero al final tiene una pendiente nula con el objetivo de crear un salto hidráulico, en el cual la energía hidráulica disipada es empleada para dispersar inmediatamente y de forma homogénea el coagulante en la masa líquida. En este sitio se encuentra instalado el sistema de distribución de la solución de coagulante.



La solución de sulfato de aluminio produce desestabilización y la conglomeración de las partículas coloidales, microorganismos, entre otros (ETAPA, 2015).

2.5 Floculación



Figura 25. Compuerta de las unidades de floculación

Fuente: Autor

En este proceso se dispone de una unidad compuesta por floculadores, estos divididos en 4 grupos de flujo hidráulico vertical. El ingreso a cada floculador se hace mediante una compuerta manual de tipo canal obturador que dispone de volante. La unidad de repartición de caudal a procesarse en cada unidad de floculación está conformada por una cámara de vertederos frontales de descarga libre.



Figura 26. Sistema de distribución de solución de polímero Fuente: Autor



En estas unidades, se incorpora la solución de polímero facilitando la formación de flóculos con mayor capacidad de sedimentación. Por ello, se dispone de un sistema de distribución de polímeros que se da mediante dosificadores de carga constante que se encuentran instalados al inicio de cada unidad de floculación (ETAPA, 2015).

2.6 Sedimentación



Figura 27. Compuerta de carga hacia unidades de sedimentación

Fuente: Autor

Para el ingreso de caudal a las unidades de sedimentación se tiene 8 compuertas con sus respectivos actuadores, es decir, hay ocho unidades de sedimentación que trabajan en paralelo, son unidades de alta tasa conformadas por placas inclinadas y flujo ascendente a través de las cuales fluye el agua, mientras circula se van depositando las partículas sedimentables y éstas por efecto de la gravedad se asientan al fondo del sedimentador. Cada unidad cuenta con dos zonas de sedimentación separadas por un canal central. Este canal está integrado por dos canales: el inferior que permite el ingreso a presión del agua floculada; mientras que el canal superior transporta el agua sedimentada que es recolectada por el sistema de tuberías perforadas que se encuentran ubicadas en la parte superior de los sedimentadores.

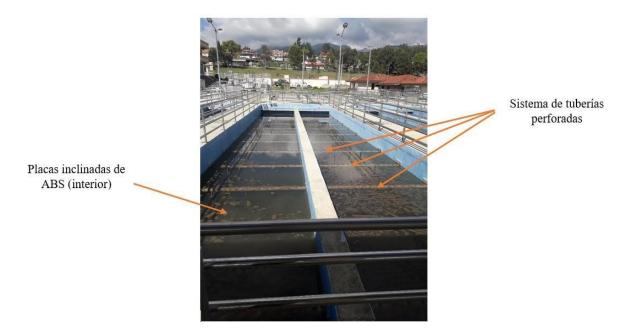


Figura 28. Unidad de sedimentación

Los lodos sedimentados se deslizan por las paredes de tolvas longitudinales de paredes inclinadas con características geométricas con un ángulo de 60° y una altura de 1.80 m que facilitan su extracción mediante un canal múltiple recolector que se ubica a lo largo de las tolvas con un ancho de 0,45 m y altura variables. Este canal recolector está cubierto de losetas de hormigón en las cuales se han previsto los orificios que están separados uniformemente.

2.7 Filtración rápida

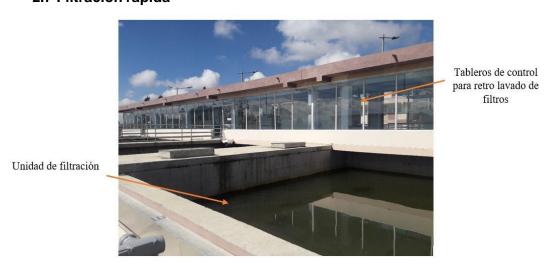


Figura 29. Filtración Fuente: Autor



Los filtros construidos corresponden a un sistema de tasa declinada variable, permite el lavado de las unidades filtrantes mediante el caudal filtrado por las unidades en operación. Consta de ocho unidades cuyo medio filtrante está conformado por antracita y arena los mismos que descansan sobre un lecho de grava graduada y el denominado fondo falso, que lo integran bloques de polietileno de alta densidad tipo Leopold (ETAPA, 2016).



Figura 30. Filtros tipo Leopold

Fuente: Autor

El drenaje de los filtros permite recolectar el agua filtrada y a su vez distribuir el aire y agua de forma uniforme y secuencial durante el proceso de lavado. El sistema de lavado además de utilizar el agua generada por otras unidades en operación, requiere de un sistema auxiliar que emplea aire generado por sopladores. Estos sopladores están ubicados en una cabina especial que cuenta con los elementos de control ambiental necesarios y son de tipo de desplazamiento positivo de tipo lobular, y pueden generar un caudal de aire de 2,723.28 Nm₃/h a una temperatura estimada de 48,27 °C debido a la compresión adiabática y una presión de 3,29 mca (ETAPA, 2016).

2.8 Desinfección

Se cuentan con dos cámaras de contacto de cloro ubicadas a la salida de las baterías de filtro, están constituidas por un laberinto conformado por tabiques que garantizan un flujo tipo pistón y un mismo tiempo de retención hidráulica a la masa de agua. El distribuidor de inyección de la solución de cloro está localizado en la parte inferior del primer canal que integra la respectiva cámara. Estas dos cámaras de cloración son independientes, ya que esto facilita la limpieza de cualquiera de ellas sin suspender el proceso.

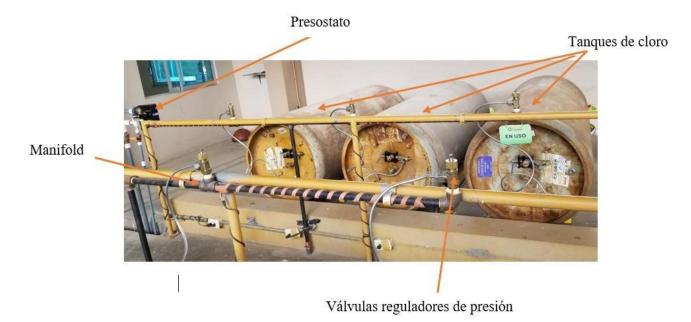


Figura 31. Sistema de dosificación de cloro gas

La planta dispone de la sala de cloración donde está instalado el equipo de preparación de la solución de cloro y medición para ser inyectada en los sitios requeridos. El depósito de cloro almacena los cilindros de 1 tonelada de cloro gas y mediante el sistema de transporte son colocados en sus respectivos lugares. El sistema existente corresponde a la inyección de solución de Cl para lo que se emplea cloro gas, la extracción se la hará desde tres cilindros. El sistema dispone de dos Manifold de extracción y cada uno de ellos puede conectarse a tres cilindros de cloro de 1 Ton. Cada Manifold tiene instalado un regulador de vacío con un sistema de cambio automático e indicador de presión que permite conectarse al conjunto de cilindros llenos al momento en que uno de los conjuntos se agote (ETAPA, 2016).

2.9 Almacenamiento y Distribución



Figura 32. Tanque de almacenamiento #5

Fuente: Autor



Las reservas pertenecientes al módulo II llamadas R3, R4, R5; las primeras se encuentran ubicadas a continuación de las cámaras de cloración, éstas tienen dos salidas de la planta.

Nombres del	Ancho (m)	Largo (m)	Altura del agua	Volumen (m³)
tanque			(m)	
Reserva 3	26,90	15,10	3,70	1502,90
Reserva 4	26,90	15,10	3,70	1502,90
Reserva 5	28,00	20,00	4,70	2632,00

2.10 Equipos dosificadores de la PTAP "TIXÁN"

Equipo para la preparación de la solución de Permanganato de potasio

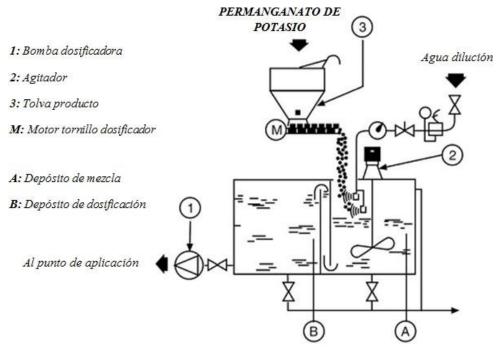


Figura 33. Equipo para la dosificación de Permanganato de potasio

Fuente: Permanganato potásico (elaguapotable.com)

Equipo de preparación de solución de KMnO₄ en la PTAP Tixán



Figura 34. Dosificador volumétrico para productos químicos secos- Modelo W105



Figura 35. Tornillo Sin fin del dosificador de KMnO4

Fuente: Autor

El equipo dosificador de marca ACRISON se caracteriza por su tornillo doble concéntrico de velocidad variable diseñado para dosificar de forma fiable una gran variedad de químicos secos usados comúnmente en aplicaciones de tratamiento de aguas. El sistema consiste de un Tornillo Acondicionador (más grande) que se mueve en la misma dirección que el Tornillo Dosificador (más pequeño) pero con una velocidad mucho menor. Es de construcción de acero inoxidable 304SS, impulsado por un motor de velocidad variable y operado por un PLC Allen-Bradley con una pantalla táctil a color (ACRISON, 2021).



Equipo dosificador de Sulfato de Aluminio

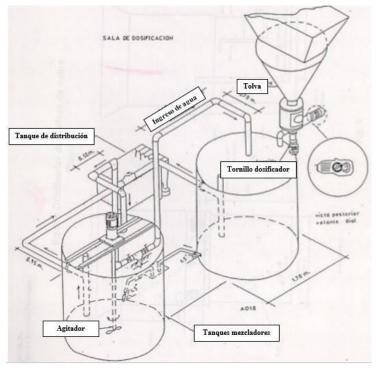


Figura 36. Equipo dosificador de Sulfato de aluminio

Fuente: Tratamiento de agua coagulación y floculación (slideshare.net)

Equipo para la preparación de solución de Al₂(SO₄)₃



Figura 37. Sistema de preparación de reactivos - DOSAPACK MAX

Fuente: Autor



El dosificador Dosapack - Max de marca Milton Roy fabricado por el grupo SDM, se puede operar de modo automático o manual para la preparación de reactivos en polvo empleados en tratamientos de aguas. Su funcionamiento está dado de tal manera que cuando el sensor de nivel proporciona una señal de mínimo, se abre la electroválvula de entrada de agua y se pone en funcionamiento el dosificador de polvo. De igual manera, en el momento en el que el sensor de nivel proporciona una señal de máximo, se cierra la electroválvula de entrada de agua y se detiene el dosificador de polvo. El agitador siempre permanece en marcha.

Éste cuenta con un depósito con línea de entrada de agua, rebose y drenaje, dosificador de polvo (tolva en forma de pirámide truncada y tornillo sinfín) y agitador.

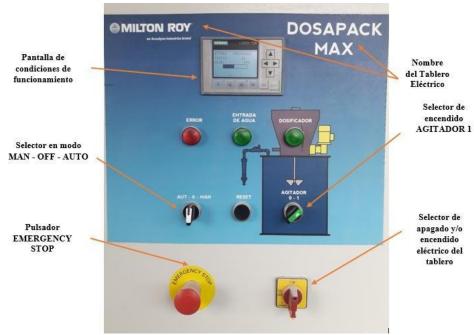


Figura 38. Panel de control de Dosapack - Max.

Fuente: Autor

Equipo dosificador de poli electrolito

Integra los poli electrolitos en polvo en la disolución para alcanzar una correcta dispersión y actuación de los mismos dentro del proceso de tratamiento de aguas.



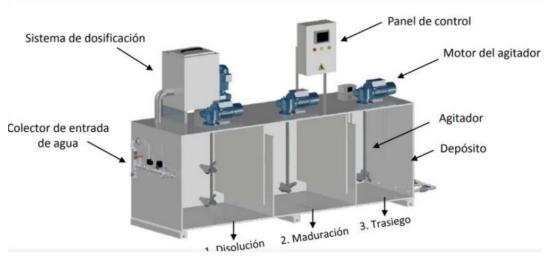


Figura 39. Equipo para dosificar poli electrolito

Fuente: Equipos de preparación y dosificación de polielectrolito (keiken-engineering.com)

El proceso de preparación de la solución de Permanganato a dosificar para el tratamiento de agua, se basa en tres etapas: disolución, maduración y trasiego, en donde:

- Disolución: El polímero se humidifica y se disuelve mediante una agitación lenta, favoreciendo la homogeneización de la solución.
- Maduración: La solución se mantiene en agitación continua y lenta.
- Trasiego: Las sondas de nivel actúan para que la solución pueda ser dosificada automáticamente.

Equipo de preparación de solución de Polielectrolito

El equipo dosificador POLIPACK de marca MILTON ROY fabricado por el grupo SDM es un sistema de preparación de floculantes en polvo de modo continuo y de modo automatizado o manual, el cual cuenta con un depósito de 3 compartimientos que son para la preparación, maduración y mantenimiento y dosificación de la solución, todos los compartimentos están interconectados. Además, el primer y segundo compartimento cuenta con un agitador. Sobre el equipo está una tolva donde se almacena el polímero en polvo, en la parte inferior de ésta se encuentra el tornillo sin fin accionado por un reductor de velocidad lo que permite controlar la cantidad de producto que es incorporado en el depósito. El sistema está provisto de un tablero eléctrico de control que permite automatización del proceso de preparación o en modo manual del mismo.



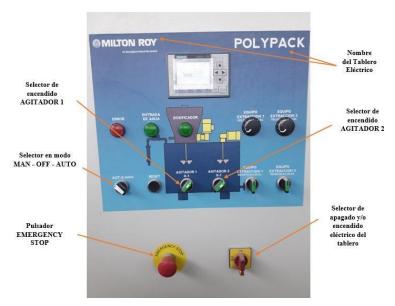


Figura 40. Panel eléctrico de control de POLYPACK

Equipo dosificador de cloro gas



Figura 41. Sistema de dosificación de cloro gas

Fuente: Autor

El sistema de dosificación de cloro está integrado por un sistema de pesaje de 6 cilindros de gas de 1 tonelada constituidos por dos plataformas que permiten la medición de 3 contenedores de cloro con salidas de 4 a 20 mA. Para su control se dispone de un display de dos canales en la que se puede observar el peso de las dos plataformas, dos manifold para la conexión de los 3 cilindros de 1 tonelada, dos eyectores que tiene cada uno con una contra presión de 20 psi., dos unidades reguladoras de vacío. Además, dos paneles de dosificación automática de cloro, el cual dispone de dos válvulas automáticas para control manual y automático de cloro residual y caudal, también incluyen un rotámetro visual (ETAPA, 2016).



Figura 42. Paneles de control automatizado de cloro gas Fuente: Autor



Capítulo III

3. Metodología experimental

La Planta de Tratamiento de Agua Potable "Tixán" dentro de sus condiciones de trabajo ha definido las dosis óptimas de los productos químicos usados en su proceso de potabilización de agua como son: permanganato de potasio con una dosis de 500mg/l, sulfato de aluminio con su dosis optima de 23mg/l, polímero PRAESTOL 650 TR con una dosis entre 0.05 – 0.04 mg/l y cloro gas con su dosis óptima de 1.7mg/l, las mismas que fueron determinadas en estudios anteriores por el laboratorio de control de calidad de dicha planta.

Previo a realizar la parte experimental se procedió a conocer las instalaciones de la planta, así como su funcionamiento y condiciones de operación. Para desarrollar la determinación cuantitativa de los datos para el aforo volumétricos y másicos de los equipos dosificadores de químicos fue necesario utilizar los datos proporcionados por la planta como son caudal y dosis, así como los equipos dosificadores, Balanza analítica PMA.QUALITY, Modelo CNTRIS8201-1S, cronómetro, cápsulas, vasos de precipitación y además la herramienta informática Microsoft Excel. También se contó con el apoyo del jefe de planta y los operadores para la supervisión y muestreo del agua potabilizada en la planta de tratamiento. El proceso experimental se va a desarrollar mediante el siguiente esquema:

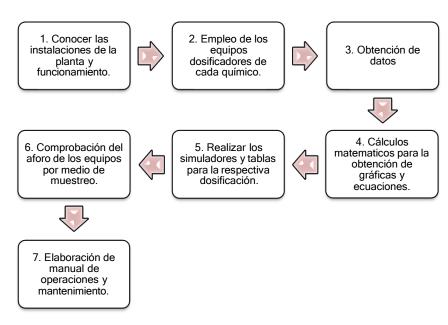


Figura 43. Diagrama del proceso experimental

Fuente: Autor



3.1 Determinación de datos cuantitativos para los diferentes químicos usados en el tratamiento de potabilización de agua en PTAP Tixán en base a los nuevos equipos dosificadores.

3.1.1 Permanganato de potasio

Materiales y reactivos:

Materiales

- Cronómetro
- Cápsulas de porcelana
- Balanza analítica PMA.QUALITY, Modelo CNTRIS8201-1S
- Toallas limpiadoras desechables

Reactivos

 Permanganato de potasio al 99.5% en presentaciones de 50 Kg (grado comercial)

Procedimiento:

Para realizar la determinación de datos cuantitativos para el dosificador de permanganato de potasio se realizó en el equipo Volumetric Dry Chemical Feeders – Modelo ACRISON W105, éste nos permite hacer una toma de muestra de KMnO₄ dependiendo de la velocidad en que se encuentre trabajando el motor que permite el giro tornillo dosificador sin fin, las cuales van desde las 7rpm a 60 rpm. Para este experimento se trabajó con el tablero principal denominado = 00 + TC-Do - CONTROL PLC DOSIFICACIÓN QUÍMICOS, en éste podemos encontrar un selector para poner el equipo a dosificar en modo manual, lo que nos permite ingresar las condiciones de operación como concentración de manganeso, factor de corrección y RPM del tornillo.

- Toma de muestras:
 - a) Pesar y etiquetar las cápsulas previamente lavadas y secadas, registrar los datos obtenidos.
 - b) Colocar el equipo en modo Manual, e ingresar los datos requeridos:

Datos		Unidades
Concentración de Mn	50	ug/L
Factor	10	-
estequiométrico		



Giro del tornillo [7 – 60] Rpm

Para el giro del tornillo se trabajó desde 7rpm, continuando con 10 rpm y de ahí en adelante con múltiplos de 5 hasta 60 rpm, es decir: 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 y 60 rpm.

- c) Posterior a ello, se colocó la cápsula debajo del tornillo sin fín donde se da la caída del químico al tanque de mezcla para obtener pesos con cada giro del tornillo. Con ayuda del cronómetro se tomó un tiempo de 30 segundos en cada toma de muestras.
- d) Se pesó cada cápsula con KMnO₄ y registró los datos obtenidos.
- e) Este proceso se realizó por triplicado para cada revolución estudiada.

Datos a registrar

- ✓ Numero designado en la etiqueta a cada capsula (N° Cáp).
- ✓ Numero de revoluciones que se está trabajando (N° Rev).
- √ Tiempo de recolección de químico en el tornillo sin fin en segundos.
- ✓ Peso de la capsula limpia y seca (Peso Cáp).
- ✓ Peso de la capsula más el permanganato de potasio (Peso Cáp + KMnO4).

Fórmulas y Cálculos:

- Cálculo del peso de KMnO₄

$$Peso_{KMnO_4} = Peso_{C\acute{a}p+KMnO_4} - Peso_{C\acute{a}p} = g \ KMnO_4$$

Cálculo de g/s KMnO₄

Realizar un promedio de los 3 pesos obtenidos para cada rpm y dividir para el tiempo (30s):

$$\frac{g}{s} = \frac{Peso_{prom}}{tiempo}$$

 Generar una tabla con los datos recolectados y graficar para obtener una ecuación lineal, la misma que representará la dosificación de este producto químico.



Ajuste de datos experimentales a un modelo estadístico que permite obtener
 la ecuación que representa la dosificación de KMnO₄ con el equipo.

Una vez realizada la representación gráfica de los datos cuantitativos se procedió a realizar el respectivo ajuste, donde se estableció que el modelo que cumple la distribución bidimensional de los datos es el modelo de regresión lineal.

La ecuación que cumple este modelo es Y = mX + b, donde Y son los valores correspondientes al eje vertical, b es la ordenada al origen, m es la pendiente, y X son los valores correspondientes al eje horizontal.

La igualdad indica la relación que existe entre la variable respuesta *Y*, y una única variable explicativa *X*; permitiendo estimar o predecir el valor de la variable de respuesta a partir de un valor dado a la variable explicativa.

La variable respuesta o dependiente son los g/s de permanganato de potasio que caen de acuerdo a las revoluciones a las que gira el tornillo sin fin, siendo la variable explicativa o independiente las RPM del tornillo.

Siendo:

 $Y = Cantidad de KMnO_4 por unidad de tiempo (g/s)$

m = pendiente

X =velocidad de giro o índice (rpm)

b = corte

A partir de esta ecuación se procedió a ejecutar un programa o simulador en Excel y la tabla Índice vs. Caudal para la dosificación de KMnO₄, el cual es una alternativa de dosificación en caso de que existan fallas con el modo automático del equipo o algún otro desperfecto.

3.1.2 Sulfato de aluminio

Materiales y reactivos:

Materiales

- Envase o recipiente metálico
- Balanza analítica PMA.QUALITY, Modelo CNTRIS8201-1S Reactivos

- Sulfato de aluminio grado 2 tipo B grueso QUIMIPAC (Sacos de 25 Kg)



Procedimiento:

Para realizar la determinación de datos numéricos para el dosificador de sulfato de aluminio se realizó en el equipo DOSAPACK-MAX MILTON ROY. Se hace la toma de muestra de Al₂ (SO₄)₃ dependiendo al índice en que se trabaja, es decir, el índice nos indica un determinado número de revoluciones que gira el tornillo dosificador sin fin; pudiendo ir desde el índice 1 hasta el 60. Para este experimento se trabajó con el tablero principal denominado = 00 + TC-Do - CONTROL PLC DOSIFICACIÓN QUÍMICOS y además, con el tablero eléctrico propio del equipo, en éstos podemos encontrar un selector para colocar el equipo en modo manual, pudiendo así modificador el índice con facilidad.

Toma de muestras:

- a. Pesar el recipiente previamente lavado y secado, registrar el dato.
- b. Colocar los selectores en modo Manual y el índice en el digito requerido, se trabajó desde el índice 1 hasta el 23 de uno en uno.
- c. Posterior a ello, se colocó el recipiente debajo del tornillo sinfín donde se da la caída del químico al tanque de mezcla para obtener pesos dependiendo a los tiempos de llenado y espera programados en el equipo.
- d. Se pesó el recipiente por cada índice estudiado y se registró los datos obtenidos.
- e. Este proceso se realizó por triplicado para cada índice estudiado.

Nota: Se cuenta con 4 equipos dosificadores de sulfato de aluminio por ello este procedimiento se realizó para cada uno de ellos; los tiempos de espera y llenado de Al_2 (SO₄)₃ vienen dados de fábrica, pero de igual manera se comprobó dichos tiempos.

Tabla 1. Tiempo de espera y llenado de los dosificadores de sulfato de aluminio

Índice	Tiempo llenado (s)	Tiempo Espera(s)	Tiempo Total (s)
1	4	196	200
3	10	190	200
5	8	92	100
7	12	88	100
9	15	85	100
11	18	82	100



13	22	78	100
15	25	75	100
17	28	72	100
19	32	68	100
21	35	65	100
23	38	62	100

Datos a registrar:

- √ Índice al que está trabajando el dosificador.
- ✓ Peso del recipiente limpio y seco (*Peso_{Recip}*).
- ✓ Peso en gramos del recipiente más muestra tomada de químico (Peso_{Recip+Al2(SO4)3}).
- ✓ Tiempos de llenado, esperado y total en segundos.

Fórmulas y Cálculos:

Cálculo del peso de Al₂(SO₄)₃

$$Peso_{Al_2(SO_4)_3} = Peso_{Recip+Al_2(SO_4)_3} - Peso_{Recip} = g Al_2(SO_4)_3$$

- Cálculo de g/s Al₂(SO₄)₃

Realizar un promedio de los 3 pesos obtenidos para cada índice y dividir para el tiempo total(s):

$$\frac{g}{s} = \frac{Peso_{prom}}{Tiempo\ Total}$$

Para convertir de g/s a kg/h:

$$\frac{kg}{h} = \frac{g}{s} * 3,6$$

- Generar una tabla con los datos recolectados y graficar para obtener una ecuación lineal, la misma que representará la dosificación de este producto químico.
- Ajuste de datos experimentales a un modelo estadístico que permite obtener
 la ecuación que representa la dosificación de Al₂(SO₄)₃ con el equipo.

Una vez realizada la representación gráfica de los datos cuantitativos se procedió a realizar el respectivo ajuste, donde se estableció que el modelo que cumple la distribución bidimensional de los datos es el modelo de regresión lineal.



La ecuación que cumple este modelo es Y = mX + b, donde Y son los valores correspondientes al eje vertical, b es la ordenada al origen, m es la pendiente, y X son los valores correspondientes al eje horizontal.

La igualdad indica la relación que existe entre la variable respuesta *Y*, y una única variable explicativa *X*; permitiendo estimar o predecir el valor de la variable de respuesta a partir de un valor dado a la variable explicativa.

La variable respuesta o dependiente son los kg/h de sulfato de aluminio que caen de acuerdo a las revoluciones a las que gira el tornillo sin fin, siendo la variable explicativa o independiente las RPM del tornillo.

Siendo:

 $Y = Cantidad de Al_2(SO_4)_3$ por unidad de tiempo (kg/h)

m = pendiente

X =velocidad de giro o índice (rpm)

b = corte

A partir de esta ecuación se procedió a ejecutar un programa o simulador en Excel y la tabla Índice vs. Caudal para la dosificación de Al₂ (SO₄)_{3,} el cual es una alternativa de dosificación en caso de que existan fallas con el modo automático del equipo o algún otro desperfecto. Esto se realizó para los cuatro dosificadores de sulfato de aluminio que cuenta la planta de tratamiento de agua potable Tixán.

3.1.3 Polímero o polielectrolito PRAESTOL 650 TR

Materiales y reactivos:

Materiales

- Cápsulas de porcelana
- Balanza analítica PMA.QUALITY, Modelo CNTRIS8201-1S
- Toallas limpiadoras desechables

Reactivos

- Polielectrolito PRAESTOL 650 TR
- Procedimiento:

Para realizar la determinación de datos cuantitativos para el dosificador de Poli electrólito se realizó en el equipo POLYPACK MILTON ROY; la toma de muestra del polímero se realiza dependiendo al índice que trabaja el equipo, debido a que el índice nos indica un

determinado número de revoluciones que gira el tornillo dosificador sin fin lo que permite dosificar mayor o menor cantidad de reactivo; pudiendo ir desde el índice 1 hasta el 9. Para este experimento se trabajó con el tablero principal denominado = 00 + TC-Do - CONTROL PLC DOSIFICACIÓN QUÍMICOS y además con el tablero eléctrico propio del equipo, en éstos podemos encontrar un selector para poner el equipo en modo manual, pudiendo así modificador el índice de manera manual.

Toma de muestras:

- a. Pesar y etiquetar las cápsulas previamente lavadas y secadas, registrar los datos.
- b. Colocar los selectores en modo Manual y el índice en el dígito requerido, se trabajó con los índices impares desde el 1 hasta el 9 para el equipo # 1 y del índice 1 al 3 para el equipo # 2.
- c. Posterior a ello, se colocó la cápsula de porcelana al final del tornillo sin fin donde cae el polímero para así obtener los pesos dependiendo a los tiempos de llenado y espera programados y el índice seleccionado, es decir, para cada índice viene dado un tiempo de llenado y un tiempo de espera en segundos, el tiempo de llenado representa los segundos que tarda en caer el producto químico a través del tornillo y el tiempo de espera indica el intervalo en segundos para que vuelva a caer el polímero.
- d. Se pesó la cápsula por cada índice estudiado y se registró los datos obtenidos.
- e. Este proceso se realizó por triplicado para cada índice estudiado.

Nota: En la PTAP Tixán se dispone de 2 equipos dosificadores de polielectrolito, por ello este procedimiento se realizó para cada uno; los tiempos de espera y llenado vienen dados de fábrica pero de igual manera se comprobó dichos tiempos.

Tabla 2. Tiempos de espera y llenado del dosificador de polímero # 1

Índice	Tiempo Ilenado (s)	Tiempo Espera(s)	Tiempo Total (s)
1	3,75	195	198,75
	3,75	195	198,75
	4,08	196	200,08
3	9,59	190	199,59
	9,98	190	199,98
	9,48	190	199,48
5	7,01	92	99,01



	7,52	92	99,52
	7,98	92	99,98
7	11,99	87	98,99
	11,98	87	98,98
	11,96	87	98,96
9	15,16	84	99,16
	15,23	84	99,23
	15,06	84	99,06

Tabla 3. Tiempo de espera y llenado del dosificador de polímero #2

Índice	Tiempo llenado (s)	Tiempo Espera(s)	Tiempo Total (s)
1	1,2	198	199,2
	2,03	198	200,03
	2,03	198	200,03
2	3,23	300	303,23
	3,06	300	303,06
	3,06	300	303,06
	3,06	300	303,06
3	4	290	294
	4	290	294
	4	290	294
	4	290	294
	4	290	294

Fuente: Autor

Datos a registrar:

- ✓ Numero designado en la etiqueta a cada capsula (N° Cáp).
- √ Índice que se está trabajando (N° Rev).
- √ Tiempo de recolección de químico en el tornillo sin fin en segundos.
- ✓ Peso de la capsula limpia y seca (Peso Cáp).
- ✓ Peso de la capsula más el polímero (Peso Cáp + polímero).

Fórmulas y Cálculos:

Cálculo del peso de Polielectrolito

$$Peso_{Pol} = Peso_{C\acute{a}p+Pol} - Peso_{C\acute{a}p} = g Polielectrolito$$

Cálculo de g/s Polielectrolito

Realizar un promedio de los 3 pesos obtenidos para cada índice y dividir para el tiempo total (s):

$$\frac{g}{s} = \frac{Peso_{prom}}{Tiempo\ Total}$$



Para la conversión de g/s a kg/h

$$\frac{kg}{h} = \frac{g}{s} * 3.6$$

- Generar una tabla con los datos recolectados y graficar para obtener una ecuación lineal, la misma que representará la dosificación de este producto químico.
- Ajuste de datos experimentales a un modelo estadístico que permite obtener la ecuación que representa la dosificación de Polielectrolito PRAESTOL 650 TR con el equipo.

Una vez realizada la representación gráfica de los datos cuantitativos se procedió a realizar el respectivo ajuste, donde se estableció que el modelo que cumple la distribución bidimensional de los datos es el modelo de regresión lineal.

La ecuación que cumple este modelo es Y = mX + b, donde Y son los valores correspondientes al eje vertical, b es la ordenada al origen, m es la pendiente, y X son los valores correspondientes al eje horizontal.

La igualdad indica la relación que existe entre la variable respuesta *Y*, y una única variable explicativa *X*; permitiendo estimar o predecir el valor de la variable de respuesta a partir de un valor dado a la variable explicativa.

La variable respuesta o dependiente son los *kg/h* de polielectrolito PRAESTOL 650 TR que caen de acuerdo a las revoluciones a las que gira el tornillo sin fin, siendo la variable explicativa o independiente las RPM del tornillo.

Siendo:

Y = Cantidad de polielectrolito PRAESTOL 650 TR por unidad de tiempo (<math>kg/h)

m = pendiente

X =velocidad de giro o índice (rpm)

b = corte

A partir de esta ecuación se procedió a ejecutar un programa o simulador en Excel y la tabla Índice vs. Caudal para la dosificación de polielectrolito, PRAESTOL 650 TR, el cual es una alternativa de dosificación en caso de que existan fallas con el modo automático del equipo



o algún otro desperfecto. Esto se realizó para los dos dosificadores de polielectrolito que cuenta la planta de tratamiento de agua potable Tixán.

 Modelo lineal que permite obtener la dosificación de polielectrolito con respecto a la RPM de la bomba del equipo.

Para obtener el modelo lineal se procedió a realizar un aforo de la bomba correspondiente al módulo II, el cual consiste en obtener una tabla del siguiente formato:

RPM	l/min	I/s
450	10	
640	15	
900	20	
1100	25	
1325	30	
1500	35	
1700	40	

Con la ayuda del tablero principal denominado = 00 + TC-Do - CONTROL PLC DOSIFICACIÓN QUÍMICOS, se ingresó cada una de las RPM y en la línea de distribución de polímero se fue comprobando que el caudal del polímero a dosificar (LPM) sea el correspondiente a cada uno de los valores citados en la tabla anterior. La ecuación que cumple este modelo es:

$$Y = mX + b$$

Donde Y son los valores correspondientes al eje vertical, b es la ordenada al origen, m es la pendiente, y X son los valores correspondientes al eje horizontal. La variable dependiente son los l/s de polielectrolito que va a ser dosificado hacia el proceso de acuerdo al índice estudiado, siendo la variable independiente las RPM de la bomba empleada.

Siendo:

Y= Caudal de polielectrolito (l/s)

m= pendiente

X = velocidad de giro de la bomba (rpm)

b = corte

A partir de esta ecuación y en conjunto con la ecuación lineal obtenida a partir del caudal de ingreso de agua, se procedió a ejecutar un programa o simulador en Excel y la tabla Índice vs. Caudal para la dosificación del polímero de forma manual en caso de que existan fallas con el modo automático. Esto se realizó para los dos dosificadores de polielectrolito que cuenta la planta de tratamiento de agua potable Tixán.

3.1.4 Cloro gas

El equipo dosificador de cloro gas depende del caudal de ingreso de agua cruda y de la concentración de cloro gas, por lo cual, se realizó cálculos respectivos para obtener una gráfica Caudal (l/s) Vs Cloro gas (kg/h), el estudio se llevó a cabo con un caudal entre el rango de [150-2000] l/s y con concentraciones de:

Concentración 1,7	1,8	1,9	2,0	ppm o mg/l
-------------------	-----	-----	-----	---------------

Formulas y Cálculos:

- Cálculo de mg/s cloro gas por cada concentración

$$\frac{mg}{s} = Caudal * Concentración = \frac{l}{s} * \frac{mg}{l}$$

El caudal va desde 150 sumando 50 unidades por cada multiplicación hasta llegar al 2000, esto se hizo para cada concentración obteniendo una tabla. Para pasar de mg/s a kg/h

$$\frac{kg}{h} = \frac{mg}{s} * 0.0036$$

- Generar una tabla de datos como se indica a continuación y graficar.

kg/h [1,7]	kg/h [1,8]	kg/h [1,9]	kg/h [2,0]	Caudal (l/s)
X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Υ
				150
				200
				250
				2000



3.2 Evaluación del proceso

Para realizar la evaluación del proceso de dosificación de químicos se aplicaron 3 características:

- a. Formación de los flóculos: tamaño, uniformidad y velocidad de aparición.
- **b.** <u>Calidad de sobrenadante:</u> si se presenta turbio, semiturbio, transparente, turbiedad y color.
- c. <u>Calidad del producto final</u>: se realizó pruebas de color, turbiedad y cloro residual.

Los resultados obtenidos fueron analizados y tabulados relacionando las condiciones iniciales y finales de la turbiedad, color, concentración de manganeso y cloro residual con la dosificación de los químicos.



Capítulo IV

4. Análisis de resultados

4.1 Datos cuantitativos para los diferentes químicos usados en el tratamiento de potabilización de agua en PTAP Tixán en base a los nuevos equipos dosificadores

La potabilización del agua es un proceso controlado que se obtiene como producto final agua potable, para ello se emplea un tipo de tratamiento convencional que contiene una gran infraestructura, así como equipos dosificadores de los productos químicos para cada etapa del tratamiento, por ello es necesario realizar el aforo volumétrico y másico de dichos dosificadores.

4.1.1 Equipo dosificador de permanganato de potasio

Se realizaron 36 experimentaciones considerando un tiempo de 30 segundos cuyos resultados obtenidos se indican en la *Tabla 4* y corresponde al peso de KMNO₄ que cae del tornillo sin fin con respecto al tiempo, esta cantidad de químico que cae depende directamente de las revoluciones del motor del tornillo.

Tabla 4. Pesos de KMNO4 con respecto al tiempo

N° Cápsula	N° Rev (RPM)	Peso Cápsula (g)	Peso Cáp + KMnO₄ (g)	Peso KMnO₄ (g)	Peso promedio KMnO ₄ (g)	Caudal (g/s)
1	, ,	46,5	50,5	4		(0)
2	7	45,9	50,4	4,5	4,2	0,14
3		46,4	50,5	4,1		
1		48	53,8	5,8		
2	10	45	51	6	6,06	0,20
3		45,9	52,3	6,4		
1		46,7	58,1	11,4	10,77	0,36
2	15	46,5	58	11,5		
3		47,50	56,9	9,4		
1		46,7	61,2	14,5		
2	20	47	62	15	14,53	0,48
3		46,3	60,4	14,1		
1		48,4	66,1	17,7		0,62
2	25	46,2	65,4	19,2	18,6	
3		46,9	65,8	18,9		
1	30	48,4	70,3	21,9		
2		46,7	68,6	21,9	21,9	0,73
3		46	67,9	21,9		
1	35	46,4	70,6	24,2	26,2	0,87



2		45,2	72,2	27		
3		48,1	75,5	27,4		
1		46,6	77,3	30,7		
2	40	48,5	78,4	29,9	30,1	1,0
3		45,4	75,1	29,7		
1		45,4	82,7	37,3		
2	45	48,8	80,1	31,3	34,03	1,13
3		46,3	79,8	33,5		
1		47,1	85,4	38,3		
2	50	47,3	83,1	35,8	37,83	1,26
3		48,6	88	39,4		
1		48,1	91,7	43,6		
2	55	45,7	90,2	44,5	<i>4</i> 2,93	1,43
3		46,9	87,6	40,7		
1		46,9	93,2	46,3		
2	60	46,3	92,5	46,2	45,96	1,53
3		46	91,4	45,4		

Posteriormente, se establece una tabla 5, en donde se presenta los datos para generar la gráfica con la que se determina el modelo lineal. La tabla contiene las RPM que representan la velocidad de giro del tornillo y la variable g/s indica cuantos gramos de Permanganato de potasio caen en el tanque de mezcal por segundo. Estas dos variables permiten obtener un modelo lineal Y = mx + b, siendo Y la variable dependiente, es decir, mientras aumente la velocidad de giro del tornillo (*variable independiente*), mayor es la cantidad de permanganato de potasio a caer.

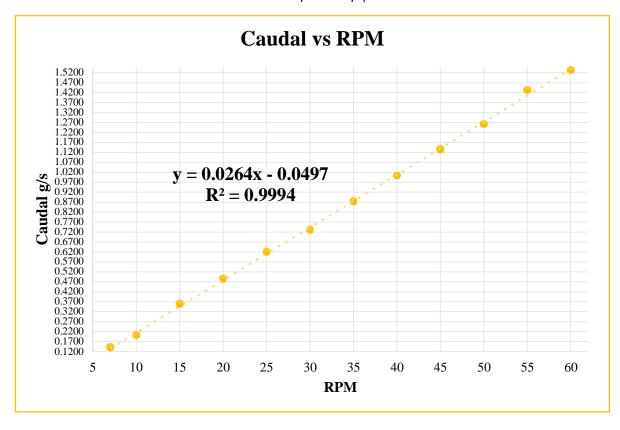
Tabla 5. Datos para graficar g/s KMnO4 vs RPM

RPM	g/s
X	Υ
7	0,14
10	0,20
15	0,36
20	0,48
25	0,62
30	0,73
35	0,87
40	1,00
45	1,13
50	1,26



55	1,43			
60	1,53			
Fuente: Autor				

Gráfico 1. Modelo lineal para el equipo dosificador de KMnO4



Se obtiene la ecuación y = 0.0264x - 0.0497 con un $R^2 = 0.9994$ para la dosificación de KMnO₄ con el equipo Volumetric Dry Chemical Feeders – Modelo ACRISON W105. Esta ecuación nos permite realizar un simulador en la herramienta informática Excel (*Ilustración* 44) y además, una tabla para trabajar de manera manual (*Anexo 1*).

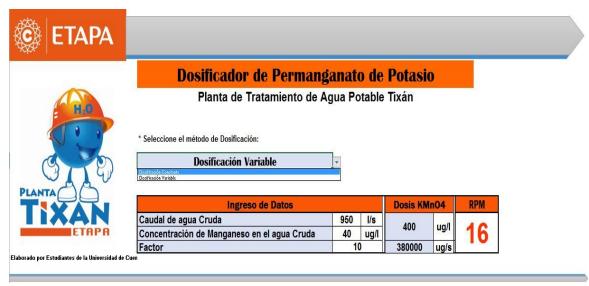


Figura 44. Simulador para dosificador de permanganato de potasio - Constante/Variable

La variable de respuesta (RPM) se obtiene a partir de la ecuación Y = mX + b obtenida anteriormente, donde Y corresponde a los g/s de permanganato de potasio que caen directo al tanque de mezcla y X representa las RPM de tornillo sin fin, por ello se realizó el despeje de dicha variable para calcular el valor que debe ser ingresado en el equipo dosificador para dejar caer la cantidad necesaria de permanganato de potasio y así obtener la dosis adecuada del producto químico en ug/l.

4.1.2 Equipos dosificadores de sulfato de aluminio

A continuación, se muestra los aforos realizados a los cuatro equipos dosificadores de sulfato de aluminio, en el cual se visualiza tablas de datos experimentales y calculados. Además, las gráficas generadas a partir de dichos datos.

4.1.2.1 Equipo dosificador # 1

Para esta experimentación se tomó 69 muestras, debido a que cada índice se realizó por triplicado posteriormente generando un promedio de estos. Dichos resultados obtenidos se indican en la *Tabla 6* y corresponde al peso de Al₂(SO₄)₃ que cae del tornillo sin fin con respecto al tiempo, el cual depende directamente del índice ingresado y del tiempo de llenado específico del equipo.



Tabla 6. Datos experimentales del equipo dosificador # 1 con respecto al tiempo

Índice	Peso(g)	Tiempo Ilenado (s)	Tiempo Espera(s)	Tiempo Total (s)	Caudal (g/s)	Caudal prom (g/s)
	200,3	4	196	200	1,002	(9/3)
1	201,9	4	196	200	1,010	1,003
	199,7	4	196	200	0,999	.,
	301,4	6	194	200	1,507	1,499
2	299,7	6	194	200	1,499	
_	298,1	6	194	200	1,491	
	500,7	10	190	200	2,504	2,503
3	501,9	10	190	200	2,510	
	499,1	10	190	200	2,496	
	355,2	7	93	100	3,552	
4	344,1	7	93	100	3,441	3,538
	362,2	7	93	100	3,622	,
	400,3	8	92	100	4,003	
5	397,6	8	92	100	3,976	3,992
	399,7	8	92	100	3,997	
	503,6	10	90	100	5,036	5,018
6	498,8	10	90	100	4,988	
	503,0	10	90	100	5,030	
	599,9	12	88	100	5,999	5,991
7	598,6	12	88	100	5,986	
	598,7	12	88	100	5,987	
	656,5	13	87	100	6,565	6,511
8	651,2	13	87	100	6,512	
	645,5	13	87	100	6,455	
	754,9	15	85	100	7,549	7,535
9	751,2	15	85	100	7,512	
	754,3	15	85	100	7,543	
	848,6	17	83	100	8,486	8,512
10	852,9	17	83	100	8,529	
	852,0	17	83	100	8,520	
	903	18	82	100	9,030	9,022
11	903,1	18	82	100	9,031	
	900,4	18	82	100	9,004	
	1002,7	20	80	100	10,027	10,043
12	1002,6	20	80	100	10,026	
	1007,5	20	80	100	10,075	
10	1101,8	22	78	100	11,018	11.014
13	1099,1	22	78	100	10,991	11,014



	1103,3	22	78	100	11,033	
14	1134,5	23	77	100	11,345	11,476
	1155,4	23	77	100	11,554	
	1152,8	23	77	100	11,528	
	1238,1	25	75	100	12,381	12,464
15	1260,6	25	75	100	12,606	
	1240,4	25	75	100	12,404	
	1338,4	27	73	100	13,384	13,407
16	1349,9	27	73	100	13,499	
	1333,9	27	73	100	13,339	
	1400,8	28	72	100	14,008	13,971
17	1397,4	28	72	100	13,974	
	1393,2	28	72	100	13,932	
	1500,2	30	70	100	15,002	14,903
18	1488,7	30	70	100	14,887	
	1481,9	30	70	100	14,819	
	1584,2	32	68	100	15,842	15,906
19	1583,8	32	68	100	15,838	
	1603,9	32	68	100	16,039	
	1635	33	67	100	16,350	
20	1640,2	33	67	100	16,402	16,379
	1638,4	33	67	100	16,384	
	1732	35	65	100	17,320	17,329
21	1737,5	35	65	100	17,375	
	1729,1	35	65	100	17,291	
	1819,9	37	63	100	18,199	18,258
22	1832,3	37	63	100	18,323	
	1825,3	37	63	100	18,253	
	1915,5	38	62	100	19,155	19,210
23	1925,6	38	62	100	19,256	
	1921,8	38	62	100	19,218	

Adicional, se realizó la verificación de los tiempos de llenado y espera que se visualizan en la *Tabla 6*, es decir, se corroboró que el tiempo establecido en la tabla es el mismo tiempo durante la dosificación, ya que la suma de dichos tiempos es necesaria para calcular el caudal en g/s que posteriormente será convertido en kg/h.

A continuación, en la *Tabla 7*, se presenta los datos para generar el gráfico lineal Caudal (kg/h) vs Índice con el que se determina el modelo lineal.



Tabla 7. Datos para graficar Caudal (kg/h) vs. Índice

X	Υ
Índice	Caudal (kg/h)
1	3,611
2	5,395
3	9,010
4	12,738
5	14,371
6	18,065
7	21,566
8	23,438
9	27,125
10	30,642
11	32,478
12	36,154
13	39,650
14	41,312
15	44,869
16	48,266
17	50,297
18	53,650
19	57,263
20	58,963
21	62,383
22	65,730
23	69,155

Caudal vs Índice **EQUIPO 1** 72.000 69.000 66.000 63.000 60.000 57.000 54.000 51.000 48.000 45.000 42.000 39.000 36.000 33.000 30.000 27.000 24.000 21.000 15.000 12.000 9.000 6.000 3.000 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 7 8 Índice

Gráfico 2. Modelo lineal para el equipo dosificador # 1 de Al₂(SO₄)₃

Se establece la ecuación y = 2,9772x + 0,1922 con un $R^2 = 0,9994$. Además, se elaboró una tabla de dosificación de $Al_2(SO_4)_3$ de forma manual ($Anexo\ 2$).

4.1.2.2 Equipo dosificador # 2

Se realizó la experimentación con índices impares desde el 1 hasta el 23. Cada índice se hizo por triplicado, dando un total de 36 muestras de Al₂(SO₄)₃. Además, la tabla adjunta presenta los tiempos de llenado y espera específicos del equipo, los cuales son indispensables para obtener el caudal en g/s para cada muestra o peso de Al₂(SO₄)₃, finalmente obteniendo un caudal promedio que permita generar el gráfico lineal.

Tiempo Ilenado Caudal Caudal Tiempo Tiempo Total Índice Peso(g) Espera(s) **(s)** (s) (g/s)(g/s) 1,704 340.80 196 200 1 351,50 4 196 200 1,758 1,710 196 200 333,70 4 1,669 730,50 10 190 200 3,653 3 723,60 10 190 200 3,618 3,6487 735,10 10 190 200 3,676

Tabla 8. Datos experimentales del equipo dosificador # 2



	696,80	8	92	100	6,968	
5	682,90	8	92	100	6,829	6,903
	691,30	8	92	100	6,913	
	891,90	12	88	100	8,919	
7	884,45	12	88	100	8,845	8,863
	882,65	12	88	100	8,827	
	1087,00	15	85	100	10,870	
9	1086,00	15	85	100	10,860	10,823
	1074,00	15	85	100	10,740	
	1328,33	18	82	100	13,283	
11	1330,33	18	82	100	13,303	13,224
	1308,67	18	82	100	13,087	
	1569,67	22	78	100	15,697	
13	1574,67	22	78	100	15,747	15,626
	1543,33	22	78	100	15,433	
	1811,00	25	75	100	18,110	18,027
15	1819,00	25	75	100	18,190	
	1778,00	25	75	100	17,780	
	2052,33	28	72	100	20,523	
17	2063,33	28	72	100	20,633	20,428
	2012,67	28	72	100	20,127	
	2293,67	32	68	100	22,937	
19	2307,67	32	68	100	23,077	22,829
	2247,33	32	68	100	22,473	
	2535,00	35	65	100	25,350	
21	2552,00	35	65	100	25,520	25,230
	2482,00	35	65	100	24,820	
	2776,33	38	62	100	27,763	
23	2796,33	38	62	100	27,963	27,631
	2716,67	38	62	100	27,167	

A continuación, en la *Tabla 9*, se presenta los datos para generar el gráfico lineal Caudal (kg/h) vs Índice con el que se determina el modelo lineal.

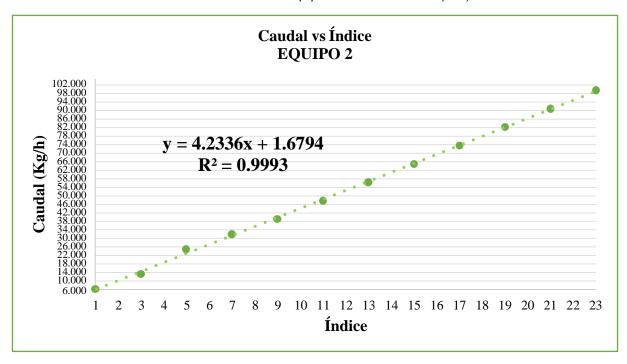
Tabla 9. Datos para graficar Caudal (kg/h) vs. Índice

X	Υ
Índice	Caudal (kg/h)
1	6,156
3	13,135
5	24,852



7	31,908
9	38,964
11	47,608
13	56,252
15	64,896
17	73,540
19	82,184
21	90,828
23	99,472

Gráfico 3. Modelo lineal del equipo dosificador # 2 de Al₂(SO₄)₃



Fuente: Autor

Se establece la ecuación y = 4,2336x + 1,6794 con un $R^2 = 0,9993$. Además, se elaboró una tabla de dosificación de $Al_2(SO_4)_3$ de forma manual (*Anexo 3*).

4.1.2.3 Equipo dosificador # 3

Los datos expuestos en la *Tabla 10* son valores de los pesos tomados de cada índice impar a partir del 1 hasta el 23. Al igual que en los equipos anteriores, se tienen los tiempos de llenado y espera para cada índice, dando un tiempo total que nos permite obtener cuantos gramos de Al₂(SO₄)₃ cae del tornillo sin fin en un tiempo total de 200 s, es decir, el caudal



de $Al_2(SO_4)_3$. Dicho caudal (g/s) se promedia debido a que el muestreo se hizo por triplicado para cada índice.

Tabla 10. Datos experimentales del equipo dosificador # 3

Índice	Peso(g)	Tiempo Ilenado (s)	Tiempo Espera(s)	Tiempo Total (s)	Caudal (g/s)	Caudal (g/s)	
	196,1	4	196	200	0,981		
1	191,8	4	196	200	0,959	0,968	
	192,9	4	196	200	0,965		
	484,3	10	190	200	2,422		
3	479,9	10	190	200	2,400	2,399	
	474,9	10	190	200	2,375		
	388,7	8	92	100	3,887		
5	382,7	8	92	100	3,827	3,860	
	386,6	8	92	100	3,866		
	570,6	12	88	100	5,706		
7	568,7	12	88	100	5,687	5,698	
	570	12	88	100	5,700		
	717	15	85	100	7,170		
9	716	15	85	100	7,160	7,151	
	712,4	15	85	100	7,124		
	864,1	18	82	100	8,641		
11	854,8	18	82	100	8,548	8,580	
	855,1	18	82	100	8,551		
	1044,8	22	78	100	10,448		
13	1059,2	22	78	100	10,592	10,495	
	1044,4	22	78	100	10,444		
	1194,6	25	75	100	11,946		
15	1183,6	25	75	100	11,836	11,920	
	1197,7	25	75	100	11,977		
	1351,5	28	72	100	13,515		
17	1355,6	28	72	100	13,556	13,507	
	1345,1	28	72	100	13,451		
	1537	32	68	100	15,370		
19	1560,1	32	68	100	15,601	15,477	
	1545,9	32	68	100	15,459		
	1705,9	35	65	100	17,059		
21	1707	35	65	100	17,070	17,055	
	1703,5	35	65	100	17,035		
22	1857,5	38	62	100	18,575	10 500	
23	1849,7	38	62	100	18,497	18,560	



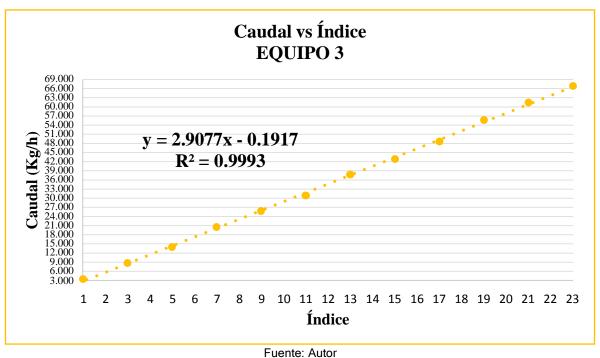
	1860.7	38	62	100	18 607	
	1000,7	30	02	100	10,007	

A continuación, se presenta la Tabla 11 con los valores a ser graficados para obtener el modelo lineal para el equipo dosificador #3.

Tabla 11. Datos para graficar Caudal (kg/h) vs. Índice

X	Υ
Índice	Caudal (kg/h)
1	3,485
3	8,635
5	13,896
7	20,512
9	25,745
11	30,888
13	37,781
15	42,911
17	48,626
19	55,716
21	61,397
23	66,815

Gráfico 4. Modelo lineal del equipo dosificador # 3 de Al₂(SO₄)₃





Finalmente, se establece el modelo lineal y = 2,9077x - 0,1917 con un $R^2 = 0,9993$ de acuerdo al *gráfico 4*. Adicional, se elaboró una tabla de dosificación de sulfato de aluminio de forma manual (*Anexo 4*).

4.1.2.4 Equipo dosificador # 4

En la *Tabla 12* se encuentran los datos de la toma de muestras de Al₂(SO₄)₃, al igual se realizó por triplicado cada índice. Luego de ello con el tiempo, se obtiene el caudal en g/s, mismo que es necesario para realizar el gráfico que nos brinda la ecuación del modelo lineal de dicho equipo dosificador.

Tabla 12. Datos experimentales del equipo dosificador # 4

Índice	Peso(g)	Tiempo Ilenado (s)	Tiempo Espera(s)	Tiempo Total (s)	Caudal (g/s)	Caudal (g/s)	
	219,3	4	196	200	1,097		
1	209,7	4	196	200	1,049	1,059	
	206,2	4	196	200	1,031		
	520,5	10	190	200	2,603		
3	523,5	10	190	200	2,618	2,598	
	514,5	10	190	200	2,573		
	412,1	8	92	100	4,121		
5	417,3	8	92	100	4,173	4,182	
	425,1	8	92	100	4,251		
	623,7	12	88	100	6,237		
7	620,3	12	88	100	6,203	6,216	
	620,8	12	88	100	6,208		
	778,2	15	85	100	7,782		
9	767,8	15	85	100	7,678	7,769	
	784,8	15	85	100	7,848		
	932,1	18	82	100	9,321	9,340	
11	930,3	18	82	100	9,303		
	939,6	18	82	100	9,396		
	1138,4	22	78	100	11,384		
13	1143	22	78	100	11,430	11,388	
	1135,1	22	78	100	11,351		
	1295,3	25	75	100	12,953		
15	1290,9	25	75	100	12,909	12,914	
	1288,1	25	75	100	12,881		
17	1441,2	28	72	100	14,412	14 400	
17	1444,1	28	72	100	14,441	14,408	



	1437	28	72	100	14,370	
	1648,1	32	68	100	16,481	
19	1665,7	32	68	100	16,657	16,509
	1639,0	32	68	100	16,390	
	1804,4	35	65	100	18,044	
21	1788,1	35	65	100	17,881	18,016
	1812,3	35	65	100	18,123	
	1962,6	38	62	100	19,626	
23	1954,2	38	62	100	19,542	19,566
	1953	38	62	100	19,530	

Los datos presentados en la *Tabla 13*, permiten realizar el gráfico para la obtención del modelo lineal para el equipo dosificador # 4.

Tabla 13. Datos para graficar Caudal (kg/h) vs. Índice

X	Y
Índice	Caudal (kg/h)
1	3,811
3	9,351
5	15,054
7	22,378
9	27,970
11	33,624
13	40,998
15	46,492
17	51,868
19	59,434
21	64,858
23	70,438



Caudal vs Índice
EQUIPO 4

72.000
66.000
66.000
73.000
74.000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000
75.4000

Gráfico 5. Modelo lineal del equipo dosificador # 4 de Al₂(SO₄)₃

El *gráfico* 5 permite visualizar el modelo lineal obtenido a partir de los datos experimentales de pesos en relación del tiempo, así como del caudal calculado en kg/h ($Tabla\ 13$), dando como resultado la ecuación y = 3,0656x + 0,4028 con un $R^2 = 0,9994$, la misma que permite el desarrollo de un simulador en una hoja de cálculo de Excel para la respectiva dosificación. También se elaboró una tabla de dosificación de $Al_2(SO_4)_3$ de forma manual ($Anexo\ 5$).

Las ecuaciones lineales obtenidas para cada equipo dosificador indican que los datos experimentales están bien cercanos de la línea de regresión ya que todos los modelos lineales cuentan con un R² superior a 0.999, es decir, mientras mayor sea la varianza explicada por el modelo de regresión (99.9%), menor será la distancia entre los datos experimentales con los datos de la línea de regresión, por ende, mejor será el ajuste del modelo.

4.1.2.5 Simuladores en Microsoft Excel

Posterior a la obtención de los modelos lineales para los equipos dosificadores, se procedió a desarrollar un programa simulador en una hoja de cálculo de Excel para facilitar la dosificación de Al₂(SO₄)₃. Para ello se realizaron 3 simuladores debido a que éstos



dependen de los datos a ingresar. Para la ejecución de los simuladores se utilizó datos como dosis óptima, caudal, turbiedad, índice.

Para el caso de simuladores Turbiedad – Índice y Dosis – Índice la variable de respuesta es el *índice*, el cual es determinado mediante un despeje de la variable X de las 4 ecuaciones obtenidas en los modelos lineales ya que va en función del equipo dosificador a emplear. Se realiza el despeje de la variable X debido a que ésta indica la cantidad de sulfato de aluminio que va a caer al tanque de mezcla a través del tornillo sin fin y con ello preparar la solución con la concentración necesaria de sulfato de aluminio para el proceso.

4.1.2.5.1 Simulador Turbiedad - Índice

En el respectivo simulador, se pide seleccionar el equipo con el cual se va a trabajar debido a que son 4 equipos dosificadores para Al₂(SO₄)₃, seguido se ingresan datos como caudal de agua a tratar y la turbiedad para obtener el índice que se debería ingresar en el equipo para que permita caer la cantidad necesaria de sulfato de aluminio a través del tornillo sin fin y se prepare la solución adecuada a dosificar al proceso.

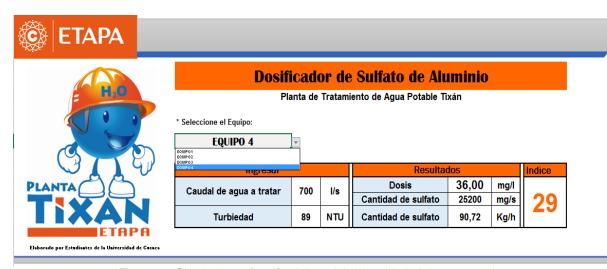


Figura 45. Simulador en función del caudal y la turbiedad de agua cruda

Fuente: Autor

4.1.2.5.2 Simulador Dosis - Índice

Se pide seleccionar el equipo con el cual se va a trabajar, seguido se ingresan datos como caudal de agua a tratar y la dosis conocida de Al₂(SO₄)₃ (mg/l) para obtener el índice que se debería ingresar en el equipo para que dosifique la cantidad necesaria de la solución de sulfato de aluminio al proceso.

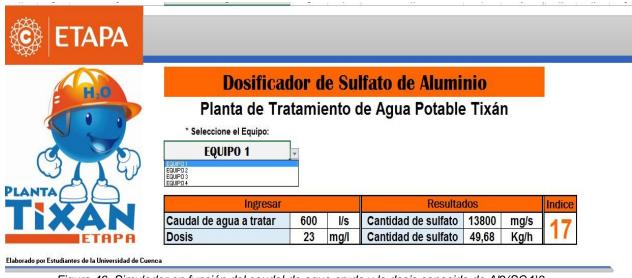


Figura 46. Simulador en función del caudal de agua cruda y la dosis conocida de Al2(SO4)3

4.1.2.5.3 Simulador Índice - Dosis

Se pide seleccionar el equipo con el cual se va a trabajar, seguido se ingresan datos como caudal de agua a tratar y el valor del índice para obtener la dosis en mg/l, que representa la cantidad necesaria de la solución de sulfato de aluminio a dosificar al proceso.

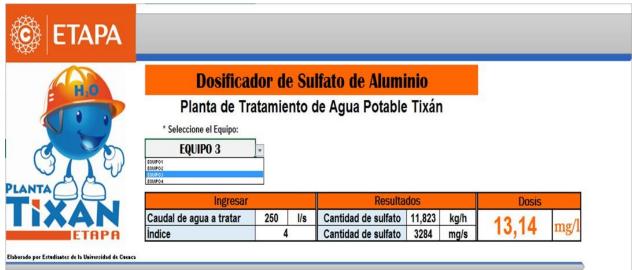


Figura 47. Simulador en función del caudal de agua cruda e índice

Fuente: Autor

4.1.3 Equipo dosificador de poli electrolito

Para la determinación de los datos cuantitativos en el proceso de dosificación de polímero, se efectuó en dos equipos dosificadores existentes y además en la bomba de dosificación de dicho químico.



4.1.3.1 Equipo dosificador # 1

En la *Tabla 14* se observa los datos obtenidos del peso de polímero por índice, esta experimentación se hizo por triplicado en cada índice para luego obtener el caudal en función del tiempo total (s), el cual está compuesto del tiempo de llenado y tiempo de espera. El caudal en g/s se obtiene del cociente entre el peso del polímero en gramos y el tiempo total en segundos, y para poder realizar el gráfico del modelo lineal de este equipo, se realiza el promedio de dicho caudal (g/s) por índice, seguido se convierte a kg/h.

Tabla 14. Datos experimentales del equipo dosificador # 1

Índice	Peso(g)	Tiempo Ilenado (s)	Tiempo Espera (min)	Tiempo Espera (s)	Tiempo Total (s)	Caudal (g/s)	Caudal (g/s)	Caudal (kg/h)
	31,3	3,75	3,15	195	198,75	0,1575		
1	31,1	3,75	3,15	195	198,75	0,1565	0,1575	0,567
	31,7	4,08	3,16	196	200,08	0,1584		
	77,8	9,59	3,1	190	199,59	0,3898		
3	77,8	9,98	3,1	190	199,98	0,3890	0,3891	1,401
	77,5	9,48	3,1	190	199,48	0,3885		
	62,5	7,01	1,32	92	99,01	0,6312		2,288
5	63,5	7,52	1,32	92	99,52	0,6381	0,6355	
	63,7	7,98	1,32	92	99,98	0,6371		
	91,9	11,99	1,27	87	98,99	0,9284		
7	91,3	11,98	1,27	87	98,98	0,9224	0,9255	3,332
	91,6	11,96	1,27	87	98,96	0,9256		
	112	15,16	1,24	84	99,16	1,1295		
9	112	15,23	1,24	84	99,23	1,1287	1,1296	4,067
	112	15,06	1,24	84	99,06	1,1306		

Fuente: Autor

A continuación, en la *Tabla 15* se presentan los datos finales a graficar para la obtención del modelo lineal de dicho equipo.

Tabla 15. Datos para el gráfico Caudal (kg/h) vs Índice

X	Y		
Índice	Caudal (kg/h)		
1	0,567		
3	1,401		
5	2,288		
7	3,332		
9	4,067		

Caudal vs Índice **EQUIPO 1** 4.500 4.000 y = 0.4465x + 0.09823.500 Caudal (Kg/h) $R^2 = 0.9^{178}$ 3.000 2.500 2.000 1.500 1.000 0.500 2 3 4 6 7 8 9 Índice

Gráfico 6. Modelo lineal del equipo dosificador de polímero # 1

La ecuación que cumple el modelo lineal del equipo dosificador # 1 es y = 0.4465x + 0.0982 con un $R^2 = 0.9978$, la cual es imprescindible para el desarrollo del simulador y por ende para facilitar la respectiva dosificación de dicho producto químico. Así mismo se elaboró una tabla de dosificación de forma manual (Anexo 6).

4.1.3.2 Equipo dosificador # 2

En la *Tabla 16* se visualiza los pesos, tiempo de espera, tiempo de llenado y caudal, siendo el último calculado a partir de cada peso en gramos y del tiempo total en segundos para cada índice por triplicado. Debido a que el gráfico para el modelo lineal emplea el caudal en kg/h, es necesario realizar la conversión de unidades en dicha variable, y anterior a ello se realiza el respectivo promedio de estos valores resultando un caudal por índice.

Caudal Tiempo Tiempo Tiempo Tiempo Caudal Caudal Índice Peso(g) llenado (s) Total (s) Espera (min) Espera(s) (Kg/h) (g/s) (g/s) 25 1,2 3,18 198 199,2 0,126 26 2,03 3,17 198 200,03 0,130 0,1277 0,460 25 2,03 3,17 198 200,03 0,125 71 3,23 300 303,23 0,234 2 66 3,06 5 300 303,06 0,218 0.2260 0.814 71 3,06 5 300 303,06 0,234

Tabla 16. Datos experimentales para el equipo dosificador #2



	66	3,06	5	300	303,06	0,218		
	91	4	4,5	290	294	0,310		1,109
	90	4	4,5	290	294	0,306	0,3082	
3	90	4	4,5	290	294	0,306		
	91	4	4,5	290	294	0,310		
	91	4	4,5	290	294	0,310		

Con los resultados obtenidos en la tabla anterior del caudal promedio por cada índice, se presenta la *Tabla 17* con los datos finales para generar el gráfico del modelo lineal.

Tabla 17. Datos para graficar Caudal (kg/h) vs Índice

Índice	Caudal (kg/h)
1	0,46
2	0,81
3	1,11

Fuente: Autor

A continuación, se expone el gráfico donde se establece la variación del caudal en función del índice a trabajar. La ecuación que cumple el modelo lineal para el equipo dosificador # 2 es y = 0.3246x + 0.1448 con un $R^2 = 0.9974$. Dicha ecuación es específica para este equipo al igual que las ecuaciones anteriores también son específicamente para cada equipo no pueden ser empleadas en otros y por tal razón, es importante el ingreso correcto de éstas al momento de desarrollar el simulador para cada producto químico. También se elaboró una tabla de dosificación de polímero de forma manual (Anexo 7).

Caudal vs Índice **EQUIPO 2** 1.20 1.10 1.00 y = 0.32 8x + 0.14480.90 $R^2 = 0.9974$ 0.80 0.70 0.60 0.50 0.40 1.5 2 2.5 3 Índice Fuente: Autor

Gráfico 7. Modelo lineal del equipo dosificador de polímero #2

4.1.3.3 Bomba de los equipos dosificadores

Adicional a la toma de los pesos de polielectrolito en función del índice, fue necesario realizar el aforo de la bomba dosificadora de polímero con respecto a los RPM y el caudal. Dichos resultados se pueden observar en la Tabla 18, los mismos que permiten realizar el gráfico lineal y obtener una última ecuación para el desarrollo del respectivo simulador.

Tabla 18. Datos experimentales de la bomba de dosificación de polímero

RPM	LPM	LPS
470	10	0,167
770	15	0,250
1050	20	0,333
1300	25	0,417
1550	30	0,500

Fuente: Autor

En el Gráfico 8, se visualiza la variación de los litros por segundo de la solución de polímero en función de la velocidad de la bomba (RPM), es decir, el caudal de la solución de polímero que se dosifica al proceso en Planta. El modelo que se ajusta a los datos experimentales presenta la ecuación y = 0,0003x + 0,0154 con un $R^2 = 0,9982$.



LPS vs RPM Bomba dosificadora 0.550 0.500 0.450 y = 0.0003x + 0.01540.400 $R^2 = 0.9982$ 0.350 2 0.300 0.250 0.200 • • • 0.150 0.100 0.050 0.000 450 900 975 1050 1125 1200 1275 1350 1425 1500 1575 525 675 750 825 **RPM**

Gráfico 8. Modelo lineal de la bomba dosificadora de la solución de polímero

4.1.3.4 Simuladores de la dosificación de polímero en Microsoft Excel

Los simuladores presentados a continuación, abarcan los 3 modelos obtenidos anteriormente, es decir, contienen las 3 ecuaciones específicas de cada equipo dosificador y de la bomba dosificadora, por ende se pide primeramente ingresar el equipo con el que se va a trabajar ya que el resultado a visualizar en el simulador está relacionado directamente con ello, a más de otras variables como caudal de agua cruda a tratar, dosis establecida de polímero, índice y velocidad de la bomba. Se elaboraron dos simuladores que se exponen a continuación, el primero se formula a partir del despeje de la variable X (RPM) de la ecuación lineal de la bomba dosificadora.



4.1.3.4.1 Simulador Dosis - RPM

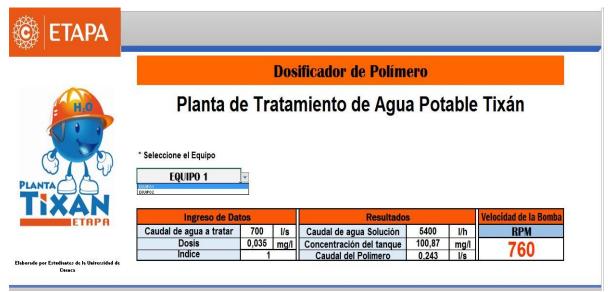


Figura 48. Simulador en función del caudal de agua cruda, dosis e índice

Fuente: Autor

En este dosificador de polímero se obtiene como resultado la velocidad de la bomba en RPM, la cual indica a cuantas revoluciones por minuto debe trabajar la bomba para lograr una dosificación correcta. Este resultado es útil para ingresar directamente en el tablero de control de dosificación de químicos y el equipo prepare la solución de polímero con la concentración adecuada.

4.1.3.4.2 Simulador RPM - Dosis

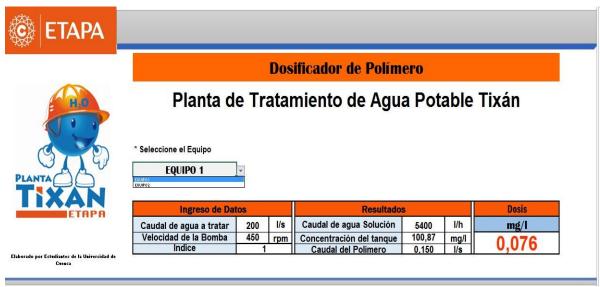


Figura 49. Simulador en función del caudal de agua cruda, velocidad de la bomba e índice



Este dosificador permite obtener como resultado la dosis de polímero en mg/l que se dosifica al proceso en Planta, para ello se presenta una formulación entre el caudal de agua a tratar, la concentración de polímero que se tiene en el tanque de mezcla, la misma que depende del índice y del caudal del agua constante para preparar la solución; y entre el caudal del producto químico que va dirigido al proceso, el cual va en función de la velocidad de la bomba, que es un dato a ingresar al igual que el índice.

4.1.4 Equipo dosificador de cloro

El equipo dosificador de cloro gas depende del caudal de ingreso de agua cruda y de la concentración de cloro gas, para lo cual se realizó cálculos respectivos que se visualizan en la *Tabla 19* y así obtener una gráfica Caudal (I/s) vs Cloro gas (kg/h). Por ello se realizó el estudio con un caudal entre un rango de 150-2000 I/s que se puede visualizar como *Anexo 8* y en la *Ilustración 52* que es una sección de la gráfica obtenida.

Tabla 19. Datos de los cálculos de concentración de cloro gas

Caudal (I/s)	mg/s (1,7)	mg/s (1,8)	mg/s (1,9)	mg/s (2,0)	Kg/h (1,7)	Kg/h (1,8)	Kg/h (1,9)	Kg/h (2,0)			
150	255	270	285	300	0,918	0,972	1,026	1,08			
200	340	360	380	400	1,224	1,296	1,368	1,44			
250	425	450	475	500	1,53	1,62	1,71	1,8			
300	510	540	570	600	1,836	1,944	2,052	2,16			
350	595	630	665	700	2,142	2,268	2,394	2,52			
400	680	720	760	800	2,448	2,592	2,736	2,88			
450	765	810	855	900	2,754	2,916	3,078	3,24			
500	850	900	950	1000	3,06	3,24	3,42	3,6			
550	935	990	1045	1100	3,366	3,564	3,762	3,96			
600	1020	1080	1140	1200	3,672	3,888	4,104	4,32			
650	1105	1170	1235	1300	3,978	4,212	4,446	4,68			
700	1190	1260	1330	1400	4,536	4,788	5,04				
750	1275	1350	1425	1500	4,59	4,86	5,13	5,4			
800	1360	1440	1520	1600	4,896	5,184	5,76				
850	1445	1530	1615	1700	5,202	5,508	5,814	6,12			
900	1530	1620	1710	1800	5,508	5,832	6,156	6,48			
950	1615	1710	1805	1900	5,814	6,156	6,498	6,84			
1000	1700	1800	1900	2000	6,12	6,48	6,84	7,2			
1050	1785	1890	1995	2100	6,426	6,804	7,182	7,56			
1100	1870	1980	2090	2200	6,732	7,128	7,524	7,92			
1150	1955	2070	2185	2300	7,038	7,452	7,866	8,28			
1200	2040	2160	2280	2400	7,344	7,776	8,208	8,64			
1250	2125	2250	2375	2500	7,65	8,1	8,55	9			
1300	2210	2340	2470	2600	7,956	8,424	8,892	9,36			
1350	2295	2430	2565	2700	8,262	8,748	9,234	9,72			
1400	2380	2520	2660	2800	8,568	9,072	9,576	10,08			
1450	2465	2610	2755	2900	8,874	9,396	9,918	10,44			
1500	2550	2700	2850	3000	9,18	9,72	10,26	10,8			
1550	2635	2790	2945	3100	9,486	10,044	10,602	11,16			
1600	2720	2880	3040	3200	9,792	10,368	10,944	11,52			



1650	2805	2970	3135	3300	10,098	10,692	11,286	11,88
1700	2890	3060	3230	3400	10,404	11,016	11,628	12,24
1750	2975	3150	3325	3500	10,71	11,34	11,97	12,6
1800	3060	3240	3420	3600	11,016	11,664	12,312	12,96
1850	3145	3330	3515	3700	11,322	11,988	12,654	13,32
1900	3230	3420	3610	3800	11,628	12,312	12,996	13,68
1950	3315	3510	3705	3900	11,934	12,636	13,338	14,04
2000	3400	3600	3800	4000	12,24	12,96	13,68	14,4

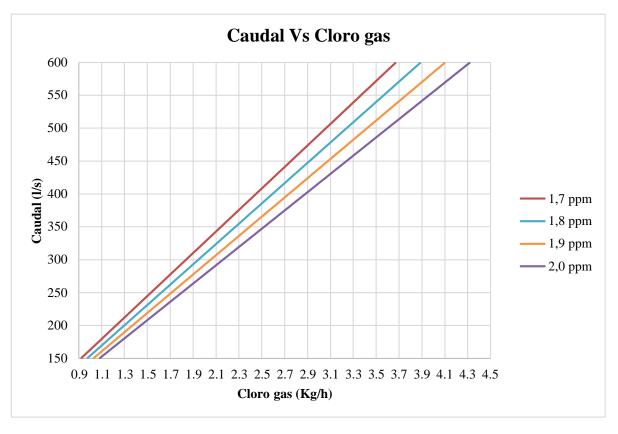


Figura 50. Dosificación de cloro gas reducida el rango del caudal

Fuente: Autor

4.1 Evaluación del proceso

Para la evaluación del proceso de aforos de los equipos dosificadores de químicos se tomó en cuenta características importantes en el tratamiento del agua como es la formación de flóculos, para ello se realizó un control visual de estos flóculos en la etapa de floculación en donde se observó flóculos considerados como buenos ya que se depositan de manera rápida indicando que se está dando una buena dosificación de sulfato de aluminio y de polímero, ayudando en los procesos de coagulación y sedimentación.



Existen distintos puntos de control o muestreo dentro de la planta de tratamiento de agua potable "Tixán", los cuales se pueden observar en la *Tabla 20.*

Tabla 20. Puntos de muestreo o control

Puntos de muestreo	Descripción	Control
1	Salida del tanque de oxidación	Turbiedad y color
2	Sedimentadores	Turbiedad
3	Filtros	Turbiedad
Α	Ingreso del agua cruda	Turbiedad en línea
В	Tanque 3	Turbiedad, color y cloro residual
С	Tanque 4	Turbiedad, color y cloro residual

Fuente: Autor

Para analizar la calidad del producto final en cuanto a turbiedad, se tomará en cuenta el punto A y C para hacer la comparación de valores iniciales y finales. Además, se compararán con los valores dados por la normativa ecuatoriana INEN 1108 para el agua potable.

4.1.1 Calidad del producto final

Para conocer la calidad del agua potable que se obtiene al final del proceso se tomaron muestras y se realizó el análisis de control de turbiedad, color y cloro residual. Este control es realizado por los operadores de la planta cada hora para asegurar que todo el proceso se cumpla de la mejor manera ya que cada parámetro debe estar dentro de los límites permitidos por la norma INEN 1108, y posterior a ello, cada control realizado se archiva en una hoja de registro de datos y en el sistema SCADA propio de la planta. También se realizan pruebas de concentración de manganeso que están a cargo del laboratorio de control propio de la planta.

Los datos tabulados que se muestran en las siguientes tablas y gráficas son del mes de febrero, los datos fueron previamente promediados para obtener un dato por día, debido a que diariamente se hacen controles cada hora de la turbiedad, color y cloro residual.

4.1.1.1 Turbiedad

Tabla 21. Datos de la turbiedad incial y final en los puntos A y C respectivamente

MES	TUDDIEDA	D (NTII)						
Febrero	TURBIEDAD (NTU)							
Día	INICIAL	FINAL						

1	1,93	0,25
2	7,34	0,13
3	14,94	0,24
4	5,03	0,18
5	6,28	0,18
6	3,36	0,18
7	5,14	0,15
8	6,20	0,16
9	12,65	0,21
10	7,10	0,19
11	5,40	0,09
12	14,12	0,14
13	6,05	0,12
14	5,26	0,11
15	8,76	0,16
16	5,04	0,22
17	5,60	0,17
18	5,02	0,14
19	7,57	0,13
20	5,79	0,19
21	4,92	0,09
22	45,20	0,29
23	11,79	0,12
24	28,02	0,22
25	9,55	0,13
26	26,88	0,21
27	7,56	0,2
28	7,60	0,19



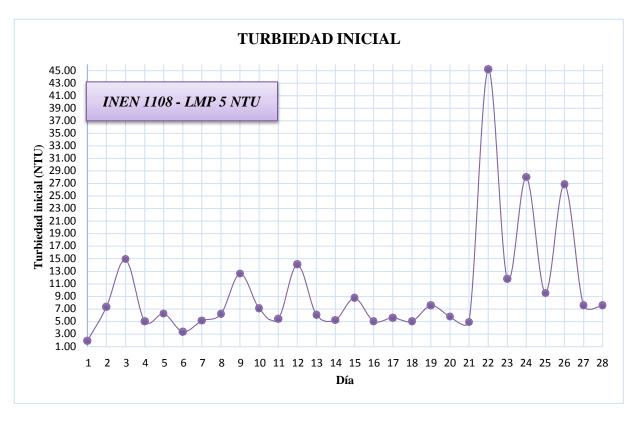


Gráfico 9. Comparación de datos de turbiedad inicial - INEN LMP Fuente: Autor



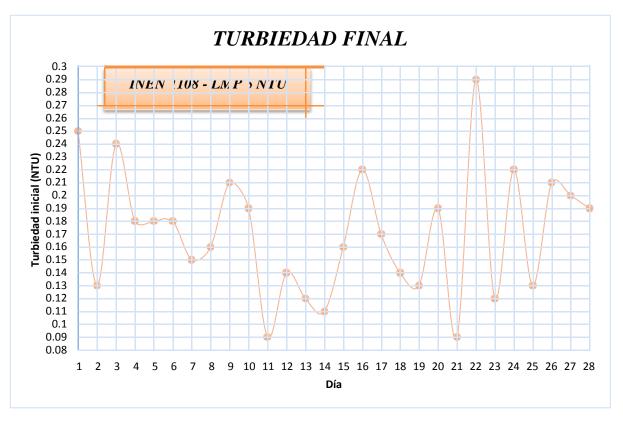


Gráfico 10. Comparación de datos de turbiedad final - INEN LMP Fuente: Autor

Los valores obtenidos en los análisis de turbiedad que se muestran en la *Tabla 21* son comparados con el valor máximo permisible dado por la norma ecuatoriana INEN-1108 Agua potable, se puede visualizar en el gráfico de comparación con el límite máximo permisible, que todos los datos están por debajo de este valor, es decir, si existe una reducción de la turbiedad en el agua cruda. Por ende, se da un correcto tratamiento del agua ya que cumple con los estándares de calidad y eso significa que la dosificación de los productos químicos a través de cada simulador es adecuada.

4.1.1.2 ColorTabla 22. Datos comparativos de color inicial y final – INEN LMP

MES	COLOF	(UC)								
Febrero	COLOR (UC)									
Día	INICIAL	FINAL								
1	61	0								
2	62	0								
3	59	0								
4	67	0								
5	64	0								
6	69	0								



i _	1 1	_
7	65	0
8	61	0
9	59	0
10	71	0
11	68	0
12	56	0
13	58	0
14	60	0
15	62	0
16	67	0
17	63	0
18	60	0
19	67	0
20	69	0
21	62	0
22	66	0
23	70	0
24	68	0
25	60	0
26	62	0
27	63	0

Fuente: Autor

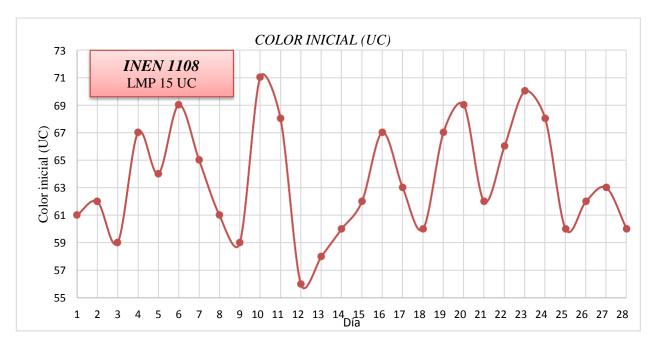


Gráfico 11. Comparación de datos de color inicial - INEN LMP Fuente: Autor

El valor numérico que se obtiene al realizar el análisis en el agua potable en el tanque de reserva # 4 es de cero, es decir, hubo una eliminación total de las unidades color cumpliendo con los límites establecidos en la norma INEN 1108 donde establece 15 UC



como valor máximo permitido. Los datos mostrados en la tabla 22 corresponde a el color inicial que presenta el agua cruda en el punto de muestro 1.

4.1.1.3 Cloro residual

Tabla 23. Datos de cloro residual en el punto de muestreo 4

MES	CLORO RESIDUAL (mg/l)											
Febrero	1											
Día	FINAL	Día	FINAL									
1	0,81	15	0,95									
2	0,80	16	0,91									
3	1,1	17	0,85									
4	0,93	18	0,99									
5	1,02	19	0,96									
6	0,94	20	0,94									
7	0,84	21	0,89									
8	0,79	22	0,93									
9	0,89	23	0,91									
10	0,92	24	0,86									
11	0,81	25	0,98									
12	0,91	26	0,97									
13	0,82	27	0,85									
14	0,85	28	0,99									

Fuente: Autor

Los limites dados por la INEN 1108 para el cloro residual van de 0,3 a 1,5 mg/L, éstos al ser comparados con los datos de la *Tabla 23*, se puede visualizar como en el *Gráfico 12* que se encuentran dentro del rango establecido evidenciando que se da una correcta dosificación de cloro gas y por ende un correcto proceso de potabilización de agua cruda.

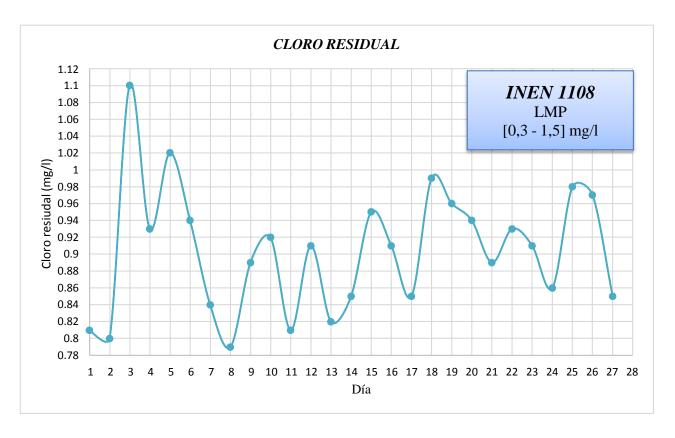


Gráfico 12. Comparación de datos de cloro residual en el tanque #4 – INEN LMP Fuente: Autor

4.1.1.4 Manganeso

Tabla 24. Datos de la concentración de manganeso en el tanque #4

MES	MANGANESO (mg/l)												
Febrero													
Día	FINAL	Día	FINAL										
1	0,04	15	0,04										
2	0,05	16	0,02										
3	0,07	17	0,04										
4	0,03	18	0,05										
5	0,00	19	0,07										
6	0,06	20	0,03										
7	0,04	21	0,05										
8	0,02	22	0,06										
9	0,04	23	0,04										
10	0,05	24	0,02										
11	0,07	25	0,04										
12	0,03	26	0,05										
13	0,08	27	0,07										
14	0,06	28	0,03										



Las concentraciones de manganeso que se visualizan en la *Tabla 24* corresponde a las muestras tomadas diariamente en el mes de febrero, éstas son comparadas con el límite máximo permisible dado por la INEN 1108 pudiendo evidenciar en el *Gráfico 12* que si cumplen dicha especificación, es decir, se encuentran por debajo del límite. La dosificación de permanganato de potasio se está dando de forma correcta siendo demostrado a través de los datos obtenidos, teniendo niveles de concentración de manganeso aceptados por las normas.

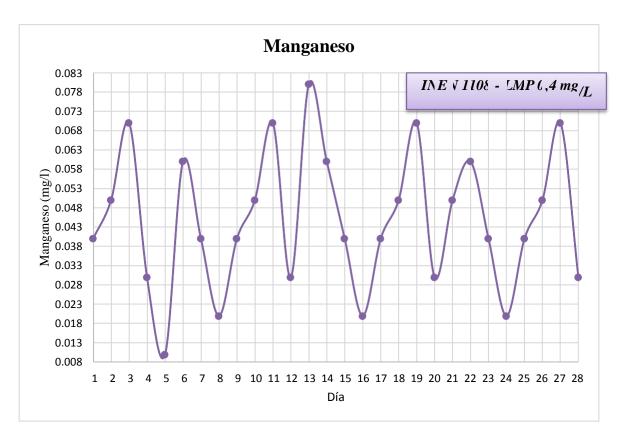


Gráfico 13.Comparación de concentración de Mn – Análisis/LMP Fuente: Autor



Capítulo V

5. Conclusiones

- Debido a que la Planta de Tratamiento de Agua Potable "Tixán", cuenta con un nuevo Módulo de operación denominado "Módulo II", existió la necesidad de los aforos másicos y volumétricos de los nuevos equipos dosificadores de productos químicos empleados en el proceso de potabilización, para ello en función de los caudales que ingresan a dicha planta y las dosis óptimas ya definidas, se logró satisfacer esta necesidad, en el cual se recolectaron los datos en gramos de la cantidad de cada producto químico considerando intervalos de tiempo e índices del equipo. Estas determinaciones se realizaron por triplicado, asegurando así mayor precisión y exactitud. Al realizar los respectivos aforos, se pone a disposición de la planta una alternativa eficaz para la dosificación.
- Una vez obtenidos los aforos másicos y volumétricos de los equipos, se establecieron gráficos lineales en función de las variables: índice (rpm) y caudales másicos, siendo representada la última variable en el eje Y, y la variable índice en el eje X. A partir de estos datos recolectados y con el uso de la herramienta de Excel, se realizó el ajuste a un modelo estadístico para cada equipo, teniendo como resultado una línea de tendencia con su respectiva ecuación y su R², con el cual se indica cuan cercanos o lejanos están los datos experimentales de los datos que construyen la línea de tendencia, y debido a que cada R² fue mayor a 0,99 en cada ajuste, se concluye que los datos recolectados se ajustan de buena manera a los modelos lineales.
- Además, se logró elaborar los respectivos simuladores específicos para cada equipo, resultando éstos una herramienta de suma importancia dentro de Planta de Tratamiento de Agua Potable "Tixán" ya que permiten ingresar las condiciones de trabajo (caudal de agua cruda a tratar), y dar como respuesta inmediata los valores de las variables a ingresar en los equipos dosificadores para preparar la solución del producto químico adecuada y así realizar un tratamiento de agua de calidad para el consumo del ser humano. Además, se tiene ventajas como el ahorro de tiempo y la optimización del peso de los productos químicos, ya que estos simuladores evitan ingresar un dato de entrada no correspondiente.
- Finalmente, para que la Planta de Tratamiento de Agua Potable cuente con procesos estandarizados, se elaboró el Manual de Operaciones y Mantenimiento con el objetivo de ser un apoyo para los operadores de dicha planta, ya que se



cuenta con un sistema automatizado y manual para el control de ciertos equipos en algunas operaciones, entonces al implementar dicho manual, la persona encargada de operar y de dar el correcto mantenimiento puede recurrir al mismo y verificar el procedimiento específico para la operación necesaria.



6. Bibliografía

- ACRISON, I. (02 de Enero de 2021). *ACRISON*. Obtenido de Acrison, Inc., 20 Empire Blvd., Moonachie, NJ 07074: https://acrison.com/acrison/product-lines/volumetric-feeders/dissimilar-speed-double-concentric-auger-metering-mechanism-models-105-140-series/
- Alvarado López, A. C. (2012). Implementación de un sistema de detección y medición de turbiedad del agua usando fibra óptima. (Tesis de Pregrado de Ingeniería), Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil Ecuador.
- Arízaga Mondragón, J. (2016). Evaluación de la Planta de Tratamiento de agua potable de la ciudad de Vinces. (Tesis inédita de maestría), Universidad de Guayaquil, Guayaquil Ecuador.
- Camacho, R. &. (2018). Diseño de una planta de tratamiento de agua potable para la población de la Playita, sitio nuevo Magdalena. Universidad de la Costa, Barranquilla Colombia.
- Carbajal Azcona, A. &. (2012). Popiedades y fincones biológicas del agua. En V. &. (Eds), Agua para la Salud. Pasado, presente y futuro. (págs. 33-45). Madrid, España.
- Cordero, M. (2011). Filtros caseros, utilizando ferrocemento, diseño para servicio a 10 familias, constante de 3 unidades de filtros gruesos ascendentes (fgas), 2 filtros lentos de arena (fla), sistema para aplicación de cloro y 1 tanque de almacenamiento. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- ETAPA, E. (2015). Ampliación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Tixán Modulo II. Cuenca: TOMO 4.
- ETAPA, E. (2015). Ampliación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Tixán Modulo II. Memoria Técnica. Cuenca: TOMO 4.
- ETAPA, E. (2015). Diseños definitivos para la ampliación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Tixán MÓDULO II. Cuenca.
- ETAPA, E. (2016). Ampliación de la capacidad de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Tixán: MÓDULO II. Cuenca: TOMO 1.



- Fernández Cirelli, A. (2012). El agua: un recurso esencial. Química Viva, 11(3), 1666-7948.
- Julca Riojas, L. (2019). Remoción de la turbiedad del agua del canal Miraflores, con almidón de yuca y sulfato de alumnio, Jaén, Cajamarca. (Tesis de Pregrado de Ingeniería), Universidad Nacional de Jaén, Jaén Perú.
- Lozano, W. &. (2015). Potabilización del agua: Principios de diseño, control de procesos y laboratorio. Bogotá, Colombia.
- Marín Galvín, R. (s.f.). Características físicas, químicas y biológicas de las aguas. *EMACSA*.
- Martínez Andrés, C. J. (2019). Potabilización del agua. España: Elearning S.L. .
- Mascarós, J. (2013). *Tratamiento físico-químico y Jar-Test.* Obtenido de riunet.upv.es: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/27574/TRABAJO%20FINAL%20DE% 20MASTER%20%28ok%29.pdf?sequence=1
- Medialdea, J. (Diciembre de 2005). *Permanganato potásico: un potente y versátil oxidante.*Sevilla: Dpto. de Ingeniería Química y Ambiental Escuela de Sevilla.
- Mejía Reinoso, J. (2010). Estudio sobre la calidad del agua potable del cantón Gualaquiza. (Tesis inédita de maestría), Universidad de Cuenca, Cuenca Ecuador.
- OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: https://www.who.int/water_sanitation_health/es/
- Palavecino, P. (2009). Diseño de ampliación y optimización de Planta potabilizadora de agua para la empresa DSD Construcciones y Montajes S.A. Chile: Pontificia Universidad Católica de Valparaiso.
- Palavecino, P. (2009). Diseño de ampliación y optimización de planta potabilizadora de agua para la Empresa DSD Construcciones y Montajes S.A. (Tesis de pregrado de Ingeniería), Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.
- Ruiz, C. (2013). Diseño de un sistema de tratamiento de agua potable para la parroquia San Isidro del Cantón Guano. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- SIDESA. (2015). Sulfato de aluminio. Mexico: Silicatos y Derivados, S.A. de C.V.



Vera, R. (2017). Estudio de los procesos de clarificación y desinfección del sistema de tratamiento de agua de la Refinería Esmeraldas. Quito: Universidad Central del Ecuador.

ANEXOS

ANEXO 1. Tabla Manual para la dosificación de KMnO₄

												/	411/2	KU 1.				•		dositi		n ae	NIVII	104											
															DOSII	TICACIÓ	N DE F			O DE P	OTASIO														
RPM	. 0																	CAU	JDAL (L	/s)															
1(1 1/1	1	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500 155	0 1600	1650	1700	1750	1800	1850 1900	1950	2000
	7	540,400	450,333	386,000	,	300,222	270,200	245,63	_	7 207,846	193,000	180,133	168,875	158,941	150,111	142,211	135,100	128,667	122,818	117,478	112,583	108,080	103,923	100,074	96,500	93,172	90,067 87,1	0.,	81,879	79,471	77,200	75,056	73,027 71,10	5 69,282	,
	8	646,000 751,600	538,333	461,429	403,750	358,889	323,000	293,63	_		230,714	215,333	201,875	190,000 221,059	179,444	170,000	161,500 187,900	153,810 178,952	146,818	140,435	134,583	129,200	124,231	119,630	115,357	111,379	107,667 104,1 125,267 121.2	94 100,938 26 117,438	97,879	95,000	92,286	89,722 104.389	87,297 85,00 101,568 98.89	0 82,821 5 96,359	. 80,750
	10	857,200	626,333 714,333	536,857 612,286		417,556 476,222	375,800 428,600	341,63	6 313,16	7 329,692	268,429 306,143	285,733	267,875	252,118	208,778	197,789	214,300	204,095	170,818 194,818	163,391 186,348	178 583	171 440	144,538 164,846	158,741	134,214 153,071	129,586 147,793	125,267 121,2 142,867 138,2		113,879 129,879	110,529	107,371	119.056	115.838 112.78	3 90,339	7 107 150
	11	962,800	802,333	687,714		534,889	481,400	437,63	,	7 370,308	343,857	320,933	300,875	283,176	267,444		240,700	229,238	218,818	209,304	200,583	192,560	185,154	178,296	171,929	166,000	160,467 155,2	90 150,438	145,879	141,588	137,543	133,722	130,108 126,68	.,,,.,.	6 120,350
	12	1068,400	890,333	763,143	667,750	593,556	534,200	485,63	6 445,16	7 410,923	381,571	356,133	333,875	314,235	296,778	281,158	267,100	254,381	242,818	232,261	222,583	213,680	205,462	197,852	190,786	184,207	178,067 172,3	23 166,938	161,879	157,118	152,629	148,389	144,378 140,57	79 136,974	4 133,550
	13	1174,000	978,333	838,571	733,750	652,222	587,000	533,63	6 489,16	7 451,538	419,286	391,333	366,875	345,294	326,111	308,947	293,500	279,524	266,818	255,217	244,583	234,800	225,769	217,407	209,643	202,414	195,667 189,3	55 183,438	177,879	172,647	167,714	163,056	158,649 154,47	4 150,513	3 146,750
	14	1279,600	1066,333	914,000		710,889	639,800	581,63		7 492,154	457,000	426,533	399,875	376,353	355,444	336,737	319,900	304,667	290,818	278,174	266,583	255,920	246,077	236,963	228,500	220,621	213,267 206,3	87 199,938	193,879	188,176	182,800	177,722	172,919 168,36	. , ,	1 159,950
	15 16	1385,200 1490,800	1154,333	989,429 1064,857	865,750 931,750	769,556 828,222	692,600 745,400	629,63	_	7 532,769 7 573,385	494,714 532,429	461,733	432,875 465,875	407,412 438,471	384,778 414,111	364,526 392,316	346,300 372,700	329,810 354,952	314,818	301,130 324,087	288,583 310,583	277,040	266,385 286,692	256,519 276,074	247,357 266,214	238,828	230,867 223,4 248,467 240,4	,	209,879	203,706	197,886	192,389	187,189 182,26 201,459 196,15	53 177,590 58 191,128) 173,150
		1596,400	1330,333	1140,286		886,889	798,200	677,63 725,63		,	, .	532,133	498,875	458,471	443,444	,	399,100	380,095	362,818	347,043	332,583	319,280	307,000	295,630	285,071	275,241	266,067 257,4		241,879	234,765	212,971	207,036	201,459 196,15	3 204.667	7 199.550
	18	1702,000	1418,333	1215,714		945,556	851,000	773,63	6 709.16	7 654.615	607.857	567,333	531.875	500,588	472,778	447,895	425,500	405,238	386,818	370,000	354,583	340,400	327,308	315,185	303,929	293,448	283,667 274,5		257,879	250,294	243,143	236,389	230,000 223,94	7 218.205	5 212,750
	19	1807,600	1506,333	1291,143	1129,750	1004,222	903,800	821,63	6 753,16	7 695,231	645,571	602,533	564,875	531,647	502,111	475,684	451,900	430,381	410,818	392,957	376,583	361,520	347,615	334,741	322,786	311,655	301,267 291,5	48 282,438	273,879	265,824	258,229	251,056	244,270 237,84	231,744	4 225,950
	20	1913,200	1594,333	1366,571	1195,750	1062,889	956,600	869,63	6 797,16	7 735,846	683,286	637,733	597,875	562,706	531,444	503,474	478,300	455,524	434,818	415,913	398,583	382,640	367,923	354,296	341,643	329,862	318,867 308,5	81 298,938	289,879	281,353	273,314	265,722	258,541 251,73	37 245,282	2 239,150
		2018,800	1682,333	1442,000	- /	1121,556	1009,400	917,63		7 776,462	721,000	672,933	630,875	593,765	560,778	531,263	504,700	480,667	458,818	438,870	. ,	403,760	388,231	373,852	360,500	348,069	336,467 325,6	,	305,879	296,882	288,400	280,389	272,811 265,63	32 258,821	1 252,350
	22	2124,400	1770,333	1517,429	/	1180,222	1062,200	965,63	6 885,16	7 817,077	758,714	708,133	663,875	624,824	590,111	559,053	531,100	505,810	482,818	461,826		424,880	408,538	393,407	379,357	366,276	354,067 342,6		321,879	312,412	303,486	295,056	287,081 279,52	6 272,359	265,550
	23	2230,000	1858,333	1592,857 1668,286		1238,889 1297,556	1115,000	1013,63	36 929,16 36 973,16	7 898,308	796,429 834,143	743,333 778,533	696,875 729,875	655,882 686,941	619,444	586,842 614,632	557,500 583,900	530,952 556,095	506,818 530,818	484,783 507,739		446,000 467,120	428,846 449,154	412,963	398,214 417,071	384,483 402,690	371,667 359,6 389,267 376,7	77 348,438 10 364,938	337,879 353,879	327,941 343,471	318,571	309,722	301,351 293,42 315,622 307,31	21 285,897	6 201.050
	25	2441,200	2034,333	1743,714	,	1356,222	1220.600	1109,6	36 1017.16	7 938.923	871.857	813,733	762.875	718,000	678,111	642,421	610,300	581,238	554.818	530,696	,	488,240	469,462	452,074	435,929	420.897	406,867 393,7		369.879	359,000	348,743	339.056	329.892 321.21	,	4 305.150
	26	2546,800	2122,333	1819,143	,	1414,889	1273,400	1157,6	36 1061,16	7 979,538	909,571	848,933	795,875	749,059	707,444		636,700	606,381	578,818	553,652	530,583	509,360	489,769	471,630	454,786	439,103	424,467 410,7	74 397,938	385,879	374,529	363,829	353,722	344,162 335,10	05 326,513	3 318,350
	27	2652,400	2210,333	1894,571	1657,750	1473,556	1326,200	1205,63	36 1105,16	7 1020,154	947,286	884,133	828,875	780,118	736,778	698,000	663,100	631,524	602,818	576,609	552,583	530,480	510,077	491,185	473,643	457,310	442,067 427,8	06 414,438	401,879	390,059	378,914	368,389	358,432 349,00	00 340,051	1 331,550
	28	2758,000	2298,333	1970,000		1532,222	1379,000	1253,63	36 1149,16	7 1060,769	985,000	919,333	861,875	811,176	766,111	725,789	689,500	656,667	626,818	599,565	,	551,600	530,385	510,741	492,500	475,517	459,667 444,8		417,879	405,588	394,000	383,056	372,703 362,89	95 353,590	344,750
	29	2863,600	2386,333	2045,429		1590,889	1431,800	1301,63	36 1193,16	7 1101,385	1022,714	954,533	894,875	842,235	795,444		715,900	681,810	650,818	622,522	596,583	572,720	550,692	530,296	511,357	493,724	477,267 461,8		433,879	421,118	409,086	397,722	386,973 376,78	.9 367,128	3 357,950
Í	30 31	2969,200 3074,800	2474,333	2120,857	,	1649,556 1708,222	1484,600	1349,63	36 1237,16 36 1281,16	7 1142,000 7 1182,615	1060,429	989,733 1024,933	927,875 960,875	873,294 904,353	824,778 854,111	781,368 809,158	742,300 768,700	706,952 732,095	674,818 698,818	645,478 668,435	618,583	593,840 614,960	571,000 591,308	549,852 569,407	530,214 549,071	511,931 530,138	494,867 478,9 512,467 495,9		449,879 465,879	436,647 452,176	424,171	412,389	401,243 390,68	34 380,667 79 394,205	7 371,150
N	32	3180,400	2650.333	2271,714		1766,889	1590,200	1397,6	36 1325.16	7 1223.23	1135,857	1060,133	993,875	935,412	883,444	836,947	795,100	757,238	722.818	691,391	662,583	636,080	611.615	588,963	567,929	548,345	530,067 512,9	68 496,938	481.879	452,176	454,343	441 722	429,784 418,47	,	4 397 550
D	33	3286,000	2738,333	2347,143	,	1825,556	1643,000	1493,63		,	1173,571	1095,333	1026,875	966,471	912,778	864,737	821,500	782,381	746,818	714,348	,	657,200		608,519	586,786	566,552	547,667 530,0		497,879	483,235	469,429	456,389	444.054 432.36		,
I	34	3391,600	2826,333	2422,571	2119,750	1884,222	1695,800	1541,63	36 1413,16	7 1304,462	1211,286	1130,533	1059,875	997,529	942,111	892,526	847,900	807,524	770,818	737,304	706,583	678,320	652,231	628,074	605,643	584,759	565,267 547,0	32 529,938	513,879	498,765	484,514	471,056	458,324 446,26	53 434,821	1 423,950
C	35	3497,200	2914,333	2498,000	2185,750	1942,889	1748,600	1589,63	36 1457,16	7 1345,077	1249,000	1165,733	1092,875	1028,588	971,444	920,316	874,300	832,667	794,818	760,261	728,583	699,440	672,538	647,630	624,500	602,966	582,867 564,0	65 546,438	529,879	514,294	499,600	485,722	472,595 460,15	8 448,359	9 437,150
_	36	3602,800	3002,333	2573,429		2001,556	1801,400	1637,63	,	7 1385,692	1286,714	1200,933	1125,875	1059,647	1000,778	948,105	900,700	857,810	818,818	783,217	750,583	720,560		667,185	643,357	621,172	600,467 581,0		545,879	529,824	514,686	500,389	486,865 474,05	. ,	7 450,350
E	37	3708,400	3090,333	2648,857	2317,730	2060,222	1854,200	1685,63	36 1545,16	7 1426,308	1324,429	1236,133	1158,875	1090,706	1030,111	975,895	927,100	882,952	842,818	806,174	772,583	741,680	713,154	686,741	662,214	639,379	618,067 598,1	,	561,879	545,353	529,771	515,056	501,135 487,94	,	5 463,550
	38 39	3814,000	3178,333	2724,286 2799,714		2118,889	1907,000	1733,63	36 1589,16 36 1633.16	7 1466,923	1362,143	12/1,333	1191,875	1121,765 1152,824	1059,444	1003,684	953,500 979,900	908,095 933,238	866,818 890,818	829,130 852,087	794,583 816,583	762,800 783,920	733,462	706,296 725,852	681,071 699,929	657,586	635,667 615,1	,	577,879	560,882 576,412	544,857	529,722	515,405 501,84 529,676 515.73	12 488,974 37 502,513	4 4/6,/50
	40	4025,200	3354,333	2875,143	2515,750	2177,330	2012,600	1829.6	36 1677.16	7 1548.154	1437,571	1341.733	1257.875	1132,824	1118.111	1051,474	1006,300	958,381	914,818	875,043	838,583	805,040	774.077	745,407	718,786	694,000	653,267 632,1 670,867 649,2		593,879 609,879	591,941	575 029	559.056	543,946 529,63	7 502,515	1 503 150
		4130,800	3442,333	2950,571	2581,750	2294,889	2065,400	1877,63	, .	, .	1475,286	1376,933	1290,875	1214,941	1147,444	1087,053	1032,700	983,524	938,818	898,000	860,583	826,160		764,963	737,643	712,207	688,467 666,2	,	625,879	607,471	590,114	573,722	558,216 543,52	26 529,590	0 516,350
	42	4236,400	3530,333	3026,000	2647,750	2353,556	2118,200	1925,6	36 1765,16	7 1629,385	1513,000	1412,133	1323,875	1246,000	1176,778	1114,842	1059,100	1008,667	962,818	920,957	882,583	847,280	814,692	784,519	756,500	730,414	706,067 683,2	90 661,938	641,879	623,000	605,200	588,389	572,486 557,42	21 543,128	8 529,550
	43	4342,000	3618,333	3101,429	2713,750	2412,222	2171,000	1973,63	36 1809,16	7 1670,000	1550,714	1447,333	1356,875	1277,059	1206,111	1142,632	1085,500	1033,810	986,818	943,913	904,583	868,400	835,000	804,074	775,357	748,621	723,667 700,3	23 678,438	657,879	638,529	620,286	603,056	586,757 571,31	556,667	7 542,750
	44	4447,600	3706,333	3176,857	,	2470,889	2223,800	2021,63	36 1853,16	7 1710,615	1588,429	1482,533	1389,875	1308,118	1235,444	1170,421	1111,900	1058,952	1010,818	966,870	926,583	889,520	855,308	823,630	794,214	766,828	741,267 717,3		673,879	654,059	635,371	617,722	601,027 585,21	1 570,205	5 555,950
	45	4553,200	3794,333	3252,286	,	2529,556	2276,600	2069,63	,	7 1751,231	1626,143	1517,733	1422,875	1339,176	1264,778	1198,211	1138,300	1084,095	1034,818	989,826	948,583	910,640	,	843,185	813,071	785,034	758,867 734,3		689,879	669,588	650,457	632,389	615,297 599,10	05 583,744	4 569,150
	46 47	4658,800 4764,400	3882,333	3327,714	2911,750	2588,222 2646,889	2329,400	2117,63	36 1941,16 36 1985,16	7 1791,846 7 1832,462	1663,857	1552,933 1588,133	1455,875	1370,235	1294,111	1226,000	1164,700	1109,238	1058,818	1012,783	970,583 992,583	931,760 952,880	895,923 916,231	862,741 882,296	831,929 850,786	803,241 821,448	776,467 751,4 794,067 768,4	19 727,938 52 744,438	705,879 721,879	685,118 700,647	665,543 680,629	661 722	629,568 613,00 643,838 626,89	00 597,282 05 610,821	1 505 550
	48	4870,000	4058,333	3478,571	,	2705,556	2435,000	2213,6	36 2029.16	7 1873.07	1739,286	1623,333	1521.875	1432,353	1352.778	1281,579	1217,500	1159,524	1106,818	1058,696	,	974,000	936,538	901.852	869,643	839,655	811.667 785.4	. , . ,	737,879	716,176	695,714	676 389	658,108 640,78	39 624,359	9 608,750
		4975,600	4146,333	3554,000	3109,750	2764,222	2487,800	2261,63	, .	7 1913,692	1777,000	1658,533	1554,875	1463,412	1382,111	1309,368	1243,900	1184,667	1130,818	1081,652	1036,583	995,120	956,846	921,407	888,500	857,862	829,267 802,5	,	753,879	731,706	710,800	691,056	672,378 654,68	. ,	7 621,950
	50	5081,200	4234,333	3629,429	3175,750	2822,889	2540,600	2309,6	36 2117,16	7 1954,308	1814,714	1693,733	1587,875	1494,471	1411,444	1337,158	1270,300	1209,810	1154,818	1104,609	1058,583	1016,240	977,154	940,963	907,357	876,069	846,867 819,5	48 793,938	769,879	747,235	725,886	705,722	686,649 668,57	9 651,436	6 635,150
	51	5186,800	4322,333	3704,857	3241,750	2881,556	2593,400	2357,63	36 2161,16	7 1994,923	1852,429	1728,933	1620,875	1525,529	1440,778	1364,947	1296,700	1234,952	1178,818	1127,565	1080,583	1037,360	997,462	960,519	926,214	894,276	864,467 836,5	81 810,438	785,879	762,765	740,971	720,389	700,919 682,47	4 664,974	4 648,350
	52	5292,400	4410,333	3780,286	3307,750	2940,222	2646,200	2405,63	36 2205,16	7 2035,538	1890,143	1764,133	1653,875	1556,588	1470,111	1392,737	1323,100	1260,095	1202,818	1150,522	1102,583	1058,480	1017,769	980,074	945,071	912,483	882,067 853,6	13 826,938	801,879	778,294	756,057	735,056	715,189 696,36	68 678,513	3 661,550
	53	5398,000	4498,333	3855,714	3373,750	2998,889	2699,000	2453,63	36 2249,16	7 2076,154	1927,857	1799,333	1686,875	1587,647	1499,444	.,.	1349,500	1285,238	1226,818	1173,478	1124,583	1079,600	1038,077	999,630	963,929	930,690	899,667 870,6	,	817,879	793,824	771,143	749,722	729,459 710,26	692,051	1 674,750
	54 55	5503,600 5609,200	4586,333 4674,333	3931,143 4006,571	3439,750	3057,556 3116,222	2751,800	2501,63	36 2293,16 36 2337.16	7 2116,769	1965,571	1834,533	1719,875 1752,875	1618,706 1649,765	1528,778	1448,316	1375,900	1310,381	1250,818	1196,435 1219,391	1146,583 1168,583	1100,720 1121,840	1058,385 1078,692	1019,185	982,786 1001,643	948,897 967,103	917,267 887,6 934,867 904,7	007,500	833,879 849,879	809,353 824,882	786,229 801,314	770.054	743,730 724,15 758,000 738,05	58 705,590 53 719,128	0 001,000
	56	5714.800	4762,333	4082,000	,	3174,889	2857,400	2597.6	36 2381.16	7 2198,000	2003,280	1904,933	1785,875	1680.824	1587,444	1503,895	1402,300	1360,667	1298,818	1242,348	1190,583	1142,960	1078,092	1058,741	1020,500	985,310	952,467 921,7		865,879	840,412	816,400	793,722	772,270 751,94		7 714.350
	57	5820,400	4850,333	4157,429	3637,750	3233,556	2910,200	2645,63	, .	7 2238,615	2078,714	1940,133	1818,875	1711,882	1616,778	1531,684	1455,100	1385,810	1322,818	1265,304	1212,583	1164,080	1119,308	1077,852	1039,357	1003,517	970,067 938,7	74 909,438	881,879	855,941	831,486	808,389	786,541 765,84		
	58	5926,000	4938,333	4232,857	3703,750	3292,222	2963,000	2693,63	36 2469,16	7 2279,23	2116,429	1975,333	1851,875	1742,941	1646,111	1559,474	1481,500	1410,952	1346,818	1288,261	1234,583	1185,200	1139,615	1097,407	1058,214	1021,724	987,667 955,8	06 925,938	897,879	871,471	846,571	823,056	800,811 779,73	759,744	4 740,750
1	59	6031,600	5026,333	4308,286	3769,750	3350,889	3015,800	2741,63		7 2319,840	2154,143	2010,533	1884,875	1774,000	1675,444		1507,900	1436,095	1370,818	1311,217	1256,583	1206,320	1159,923	1116,963	1077,071	1039,931	1005,267 972,8		913,879	887,000	861,657	837,722	815,081 793,63		2 753,950
	60	6137,200	5114,333	4383,714	3835,750	3409,556	3068,600	2789,63	36 2557,16	2360,462	2191,857	2045,733	1917,875	1805,059	1704,778	1615,053	1534,300	1461,238	1394,818	1334,174	1278,583	1227,440	1180,231	1136,519	1095,929	1058,138	1022,867 989,8	71 958,938	929,879	902,529	876,743	852,389	829,351 807,52	26 786,821	1 767,150



ANEXO 104. Tabla Manual para la dosificación de Al₂(SO₄)₃ con el equipo

_									ΑN	VEX.	<u>U 10</u>)4. I	「abla №	lanu	al pa	ra la	dosi	ticac	cion	de A	12(50	<i>J4)</i> 3 C	on e	ei eq	иіро	#									
													DOSIFI	CADO	R DE	SUL				INIO	- EQ	UIPO 7	<i>‡1</i>												
1 (,	1																UDAL	/					1	1										
	0.012	7 0,0106	350 0.0091	0.0079	0.0070	0.0063	0.0058	0.0053	0.0049	0.0045	0.0042	0.0040	900 0.0037 0.003	950 5 0.0033	1000 0.0032	1050 0,0030	1100 0,0029	0.0028	1200 0,0026	0.0025	0.0024		0023	0.0022	0.0021	0.0020	0.0020	0.0019	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0017	0.0016	0.0016
2	0,012	6 0.0205	0,0176	0.0154	0.0137	0.0123	0.0112	0.0102	0.0095	0.0088	0.0082	0.0077	0.0072 0.006	8 0.0065	0.0061	0,0059	0,0029	0,0028	0,0020	0,0049	0,0024	0,00-0	.0044	0.0042	0,0041	0,0020	0.0038	0.0037	0.0036	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0032	0.0031
3	0,036	5 0,0304	0,0261	0,0228	0,0203	0,0182	0,0166	0,0152	0,0140	0,0130	0,0122	0,0114	0,0107 0,010	1 0,0096	0,0091	0,0087	0,0083	0,0079	0,0076	0,0073	0,0070	0,0068 0	,0065	0,0063	0,0061	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048	0,0047	0,0046
4	0,048	4 0,0403	0,0346	0,0303	0,0269	0,0242	0,0220	0,0202	0,0186	0,0173	0,0161	0,0151	0,0142 0,013	4 0,0127	0,0121	0,0115	0,0110	0,0105	0,0101	0,0097	0,0093	0,0090 0	,0086	0,0083	0,0081	0,0078	0,0076	0,0073	0,0071	0,0069	0,0067	0,0065	0,0064	0,0062	0,0061
5	0,060	3 0,0503	0,0431	0,0377	0,0335	0,0302	0,0274	0,0251	0,0232	0,0215	0,0201	0,0188	0,0177 0,016	8 0,0159	0,0151	0,0144	0,0137	0,0131	0,0126	0,0121	0,0116		,0108	0,0104	0,0101	0,0097	0,0094	0,0091	0,0089	0,0086	0,0084	0,0082	0,0079	0,0077	0,0075
6	0,072	2 0,0602 1 0,0701	0,0516	0,0451	0,0401	0,0361	0,0328	0,0301	0,0278	0,0258	0,0241	0,0226	0,0212 0,020	1 0,0190 4 0,0221	0,0181	0,0172	0,0164	0,0157	0,0150	0,0144	0,0139		,0129	0,0125	0,0120	0,0116	0,0113	0,0109	0,0106	0,0103	0,0100	0,0098	0,0095	0,0093	0,0090
8	0,084	0,0800	0.0686	0,0526	0,0467	0,0421	0.0437	0.0400	0.0324	0.0343	0.0280	0,0263	0.0282 0.026	7 0,0253	0,0210	0,0200	0,0191	0,0183	0,0175	0,0168	0,0162		,0150	0,0145	0,0140	0,0136	0.0150	0.0127	0.0124	0.0120	0,0117	0,0114	0,0111	0,0108	0.0120
9	0,107	9 0,0900	0,0771	0,0675	0,0600	0,0540	0,0491	0,0450	0,0415	0,0386	0,0360	0,0337	0,0317 0,030	0 0,0284	0,0270	0,0257	0,0245	0,0235	0,0225	0,0216	0,0208		,0193	0,0186	0,0180	0,0174	0,0169	0,0144	0,0159	0,0154	0,0150	0,0146	0,0120	0,0138	0,0135
10	0,119	9 0,0999	0,0856	0,0749	0,0666	0,0599	0,0545	0,0499	0,0461	0,0428	0,0400	0,0375	0,0353 0,033	3 0,0315	0,0300	0,0285	0,0272	0,0261	0,0250	0,0240	0,0230		,0214	0,0207	0,0200	0,0193		0,0182	0,0176	0,0171	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150
11	0,131	8 0,1098	0,0941	0,0824	0,0732	0,0659	0,0599	0,0549	0,0507	0,0471	0,0439	0,0412	0,0388 0,036	,	0,0329	0,0314	0,0299	0,0286	0,0275	0,0264	0,0253		,0235	0,0227	0,0220	0,0213	- /	0,0200	0,0194	0,0188	0,0183	0,0178	0,0173	0,0169	0,0165
12	0,143	7 0,1197	0,1026	0,0898	0,0798	0,0718	0,0653	0,0599	0,0553	0,0513	0,0479	0,0449	0,0423 0,039	9 0,0378	0,0359	0,0342	0,0327	0,0312	0,0299	0,0287	0,0276	.,	,0257	0,0248	0,0239	0,0232	0,0224	0,0218	0,0211	0,0205	0,0200	0,0194	0,0189	0,0184	0,0180
13	0,155	6 0,1297 5 0,1396	0,1111	0,0972	0,0864	0,0778	0,0707	0,0648	0,0598	0,0556	0,0519	0,0486	0,0458 0,043	2 0,0409 5 0,0441	0,0389	0,0370	0,0354	0,0338	0,0324	0,0311	0,0299		,0278	0,0268	0,0259	0,0251	0,0243	0,0236	0,0229	0,0222	0,0216	0,0210	0,0205	0,0199	0,0194
15	0,167	4 0,1495	0,1196	0,1047	0,0931	0,0837	0,0761	0,0698	0,0690	0,0598	0.0598	0.0561	0.0528 0.049	8 0,0472	0,0419	0,0399	0,0381	0,0364	0,0349	0,0359	0,0322		,0299	0,0289	0,0279	0,0270	0,000	0,0254	0,0246	0,0239	0,0233	0,0226	0,0220	0,0215	0,0209
16	0,191	3 0,1594	0,1366	0,1196	0,1063	0,0957	0,0870	0,0797	0,0736	0,0683	0,0638	0,0598	0,0563 0,053	1 0,0503	0,0478	0,0455	0,0435	0,0416	0,0399	0,0383	0,0368		,0342	0,0330	0,0319	0,0309	0,0299	0,0272	0,0281	0,0273	0,0266	0,0259	0,0252	0,0245	0,0239
17			0,1452	0,1270	0,1129	0,1016	0,0924	0,0847	0,0782	0,0726	0,0677	0,0635	0,0598 0,056	4 0,0535	0,0508	0,0484	0,0462	0,0442	0,0423	0,0406	0,0391	0,0376 0	,0363	0,0350	0,0339	0,0328		0,0308	0,0299	0,0290	0,0282	0,0275	0,0267	0,0261	0,0254
18	0,215	0,1793	0,1537	0,1345	0,1195	0,1076	0,0978	0,0896	0,0827	0,0768	0,0717	0,0672	0,0633 0,059	,	0,0538	0,0512	0,0489	0,0468	0,0448	0,0430	0,0414		,0384	0,0371	0,0359	0,0347	0,000	0,0326	0,0316	0,0307	0,0299	0,0291	0,0283	0,0276	0,0269
19	0,227	0,1892	0,1622	0,1419	0,1261	0,1135	0,1032	0,0946	0,0873	0,0811	0,0757	0,0709	0,0668 0,063	1 0,0597	0,0568	0,0541	0,0516	0,0494	0,0473	0,0454	0,0437		,0405	0,0391	0,0378	0,0366	0,0355	0,0344	0,0334	0,0324	0,0315	0,0307	0,0299	0,0291	0,0284
20	.,		0,1707	0,1493	0,1327	0,1195	0,1086	0,0996	0,0919	0,0853	0,0796	0,0747	0,0703 0,066	4 0,0629 7 0,0660	0,0597	0,0569	0,0543	0,0519	0,0498	0,0478	0,0460		,0427	0,0412	0,0398	0,0385	0,0373	0,0362	0,0351	0,0341	0,0332	0,0323	0,0314	0,0306	0,0299
22		8 0,2190	0,1792	0,1368		0,1234	0,1140	0.1095	0,1011	0.0938	0.0876	0.0821	0.0773 0.073	0 0,0691	0,0627	0,0397	0,0597	0,0571	0,0547	0,0526	0,0482		,0448	0,0453	0,0418	0,0424	0,0392	0.0398	0,0386	0,0338	0,0348	0,0355	0,0336	0.0322	0.0328
23	0,274		0,1962	0,1717	0,1526	0,1373	0,1249	0,1144	0,1056	0,0981	0,0916	0,0858	0,0808 0,076	3 0,0723	0,0687	0,0654	0,0624	0,0597	0,0572	0,0549	0,0528		,0490	0,0474	0,0458	0,0443		0,0416	0,0404	0,0392	0,0381	0,0371	0,0361	0,0352	0,0343
24	0,286	6 0,2388	0,2047	0,1791	0,1592	0,1433	0,1303	0,1194	0,1102	0,1024	0,0955	0,0896	0,0843 0,079	6 0,0754	0,0716	0,0682	0,0651	0,0623	0,0597	0,0573	0,0551	0,0531 0	,0512	0,0494	0,0478	0,0462	0,0448	0,0434	0,0421	0,0409	0,0398	0,0387	0,0377	0,0367	0,0358
25		5 0,2487	0,2132	0,1866	0,1658	0,1492	0,1357	0,1244	0,1148	0,1066	0,0995	0,0933	0,0878 0,082	9 0,0785	0,0746	0,0711	0,0678	0,0649	0,0622	0,0597	0,0574	. ,	,0533	0,0515	0,0497	0,0481		0,0452	0,0439	0,0426	0,0415	0,0403	0,0393	0,0383	0,0373
26	0,310	4 0,2587	0,2217	0,1940	0,1724	0,1552	0,1411	0,1293	0,1194	0,1109	0,1035	0,0970	0,0913 0,086	2 0,0817	0,0776	0,0739	0,0705	0,0675	0,0647	0,0621	0,0597		,0554	0,0535	0,0517	0,0501	0,0485	0,0470	0,0456	0,0443	0,0431	0,0419	0,0408	0,0398	0,0388
I 28	0,322	0,2686 2 0,2785	0,2302	0,2014	0,1791	0,1612	0,1465	0,1343	0,1240	0,1151	0,1074	0,1007	0,0948 0,089	5 0,0848 8 0.0880	0,0806	0,0767	0,0733	0,0701	0,0671	0,0645	0,0620		,0576	0,0556	0,0537	0,0520	.,	0,0488	0,0474	0,0460	0,0448	0,0436	0,0424	0,0413	0,0403
N 29	. ,	1 0.2884	0,2387	0,2089	0,1857	0,1671	0,1519	0,1393	0,1285	0,1194	0,1114	0,1044	0.1018 0.092	1 0,0911	0,0836	0,0796	0,0787	0,0727	0,0696	0,0668	0,0643	.,	,0597	0,0576	0,0557	0,0558	0.0522	0.0524	0.0491	0,0477	0,0464	0,0452	0,0440	0,0428	0,0418
D 30	. ,	.,	0,2557	0,2238	0,1989	0,1790	0,1627	0,1492	0,1377	0,1279	0,1193	0,1119	0,1053 0,099	5 0,0942		0,0852	0,0814	0,0778	0,0746	0,0716	0,0689	. ,	,0639	0,0617	0,0597	0,0577	.,	0,0542	0,0527	0,0511	0,0497	0,0484	0,0471	0,0459	0,0448
I 31	0,369	9 0,3083	0,2642	0,2312	0,2055	0,1850	0,1682	0,1541	0,1423	0,1321	0,1233	0,1156	0,1088 0,102	8 0,0974	0,0925	0,0881	0,0841	0,0804	0,0771	0,0740	0,0711	0,0685 0	,0661	0,0638	0,0617	0,0597	0,0578	0,0561	0,0544	0,0528	0,0514	0,0500	0,0487	0,0474	0,0462
C 32		9 0,3182	0,2728	0,2387	0,2121	0,1909	0,1736	0,1591	0,1469	0,1364	0,1273	0,1193	0,1123 0,106	1 0,1005	0,0955	0,0909	0,0868	0,0830	0,0796	0,0764	0,0734		,0682	0,0658	0,0636	0,0616	0,0597	0,0579	0,0562	0,0546	0,0530	0,0516	0,0502	0,0490	0,0477
E 33	.,	8 0,3281	0,2813	0,2461	0,2188	0,1969	0,1790	0,1641	0,1514	0,1406	0,1313	0,1230	0,1158 0,109	4 0,1036	0,0984	0,0938	0,0895	0,0856	0,0820	0,0788	0,0757	. ,	,0703	0,0679	0,0656	0,0635	0,0615	0,0597	0,0579	0,0563	0,0547	0,0532	0,0518	0,0505	0,0492
35	0,100	7 0,3381 6 0,3480	0,2898	0,2535	0,2254	0,2028	0,1844	0,1690	0,1560	0,1449	0,1352	0,1268	0,1193 0,112 0,1228 0,116	7 0,1068 0 0,1099	0,1014	0,0966	0,0922	0,0882	0,0845	0,0811	0,0780		,0724	0,0699	0,0676	0,0654	0,0634	0,0615	0,0597	0,0580	0,0563	0,0548	0,0534	0,0520	0,0507
36	0,417	5 0,3579	0,3068	0,2610	0,2320	0,2088	0,1090	0,1740	0,1652	0,1534	0,1392	0,1303	0.1263 0.119	3 0,1130	0,1044	0,1023	0,0949	0,0908	0,0870	0,0859	0,0803		,0746	0,0740	0,0096	0,0693	0,0632	0,0651	0,0632	0,0597	0,0597	0,0580	0,0565	0,0551	0,0522
37			0,3153	0,2759	0,2452	0,2207	0,2006	0,1839	0,1698	0,1576	0,1471	0,1379	0,1298 0,122	6 0,1162	0,1103	0,1051	0,1003	0,0960	0,0920	0,0883	0,0849		,0788	0,0761	0,0736	0,0712		0,0669	0,0649	0,0631	0,0613	0,0596	0,0581	0,0566	0,0552
38	0,453	3 0,3778	0,3238	0,2833	0,2518	0,2267	0,2060	0,1889	0,1743	0,1619	0,1511	0,1417	0,1333 0,125	9 0,1193	0,1133	0,1079	0,1030	0,0985	0,0944	0,0907	0,0872	0,0839 0	,0809	0,0782	0,0756	0,0731	0,0708	0,0687	0,0667	0,0648	0,0630	0,0613	0,0596	0,0581	0,0567
39	0,465	2 0,3877	0,3323	0,2908	0,2585	0,2326	0,2115	0,1938	0,1789	0,1661	0,1551	0,1454	0,1368 0,129	2 0,1224	0,1163	0,1108	0,1057	0,1011	0,0969	0,0930	0,0895		,0831	0,0802	0,0775	0,0750	0,0727	0,0705	0,0684	0,0665	0,0646	0,0629	0,0612	0,0596	0,0582
40	0,477	0,3976	0,3408	0,2982	0,2651	0,2386	0,2169	0,1988	0,1835	0,1704	0,1590	0,1491	0,1403 0,132	5 0,1256	0,1193	0,1136	0,1084	0,1037	0,0994	0,0954	0,0918		,0852	0,0823	0,0795	0,0770	0,0746	0,0723	0,0702	0,0682	0,0663	0,0645	0,0628	0,0612	0,0596
41		0 0,4075	0,3493	0,3056	0,2717	0,2445	0,2223	0,2038	0,1881	0,1747	0,1630	0,1528	0,1438 0,135 0,1473 0,139	8 0,1287 1 0,1318	0,1223	0,1164	0,1111	0,1063	0,1019	0,0978	0,0940	.,	,0873	0,0843	0,0815	0,0789	0,0764	0,0741	0,0719	0,0699	0,0679	0,0661	0,0643	0,0627	0,0611
43	0,512	8 0,4274	0,3663	0,3131	0,2849	0,2564	0,2331	0,2087	0,1927	0,1789	0,1709	0,1603	0,1508 0,142	5 0,1350	0,1232	0,1193	0,1166	0,1115	0,1044	0,1002	0,0986		,0893	0,0884	0,0855	0,0827	0,0783	0,0739	0,0754	0,0716	0,0090	0,0693	0,0639	0,0657	0,0628
44			0,3748	0,3280	0,2915	0,2624	0,2385	0,2186	0,2018	0,1874	0,1749	0,1640	0,1543 0,145	8 0,1381	0,1312	0,1249	0,1193	0,1141	0,1093	0,1050	0,1009	0,0972 0	,0937	0,0905	0,0875	0,0846	0,0820	0,0795	0,0772	0,0750	0,0729	0,0709	0,0690	0,0673	0,0656
45	0,536		0,3833	0,3354	0,2981	0,2683	0,2439	0,000	0,2064	0,1917	0,1789	0,1677	0,1578 0,149	,		0,1278	0,1220	0,1167	0,1118	0,1073	0,1032	0,077.	,0958	0,0925	0,0894	0,0866	0,000,	0,0813	0,0789	0,0767	0,0745	0,0725	0,0706	0,0688	0,0671
46	. ,	6 0,4571	0,3918	0,3429	0,3048	0,2743	0,2494	0,2286	0,2110	0,1959	0,1829	0,1714	0,1613 0,152	4 0,1444	0,1371	0,1306	0,1247	0,1193	0,1143	0,1097	0,1055	0,1010	,0980	0,0946	0,0914	0,0885	0,0857	0,0831	0,0807	0,0784	0,0762	0,0741	0,0722	0,0703	0,0686
47	0,560		0,4003	0,3503	0,3114	0,2802	0,2548	0,2335	0,2156	0,2002	0,1868	0,1752	0,1648 0,155	7 0,1475	0,1401	0,1334	0,1274	0,1218	0,1168	0,1121	0,1078		,1001	0,0966	0,0934	0,0904	0,0876	0,0849	0,0824	0,0801	0,0778	0,0757	0,0737	0,0719	0,0701
48	0,572	4 0,4770 3 0,4869	0,4089	0,3577	0,3180	0,2862	0,2602	0,2385	0,2202	0,2044	0,1908	0,1789	0,1684 0,159	0 0,1506	0,1431	0,1363	0,1301	0,1244	0,1192 0,1217	0,1145	0,1101	0,1000	,1022	0,0987	0,0954	0,0923	0,007	0,0867	0,0842	0,0818	0,0795	0,0774	0,0753	0,0734	0,0715
50	0,596	2 0,4968	0,4174	0,3632	0,3312	0,2981	0,2636	0,2484	0,2247	0,2129	0,1948	0,1863	0,1754 0.165	6 0,1569	0,1491	0,1391	0,1328	0,1276	0,1217	0,1192	0,1124		,1045	0,1007	0,0974	0,0942	0,0913	0,0863	0,0839	0,0852	0,0812	0,0806	0,0784	0,0764	0,0730
51		1 0,5068	0,4344	0,3801	0,3378	0,3041	0,2764	0,2534	0,2339	0,2172	0,2027	0,1900	0,1789 0,168	9 0,1600	0,1520	0,1448	0,1382	0,1322	0,1267	0,1216	0,1169	0,1126 0	,1086	0,1048	0,1014	0,0981	0,0950	0,0921	0,0894	0,0869	0,0845	0,0822	0,0800	0,0780	0,0760
52			0,4429	0,3875	.,.	0,3100	0,2818	0,2000	0,2385	0,2214	0,2067	0,1938	0,1824 0,172	_ 0,1001		0,1476	0,1409	0,1348	0,1292	0,1240	0,1192		,1107	0,1069	0,1033	0,1000		0,0939	0,0912	0,0886	0,0861	0,0838	. ,	0,0795	0,0775
53	0,631	9 0,5266	0,4514	0,3950	0,3511	0,3160	0,2872	0,2633	0,2431	0,2257	0,2106	0,1975	0,1859 0,175	5 0,1663	0,1580	0,1505	0,1436	0,1374	0,1317	0,1264	0,1215		,1128	0,1090	0,1053	0,1019	0,0987	0,0957	0,0929	0,0903	0,0878	0,0854	0,0831	0,0810	0,0790
54	0,643		0,4599	0,4024	0,3577	0,3219	0,2927	0,2683	0,2476	0,2299	0,2146	0,2012	0,1894 0,178	8 0,1694	0,1610	0,1533	0,1463	0,1400	0,1341	0,1288	0,1238		,1150	0,1110	0,1073	0,1038	0,1006	0,0976	0,0947	0,0920	0,0894	0,0870	0,0847	0,0825	0,0805
55	0,655	8 0,5465 7 0.5564	0,4684	0,4098	0,3643	0,3279	0,2981	0,2732	0,2522	0,2342	0,2186	0,2049	0,1929 0,182 0,1964 0,185	2 0,1726 5 0,1757	0,1639	0,1561	0,1490 0,1517	0,1426	0,1366	0,1312	0,1261 0,1284		,1171	0,1131	0,1093	0,1058	0,1025	0,0994	0,0964	0,0937	0,0911	0,0886	0,0863	0,0841	0,0820
57	0,679	6 0,5663	0,4854	0,4247	0,3775	0,3398	0,3089	0,2832	0,2614	0,2427	0,2265	0,2124	0,1999 0,188	8 0,1788	0,1699	0,1618	0,1544	0,1477	0,1416	0,1359	0,1307	-,	,1214	0,1172	0,1113	0,1096	0,1062	0,1012	0,0999	0,0971	0,0944	0,0902	0,0879	0,0871	0,0833
58		5 0,5762	0,4939	0,4322	0,3842	0,3457	0,3143	0,2881	0,2660	0,2470	0,2305	0,2161	0,2034 0,192	1 0,1820	0,1729	0,1646	0,1572	0,1503	0,1441	0,1383	0,1330		,1235	0,1192	0,1152	0,1115	0,1080	0,1048	0,1017	0,0988	0,0960	0,0934	0,0910	0,0887	0,0864
59		4 0,5862	0,5024	0,4396	.,	0,3517	0,3197		0,2705	0,2512	0,2345	0,2198	0,2069 0,195	4 0,1851	0,1758	0,1675	0,1599	0,1529	0,1465	0,1407	0,1353	0,1303 0	,1256	0,1213	0,1172	0,1134	0,1099	0,1066	0,1034	0,1005	0,0977	0,0951	0,0926	0,0902	0,0879
60	0,715	0,5961	0,5109	0,4471	0,3974	0,3576	0,3251	0,2980	0,2751	0,2555	0,2384	0,2235	0,2104 0,198	7 0,1882	0,1788	0,1703	0,1626	0,1555	0,1490	0,1431	0,1376	0,1325 0	,1277	0,1233	0,1192	0,1154	0,1118	0,1084	0,1052	0,1022	0,0993	0,0967	0,0941	0,0917	0,0894



ANEXO 105. Tabla Manual para la dosificación de Al₂(SO₄)₃ con el equipo

										Α	NE	XO 1	105.	Tab	ia IV	⁄lanι	ıal p	ara I	a do	sifica	aciói	า de	$Al_2(3$	SO4)	з сог	ı el e	equip	00#									
														DOS	IFIC	CADO	R DE	SUL				1INIC) - EQ	UIP) #2												
$I \setminus g$	2 3	0 20	n I -	250	400	150	500	550	1 (00	1 (50	700	750	000	950	000	050	1000	1050		AUDAL	,,	1250	1200	1250	7.400	7.450	1500	1550	1.000	1650	1700	1750	1000	1050	7000	1050	2000
-	2.5			350 0,0158	0.0138	450 0.0123	500	330	600	650 2 0,0085	700	750	0.0069	850 0.0065	0.0061	0.0058	0,0055	1050 0,0053	0,0050	0,0048	0,0046	1250 0,0044	0.0042	0,0041	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036	0.0034	0.0033	0.0032	0.0032	0.0031	0,0030	1900 0,0029	0.0028	0.0028
2	0,0			,0292	0,0138	0,0123	0.0204	0.0100	5 0.0170	0,0085	0,0079	,	0,0069	0,0065	0,0061	0,0058	0,0055	0,0053	0,0050	0,0048	0,0046	0,0044	0,0042	0,0041	0,0039	0,0038	0.0068	0,0036	0,0034	0,0053	0,0032	0,0032	0,0031	0,0030	0,0029	0,0028	0,0028
3	.,.	_		,0292	0,0233	0.0331	0.0298	0,0180	0.0249	0,0137	0,0140	_	0,000	5 0,0120	0.0166	0,0108	0,0102	0,0097	0,0093	0,0089	0,0083	0,0082	0,0079	0,0076	0,0073	0,0070	0,0008	0,0096	0.0093	0,0090	0,0088	0.0085	0,0037	0,0033	0,0034	0,0032	0.0075
4		_		.0560	0.0490	0.0436	- ,	0.0357	0,0327	7 0,0302				0,0231	0,0218		0,0196	0,0142	0,0178	0,0171	0,0163	0,0117	0,0113	0,0145	0,0140	0,0135	0,0131	0,0127	0,0123	0,0119	0,0115	0,0112	0,0109	0,0106		0,0101	0.0098
5			310 0.	,0695	0,0608	0,0540	0,0486	0,0442	2 0,0405	0,0374	0,034	7 0,0324	0,030	0,0286	0,0270	0,0256	0,0243	0,0232	0,0221	0,0211	0,0203	0,0194	0,0187	0,0180	0,0174	0,0168	0,0162	0,0157	0,0152	0,0147	0,0143	0,0139	0,0135	0,0131	0,0128	0,0125	0,0122
6	0,1	160 0,09	967 0.	,0829	0,0725	0,0645	0,0580	0,0527	0,0483	0,0446	0,0414	4 0,0387	0,0363	0,0341	0,0322	0,0305	0,0290	0,0276	0,0264	0,0252	0,0242	0,0232	0,0223	0,0215	0,0207	0,0200	0,0193	0,0187	0,0181	0,0176	0,0171	0,0166	0,0161	0,0157	0,0153	0,0149	0,0145
7	0,1	348 0,11	123 0.	,0963	0,0843	0,0749	0,0674	0,0613	0,0562	0,0519	0,048	1 0,0449	0,042	0,0397	0,0374	0,0355	0,0337	0,0321	0,0306	0,0293	0,0281	0,0270	0,0259	0,0250	0,0241	0,0232	0,0225	0,0217	0,0211	0,0204	0,0198	0,0193	0,0187	0,0182	0,0177	0,0173	0,0169
8	0,1	536 0,12	280 0.	,1097	0,0960	0,0853	0,0768	0,0698	0,0640	0,0591	0,0549	9 0,0512	0,0480	0,0452	0,0427	0,0404	0,0384	0,0366	0,0349	0,0334	0,0320	0,0307	0,0295	0,0284	0,0274	0,0265	0,0256	0,0248	0,0240	0,0233	0,0226	0,0219	0,0213	0,0208	0,0202	0,0197	0,0192
9		724 0,14	_	,1231	0,1077	0,0958	0,0862	0,0784	0,0718	0,0663	0,0616	6 0,0575	0,0539	0,0507	0,0479	0,0454	0,0431	0,0410	0,0392	0,0375	0,0359	0,0345	0,0332	0,0319	0,0308	0,0297	0,0287	0,0278	0,0269	0,0261	0,0254	0,0246	0,0239	0,0233	0,0227	0,0221	0,0215
10		_		,1366	0,1195	0,1062	0,0956	0,0869	0,0797	7 0,0735	0,0683			0,0562	0,0531	0,0503	0,0478	0,0455	0,0435	0,0416	0,0398	0,0382	0,0368	0,0354	0,0341	0,0330	0,0319	0,0308	0,0299	0,0290	0,0281	0,0273	0,0266	0,0258	0,0252	0,0245	0,0239
11				,1500	0,1312	0,1167	0,1050	0,0954	0,0875	0,0808			0,065		0,0583	0,0553	0,0525	0,0500	0,0477	0,0456	0,0437	0,0420	0,0404	0,0389	0,0375	0,0362	0,0350	0,0339	0,0328	0,0318	0,0309	0,0300	0,0292	0,0284		0,0269	0,0262
12		288 0,19		,1634	0,1430	0,1271	0,1144	0,1040	0,0953	0,0880	0,081	7 0,0763	0,071:	0,0673	0,0635	0,0602	0,0572	0,0545	0,0520	0,0497	0,0477	0,0458	0,0440	0,0424	0,0409	0,0394	0,0381	0,0369	0,0357	0,0347	0,0336	0,0327	0,0318	0,0309	0,0301	0,0293	0,0286
13				,1768	0,1547	0,1375	0,1238	0,1125	0,1032	0,0952	0,088			0,0728	0,0688	0,0651	0,0619	0,0589	0,0563	0,0538	0,0516	0,0495	0,0476	0,0458	0,0442	0,0427	0,0413	0,0399	0,0387	0,0375	0,0364	0,0354	0,0344	0,0335	0,0326	0,0317	0,0309
15				,1903	0,1665	0,1480	0,1332	0,1211	0,1110	0,1024	0,095	.,	.,	0,0783	0,0740	0,0701	0,0666	0,0634	0,0605	0,0579	0,0555	0,0533	0,0512	0,0493	0,0476	0,0459	0,0444	0,0430	0,0416	0,0404	0,0392	0,0381	0,0370	0,0360	0,0350	0,0341	0,0333
10		_		,2037	0,1782	0,1384	0.1520	0.1387	2 0.1266	5 0,1097	0,1018	_	0.089	0,0839	0,0792		0,0713	0,0079	0,0691	0,0620	0,0594	0,0608	0,0584	0,0563	0,0543	0,0492	0,0473	0,0490	0,0446	0,0461	0,0419	0,0434	0,0396	0,0383	0,0400	0,0390	0.0330
17				,2305	0,2017	0,1793	0,1614	0,1467	0,1200	5 0,1241			0,070		0,0896	0,0849	0,0807	0,0724	0,0733	0,0702	0,0672	0,0645	0,0621	0,0598	0,0576	0,0556	0,0538	0,0521	0,0504	0,0489	0,0475	0,0461	0,0448	0,0436		0,0390	0,0403
18				,2439	0,2134	0,1897	0,1708	0,1552	2 0,1423	3 0,1314	0,1220	0,1138	0,106	7 0,1004	0,0949	0,0899	0,0854	0,0813	0,0776	0,0742	0,0711	0,0683	0,0657	0,0632	0,0610	0,0589	0,0569	0,0551	0,0534	0,0517	0,0502	0,0488	0,0474	0,0462	0,0449	0,0438	0,0427
15		_		,2574	0,2252	0,2002	0,1802	0,1638	8 0,1501	0,1386	0,128	7 0,1201	0,112	0,1060	0,1001	0,0948	0,0901	0,0858	0,0819	0,0783	0,0751	0,0721	0,0693	0,0667	0,0643	0,0621	0,0601	0,0581	0,0563	0,0546	0,0530	0,0515	0,0500	0,0487	0,0474	0,0462	0,0450
20		791 0,31	159 0	,2708	0,2369	0,2106	0,1895	0,1723	0,1580	0,1458	0,135	4 0,1264	0,118	0,1115	0,1053	0,0998	0,0948	0,0903	0,0862	0,0824	0,0790	0,0758	0,0729	0,0702	0,0677	0,0654	0,0632	0,0611	0,0592	0,0574	0,0557	0,0542	0,0527	0,0512	0,0499	0,0486	0,0474
21		_		,2842	0,2487	0,2210	0,1989	0,1809	0,1658	0,1530	0,142	_	0,1243	0,1170	0,1105	0,1047	0,0995	0,0947	0,0904	0,0865	0,0829	0,0796	0,0765	0,0737	0,0711	0,0686	0,0663	0,0642	0,0622	0,0603	0,0585	0,0568	0,0553	0,0538	0,0524	0,0510	0,0497
22				,2976	0,2604	0,2315	0,2083	0,1894	0,1736	0,1603	0,1488		0,1302	0,1226	0,1157	0,1097	0,1042	0,0992	0,0947	0,0906	0,0868	0,0833	0,0801	0,0772	0,0744	0,0718	0,0694	0,0672	0,0651	0,0631	0,0613	0,0595	0,0579	0,0563		0,0534	0,0521
23		_	_	,3111	0,2722	0,2419	0,2177	0,1979	0,1814	0,1675	0,155		0,136	0,1281	0,1210	_	0,1089	0,1037	0,0990	0,0947	0,0907	0,0871	0,0837	0,0806	0,0778	0,0751	0,0726	0,0702	0,0680	0,0660	0,0640	0,0622	0,0605	0,0588	0,0573	0,0558	0,0544
24		_	_	,3245	0,2839	0,2524		0,2065	0,1893	0,1747	_	_	_		0,1262	_	0,1136	0,1082	0,1032	0,0988	0,0946	0,0909	0,0874	0,0841	0,0811	0,0783	0,0757	0,0733	0,0710	0,0688	0,0668	0,0649	0,0631	0,0614		0,0582	0,0568
25		_		,3379	0,2957	0,2628	0,2365	0,2150	0,1971	0,1819	0,1689	9 0,1577	0,1478	0,1391	0,1314	0,1245	0,1183	0,1126	0,1075	0,1028	0,0986	0,0946	0,0910	0,0876	0,0845	0,0816	0,0788	0,0763	0,0739	0,0717	0,0696	0,0676	0,0657	0,0639	0,0622	0,0606	0,0591
27				,3513	0,3074	0,2732	0,2459	0,2236	0,2049	0,1892		7 0,1639	0,153	0,1447	0,1366	0,1294	0,1230	0,1171	0,1118	0,1069	0,1025	0,0984	0,0946	0,0911	0,0878	0,0848	0,0820	0,0793	0,0769	0,0745	0,0723	0,0703	0,0683	0,0665	0,0647	0,0631	0,0615
I 28	.,.	106 0,42 294 0,44		,3647	0,3191	0,2837	0,2553	0,2321	0,2128	0,1964 0,2036	0,182		0,1596	0,1502 0,1557	0,1418	0,1344	0,1277	0,1216	0,1161	0,1110	0,1064	0,1021	0,0982	0,0946	0,0912	0,0880	0,0851	0,0824	0,0798	0,0774	0,0751	0,0729	0,0709	0,0690	0,0672	0,0655	0,0638
N 25				,3782	0,3426	0,2941	0,2647	0,2400	0,2200	1 0,2109	0,189		0,163	0,1337	0,1523	0,1393	0,1324	0,1305	0,1203	0,1131	0,1103	0,1039	0,1018	0,1015	0,0943	0,0915	0,0882	0.0884	0,0827	0,0802	0,0779	0,0738	0,0761	0,0713	0,0897	0.0079	0.0685
D 30		, .		,4050	0.3544	0.3150	0.2835	0,2577	0.2363	0,2181	0,202		.,	0,1668	0,1575	0,1492	0,1418	0,1350	0,1289	0,1233	0,1181	0,1134	0,1090	0,1050	0,1013	0,0978	0,0945	0,0915	0,0886	0,0859	0,0834	0,0810	0,0788	0,0766		0.0727	0.0709
I 31	0,5	858 0,48	382 0.	,4184	0,3661	0,3254	0,2929	0,2663	0,2441	0,2253	0,2092	2 0,1953	0,183	0,1723	0,1627	0,1542	0,1464	0,1395	0,1331	0,1273	0,1220	0,1172	0,1127	0,1085	0,1046	0,1010	0,0976	0,0945	0,0915	0,0888	0,0861	0,0837	0,0814	0,0792	0,0771	0,0751	0,0732
C 32	0,6	046 0,50	038 0	,4318	0,3779	0,3359	0,3023	0,2748	8 0,2519	0,2325	0,2159	9 0,2015	0,1889	0,1778	0,1679	0,1591	0,1511	0,1439	0,1374	0,1314	0,1260	0,1209	0,1163	0,1120	0,1080	0,1042	0,1008	0,0975	0,0945	0,0916	0,0889	0,0864	0,0840	0,0817	0,0796	0,0775	0,0756
E 33		234 0,51	195 0.	,4453	0,3896	0,3463	0,3117	0,2834	0,2597	0,2398	0,2226	6 0,2078	0,1948	0,1833	0,1732	0,1640	0,1558	0,1484	0,1417	0,1355	0,1299	0,1247	0,1199	0,1154	0,1113	0,1075	0,1039	0,1005	0,0974	0,0945	0,0917	0,0891	0,0866	0,0842	0,0820	0,0799	0,0779
34		422 0,53		,4587	0,4014	0,3568	0,3211	0,2919	0,2676	0,2470	0,2293	_	0,200	0,1889	0,1784	0,1690	0,1605	0,1529	0,1459	0,1396	0,1338	0,1284	0,1235	0,1189	0,1147	0,1107	0,1070	0,1036	0,1003	0,0973	0,0944	0,0917	0,0892	0,0868	0,0845	0,0823	0,0803
35		_		,4721	0,4131	0,3672	0,3305	0,3004	0,2754	0,2542				,	0,1836	0,1739	0,1652	0,1574	0,1502	0,1437	0,1377	0,1322	0,1271	0,1224	0,1180	0,1140	0,1102	0,1066	0,1033	0,1001	0,0972	0,0944	0,0918	0,0893	0,0870	0,0847	0,0826
36				,4855	0,4248	0,3776	0,3399	0,3090	0,2832	0,2614		_		0,1999	0,1888		0,1699	0,1618	0,1545	0,1478	0,1416	0,1360	0,1307	0,1259	0,1214	0,1172	0,1133	0,1096	0,1062	0,1030	0,1000	0,0971	0,0944	0,0919	0,0894	0,0871	0,0850
37		985 0,58		,4990	0,4366	0,3881	0,3493	0,3175	0,2911	0,2687	0,249		0,2183	0,2055	0,1940	0,1838	0,1746	0,1663	0,1588	0,1519	0,1455	0,1397	0,1343	0,1294	0,1247	0,1204	0,1164	0,1127	0,1091	0,1058	0,1027	0,0998	0,0970	0,0944	0,0919	0,0896	0,0873
39		173 0,59 361 0,61	_	,5124	0,4483	0,3985	0,3587	0,3261	0,2989	0,2759	0,2562				0,1993	0,1888	0,1793	0,1708 0,1753	0,1630	0,1559 0,1600	0,1494	0,1435 0,1472	0,1379 0,1416	0,1328	0,1281 0,1315	0,1237	0,1196	0,1157	0,1121	0,1087 0,1115	0,1055	0,1025	0,0996	0,0969	0,0944	0,0920	0,0897
40		_		,5392	0,4601	0,4090	0,3081	0,3340	0,3067	0,2831			0,2300	0,2165	0,2043	0,1937	0,1840	0,1797	0,1673 0,1716	0,1641	0,1573	0,1472	0,1416	0,1363	0,1313	0,1209	0,1227	0,1187	0,1150 0,1180	0,1113	0,1083	0,1052 0,1078	0,1022 0,1048	0,1020	0.0993	0,0944	0,0920
41		737 0.64		,5526	0,4718	0,4194	0,3773	0,3431	0,3143	0,2904	0,2696	_	0,200	0,2220	0,2097	0,1987	0,1934	0,1797	0,1718	0,1682	0,1573	0,1510	0,1432	0,1398	0,1348	0,1302	0,1238	0,1218	0.1209	0,1144	0,1110	0,1078	0,1048	0,1020	0,1018	0,0908	0.0944
42			_	,5661	0,4953	0,4403	0,3962	0,3602	2 0,3302	2 0,3048			0,247	0,2331	0,2201	0,2086	0,1981	0,1887	0,1801	0,1723	0,1651	0,1585	0,1524	0,1468	0,1415	0,1366	0,1321	0,1278	0,1238	0,1201	0,1165	0,1132	0,1101	0,1071	0,1043	0,1016	0,0991
43				,5795	0,5071	0,4507	0,4056	0,3688	0,3380	0,3120	0,289		0,253	0,2386	0,2254	0,2135	0,2028	0,1932	0,1844	0,1764	0,1690	0,1623	0,1560	0,1502	0,1449	0,1399	0,1352	0,1309	0,1268	0,1229	0,1193	0,1159	0,1127	0,1096	0,1067	0,1040	0,1014
44	0,8		_	,5929	0,5188	0,4612	0,4150	0,3773	0,3459	0,3193	0,296	5 0,2767	0,259	0,2441	0,2306	0,2184	0,2075	0,1976	0,1887	0,1805	0,1729	0,1660	0,1596	0,1537	0,1482	0,1431	0,1383	0,1339	0,1297	0,1258	0,1221	0,1186	0,1153	0,1122	0,1092	0,1064	0,1038
45		489 0,70		,6063	0,5305	0,4716	0,4244	0,3858	0,3537	0,3265	.,	.,	0,2653	0,2497	0,2358	0,2234	0,2122	0,2021	0,1929	0,1845	0,1768	0,1698	0,1632	0,1572	0,1516	0,1464	0,1415	0,1369	0,1326	0,1286	0,1248	0,1213	0,1179	0,1147	0,1117	0,1088	0,1061
40			_	,6198	0,5423	0,4820	0,4338	0,3944	0,3615	0,3337	0,3099		0,271	0,2552	0,2410	0,2283	0,2169	0,2066	0,1972	0,1886	0,1808	0,1735	0,1669	0,1607	0,1549	0,1496	0,1446	0,1399	0,1356	0,1315	0,1276	0,1240	0,1205	0,1173	0,1142	0,1112	0,1085
47		_		,6332	0,5540	0,4925	0,4432	0,4029	0,3694	0,3409	0,3160	6 0,2955	0,2770	0,2607	0,2462	0,2333	0,2216	0,2111	0,2015	0,1927	0,1847	0,1773	0,1705	0,1642	0,1583	0,1528	0,1477	0,1430	0,1385	0,1343	0,1304	0,1266	0,1231	0,1198	0,1166	0,1136	0,1108
48				,6466	0,5658	0,5029	0,4526	0,4115	0,3772	0,3482	0,323			0,2662	0,2515	0,2382	0,2263	0,2155	0,2057	0,1968	0,1886	0,1810	0,1741	0,1676	0,1617	0,1561	0,1509	0,1460	0,1414	0,1372	0,1331	0,1293	0,1257	0,1223	0,1191	0,1161	0,1132
49 50		,		,6600	0,5775	0,5134	0,4620	0,4200	0,3850	0,3554	0,3300	0,3080	0,2888	0,2718	0,2567	0,2432	0,2310	0,2200	0,2100	0,2009	0,1925	0,1848	0,1777	0,1711	0,1650	0,1593	0,1540	0,1490	0,1444	0,1400	0,1359	0,1320	0,1283	0,1249	0,1216	0,1185	0,1155
51		428 0,78 616 0,80		,6734 ,6869	0,5893	0,5238	0,4714	0,4286	0,3928	0,3626	0,336	, .	0,2946	0,2773 0,2828	0,2619	0,2481	0,2357	0,2245	0,2143	0,2050	0,1964	0,1886 0,1923	0,1813	0,1746	0,1684	0,1626	0,1571	0,1521	0,1473	0,1429	0,1387	0,1347	0,1309	0,1274	0,1241	0,1209	0,1179
52		_		,7003	0,6010	0,5342		0,4371	0,4007	0,3699	0,350				0,2671	0,2531	0,2404	0,2290	0,2185	0,2090	0,2003	0,1923	0,1849	0,1781	0,1717	0,1658	0,1603	0,1551	0,1503	0,1457	0,1414	0,1374	0,1336	0,1299	0,1265	0,1257	0,1202
53				,7137	0,6245	0.5551	0,4902	0,4542	0,4082	0,3843	0,3569	9 0,3331	0.3123	0,2884	0,2723	0,2629	0,2498	0,2379	0,2271	0,2172	0,2082	0,1998	0,1922	0,1850	0,1784	0,1723	0,1665	0,1612	0,1561	0,1514	0,1469	0,1427	0,1388	0,1350	0,1315	0,1281	0,1249
54			_	,7271	0,6362	0,5655	0,5090	0,4627	0,4103	0,3915	0,3636	6 0,3393	0,312	0,2994	0,2828	0,2679	0,2545	0,2424	0,2314	0,2213	0,2121	0,2036	0,1922	0,1885	0,1818	0,1725	0,1697	0,1642	0,1591	0,1542	0,1497	0,1454	0,1388	0,1376	0,1339	0,1305	0,1249
55				,7406	0,6480	0,5760	0,5184	0,4713	3 0,4320	0,3988	- /	,	- /	0,3049	0,2880	0,2728	0,2592	0,2469	0,2356	0,2254	0,2160	0,2074	0,1994	0,1920	0,1851	0,1788	0,1728	0,1672	0,1620	0,1571	0,1525	0,1481	0,1440	0,1401		0,1329	0,1296
56		556 0,87	796 0.	,7540	0,6597	0,5864	0,5278	0,4798	0,4398	8 0,4060	0,3770	0,3519	0,3299	0,3105	0,2932	0,2778	0,2639	0,2513	0,2399	0,2295	0,2199	0,2111	0,2030	0,1955	0,1885	0,1820	0,1759	0,1703	0,1649	0,1599	0,1552	0,1508	0,1466	0,1426	0,1389	0,1353	0,1319
57		744 0,89	953 0	,7674	0,6715	0,5969	0,5372	0,4883	0,4476	0,4132	0,383	7 0,3581	0,335	0,3160	0,2984	0,2827	0,2686	0,2558	0,2442	0,2336	0,2238	0,2149	0,2066	0,1990	0,1918	0,1852	0,1791	0,1733	0,1679	0,1628	0,1580	0,1535	0,1492	0,1452	0,1414	0,1377	0,1343
58		931 0,91		,7808	0,6832	0,6073	0,5466	0,4969	0,4555	0,4204	0,390			0,3215	0,3037	0,2877	0,2733	0,2603	0,2484	0,2376	0,2277	0,2186	0,2102	0,2024	0,1952	0,1885	0,1822	0,1763	0,1708	0,1656	0,1608	0,1562	0,1518	0,1477	0,1438	0,1401	0,1366
59				,7942	0,6950	0,6177				0,4277					0,3089	.,	0,2780	0,2647	0,2527	0,2417	0,2317	0,2224	0,2138	0,2059	0,1986	0,1917	0,1853	0,1793	0,1737	0,1685	0,1635	0,1588	0,1544	0,1503	0,1463	0,1426	0,1390
60	1,1	307 0,94	123 0.	,8077	0,7067	0,6282	0,5654	0,5140	0,4711	0,4349	0,4038	8 0,3769	0,3534	0,3326	0,3141	0,2976	0,2827	0,2692	0,2570	0,2458	0,2356	0,2261	0,2174	0,2094	0,2019	0,1950	0,1885	0,1824	0,1767	0,1713	0,1663	0,1615	0,1570	0,1528	0,1488	0,1450	0,1413



ANEXO 106. Tabla Manual para la dosificación de Al₂(SO₄)₃ con el equipo

										A	NEX	(0 1	06. I	abı	la M	anu	al pa	ira la	dos	ifica	ción	de A	$I_2(S)$	O4)3	con e	el eq	uipc	#									
														DOS	SIFIC	ADO	R DE	SUL		DE A		INIO) - EQ	UIPO	#3												
$I \setminus$	0																			UDAL																	
	$\overline{}$	0.0095	0.0080	350		450	500	550					0.0030	850	900	950	0.0024	1050	0.0022	1150	0.0020	1250	0.0018	0.0018	1400	1450		1550	1600	1650	1700	1750	1800		1900	1950	
	2	0,0095	0.0080	0,0068	3 0.013	4 0.0119	0,0048	0,004		,	7 0,0034 2 0.0076	0,0032	0,0030	0,0028	0,0027	0,0025	0,0024	0,0023	0,0022	0,0021	0,0020	0,0019	0,0018	0,0018	0,0017	0,000	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014	0,0014	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012
	3	0.0332	0.0277	0.023	7 0.020	7 0.0184	0,0107	0,005				0,0071	0,0067	0,0003	0.0092	0,0036	0,0033	0.0079	0,0049	0.0072	0,0043	0.0066	0.0064	0.0040	0.0059	.,	0,0036	0.0054	0.0052	0.0050	0.0031	0.0031	0.0046	0,0029	0.0044	0.0027	0.0041
_	4	0.0450	0.0375	0.032	1 0.028	1 0.0250	0.0225	0.020	,		3 0.0161	0.0150	0.0141	0.0132	0.0125	0.0118	0.0112	0,0107	0,0102	0,0098	0,0094	0.0090	0.0087	0.0083	0.0080	.,	0.0075	0.0073	0.0070	0.0068	0.0066	0.0064	0.0062	0.0061	0.0059	0.0058	0.0056
1 F	5	0,0568	0,0473	0,040	6 0,035	5 0,0316	0,0284	0,025			9 0,0203	0,0189	0,0178	0,0167	0,0158	0,0150	0,0142	0,0135	0,0129	0,0124	0,0118	0,0114	0,0109	0,0105	0,0101	0,0098	0,0095	0,0092	0,0089	0,0086	0,0084	0,0081	0,0079	0,0077	0,0075	0,0073	0,0071
	6	0,0686	0,0572	0,0490	0,042	9 0,0381	0,0343	0,031	12 0,028	6 0,026	4 0,0245	0,0229	0,0214	0,0202	0,0191	0,0181	0,0172	0,0163	0,0156	0,0149	0,0143	0,0137	0,0132	0,0127	0,0123	0,0118	0,0114	0,0111	0,0107	0,0104	0,0101	0,0098	0,0095	0,0093	0,0090	0,0088	0,0086
	7	0,0804	0,0670	0,0575	5 0,050	3 0,0447	0,0402	0,036	56 0,033	5 0,0309	9 0,0287	0,0268	0,0251	0,0237	0,0223	0,0212	0,0201	0,0192	0,0183	0,0175	0,0168	0,0161	0,0155	0,0149	0,0144	0,0139	0,0134	0,0130	0,0126	0,0122	0,0118	0,0115	0,0112	0,0109	0,0106	0,0103	0,0101
	8	0,0923	0,0769	0,0659		7 0,0513	0,0461	0,041	,		,	0,0308	0,0288	0,0271	0,0256	0,0243	0,0231	0,0220	0,0210	0,0201	0,0192	0,0185	0,0177	0,0171	0,0165		0,0154	0,0149	0,0144	0,0140	0,0136	0,0132	0,0128	0,0125	0,0121	0,0118	0,0115
		0,1041	0,0867	0,074		0,0578	0,0520	0,047				0,0347	0,0325	0,0306	0,0289	0,0274	0,0260	0,0248	0,0237	0,0226	0,0217	0,0208	0,0200	0,0193	0,0186		0,0173	0,0168	0,0163	0,0158	0,0153	0,0149	0,0145	0,0141	0,0137	0,0133	0,0130
_	10	0,1159	0,0966	_	8 0,072	4 0,0644	0,0579	0,052				0,0386	0,0362	0,0341	0,0322	0,0305	0,0290	0,0276	0,0263	0,0252	0,0241	0,0232	0,0223	0,0215	0,0207	.,.	0,0193	0,0187	0,0181	0,0176	0,0170	0,0166	0,0161	0,0157	0,0152	0,0149	0,0145
_	_	0,1277	0,1064	0,0912	2 0,079	0,0710	0,0639	0,058		_	_	0,0426	0,0399	0,0376 0,0410	0,0355	0,0336	0,0319	0,0304	0,0290	0,0278	0,0266	0,0255	0,0246	0,0237	0,0228		0,0213	0,0206	0,0200	0,0194	0,0188	0,0182	0,0177	0,0173	0,0168	0,0164	0,0160
	13	0,1513	0,1163	0,077	1 0.094	6 0 0841	0.0757	0.068	_		,	0.0504	0.0473	0,0410	0,0388	0,0398	0,0349	0,0352	0.0344	0,0303	0,0291	0,0279	0,0208	0,0238	0,0249		0,0252	0,0244	0,0218	0,0229	0.0203	0.0216	0.0210	0.0205	0.0199	0.0179	0.0174
	14	0,1632	0,1360	0,116	5 0.102	0.0906	0,0816	0,074	,	,	_ 0,00	0.0544	0.0510	0,0480	0,0453	0,0429	0,0408	0,0388	0,0371	0,0355	0,0340	0,0326	0,0314	0,0302	0,0291		0,0272	0,0263	0,0255	0,0247	0,0240	0,0233	0,0227	0,0220	0,0215	0,0209	0,0204
l	15	0,1750	0,1458	0,1250	0,109	4 0,0972	0,0875	0,079			3 0,0625	0,0583	0,0547	0,0515	0,0486	0,0460	0,0437	0,0417	0,0398	0,0380	0,0365	0,0350	0,0336	0,0324	0,0312		0,0292	0,0282	0,0273	0,0265	0,0257	0,0250	0,0243	0,0236	0,0230	0,0224	0,0219
		0,1868	0,1557	0,1334	4 0,116	7 0,1038	0,0934	0,084	49 0,077	8 0,0718	8 0,0667	0,0623	0,0584	0,0549	0,0519	0,0492	0,0467	0,0445	0,0425	0,0406	0,0389	0,0374	0,0359	0,0346	0,0334	0,0322	0,0311	0,0301	0,0292	0,0283	0,0275	0,0267	0,0259	0,0252	0,0246	0,0239	0,0233
		0,1986	0,1655		9 0,124	0,1103	0,0993	0,090		,	+ 0,0702	0,0662	0,0621	0,0584	0,0552	0,0523	0,0497	0,0473	0,0451	0,0432	0,0414	0,0397	0,0382	0,0368	0,0355		0,0331	0,0320	0,0310	0,0301	0,0292	0,0284	0,0276	.,		0,0255	0,0248
		0,2104	0,1754	0,1503	3 0,131	0,1169	0,1052	0,095				0,0701	0,0658	0,0619	0,0585	0,0554	0,0526	0,0501	0,0478	0,0457	0,0438	0,0421	0,0405	0,0390	0,0376		0,0351	0,0339	0,0329	0,0319	0,0309	0,0301	0,0292		0,0277	0,0270	0,0263
	19	0,2222	0,1852	0,158	7 0,138	9 0,1235	0,1111	0,101	/		,	0,0741	0,0695	0,0654	0,0617	0,0585	0,0556	0,0529	0,0505	0,0483	0,0463	0,0444	0,0427	0,0412	0,0397		0,0370	0,0358	0,0347	0,0337	0,0327	0,0317	0,0309	0,0300	0,0292	0,0285	0,0278
	20	0,2341	0,1951	_	2 0,146	3 0,1300	0,1170	0,106	_			,	0,0731	0,0688	0,0650	0,0616	0,0585	0,0557	0,0532	0,0509	0,0488	0,0468	0,0450	0,0433	0,0418		0,0390	0,0378	0,0366	0,0355	0,0344	0,0334	0,0325	0,0316	0,0308	0,0300	0,0293
	21	0,2459	0,2049	0,175	6 0,153	7 0,1366	0,1229	0,111				0,0820	0,0768	0,0723 0,0758	0,0683	0,0647	0,0615	0,0585	0,0559	0,0535	0,0512	0,0492	0,0473	0,0455	0,0439		0,0410	0,0397	0,0384	0,0373	0,0362	0,0351	0,0341	0,0332	0,0324	0,0315	0,0307
		0,2695	0,214	0,184	5 0.168	4 0,1497	0,1288	0,117				0,0839	0.0842	0.0793	0,0718	0,0078	0,0674	0,0614	0,0586	0,0586	0,0561	0,0513	0,0498	0,0477	0,0481		0,0429	0,0416	0,0403	0.0408	0,0379	0.0385	0.0374	0,0348	0.0355	0.0346	0.0322
		0,2813	0,2344			8 0.1563	0,1348	0.127			.,	.,	0.0879	0.0827	0.0781	0,0740	0,0703	0,0670	0,0639	0.0612	0,0586	0,0563	0,0541	0.0521	0.0502	.,.	0.0469	0.0454	0,0440	0.0426	0.0414	0.0402	0.0391	0,0380	0.0370	0.0361	0.0352
	25	0,2931	0,2443	0,209	4 0,183	2 0,1629	0,1466	0,133	32 0,122	1 0,112	7 0,1047	0,0977	0,0916	0,0862	0,0814	0,0771	0,0733	0,0698	0,0666	0,0637	0,0611	0,0586	0,0564	0,0543	0,0523	0,0505	0,0489	0,0473	0,0458	0,0444	0,0431	0,0419	0,0407	0,0396	0,0386	0,0376	0,0366
	26	0,3050	0,2541	0,2178	8 0,190	6 0,1694	0,1525	0,138	86 0,127	1 0,117	3 0,1089	0,1017	0,0953	0,0897	0,0847	0,0803	0,0762	0,0726	0,0693	0,0663	0,0635	0,0610	0,0586	0,0565	0,0545	0,0526	0,0508	0,0492	0,0476	0,0462	0,0448	0,0436	0,0424	0,0412	0,0401	0,0391	0,0381
1 7	27	0,3168	0,2640	0,2263	3 0,198	0,1760	0,1584	0,144	40 0,132	0,121	8 0,1131	0,1056	0,0990	0,0932	0,0880	0,0834	0,0792	0,0754	0,0720	0,0689	0,0660	0,0634	0,0609	0,0587	0,0566	0,0546	0,0528	0,0511	0,0495	0,0480	0,0466	0,0453	0,0440	0,0428	0,0417	0,0406	0,0396
	28	0,3286	0,2738	- / -		4 0,1826	0,1643					0,1095	0,1027	0,0966	0,0913	0,0865	0,0821	0,0782	0,0747	0,0714	0,0685	0,0657	0,0632	0,0609	0,0587		0,0548	0,0530	0,0513	0,0498	0,0483	0,0469	0,0456	0,0444		0,0421	0,0411
	29	0,3404	0,2837	0,243	.,	8 0,1891	0,1702	0,154			,	0,1135	0,1064	0,1001	0,0946	0,0896	0,0851	0,0810	0,0774	0,0740	0,0709	0,0681	0,0655	0,0630	0,0608		0,0567	0,0549	0,0532	0,0516	0,0501	0,0486	0,0473	0,0460	0,0448	0,0436	0,0426
	30	0,3522	0,2935	0,251	_	1 0,1957	0,1761	0,160	, .		,	0,1174	0,1101	0,1036	0,0978	0,0927	0,0881	0,0839	0,0801	0,0766	0,0734	0,0704	0,0677	0,0652	0,0629		0,0587	0,0568	0,0550	0,0534	0,0518	0,0503	0,0489	0,0476	0,0463	0,0452	0,0440
	31 32	0,3640	0,3034	0,260		5 0,2022	0,1820	0,165				0,1213	0,1138	0,1071	0,1011	0,0958	0,0910	0,0867	0,0827	0,0791	0,0758	0,0728	0,0700	0,0674	0,0650		0,0607	0,0587	0,0569	0,0552	0,0535	0,0520	0,0506	0,0492	0,0479	0,0467	0,0455
	33	0,3759	0,3132	0,268	0,234	0,2088	0,1879	0,170			,	0,1253	0,1175	0,1105	0,1044	0,0989	0,0940	0,0895	0,0854	0,0817	0,0783	0,0752	0,0723	0,0696	0,0671		0,0626	0,0606	0,0587	0,0569	0,0553	0,0537	0,0522	0,0508	0,0495	0,0482	0.0470
	34	0,3995	0,3329	0,276	3 0 249	7 0.2219	0,1936	0,170	_		,	0,1292	0,1211	0,1140	0,1110	0,1020	0,0989	0,0923	0,0908	0,0868	0,0832	0,0779	0,0748	0,0718	0,0692	0,000	0,0666	0,0644	0.0624	0.0605	0,0570	0,0571	0,0555	0,0540	0,0526	0.0512	0.0499
	35	0,4113	0,3428	0,200	8 0.257	1 0.2285	0,2057	0,187	_			0,1332	0.1285	0.1210	0,1143	0,1082	0,1028	0,0979	0,0935	0,0894	0,0857	0,0823	0,0791	0,0762	0,0734		0,0686	0,0663	0,0643	0,0623	0.0605	0.0588	0.0571	0.0556	0,0541	0.0527	0.0514
	36	0,4231	0,3526	0,3022	2 0,264	5 0,2351	0,2116	0,192	_		7 0,1511	0,1410	0,1322	0,1244	0,1175	0,1113	0,1058	0,1007	0,0962	0,0920	0,0882	0,0846	0,0814	0,0784	0,0756		0,0705	0,0682	0,0661	0,0641	0,0622	0,0604	0,0588	0,0572	0,0557	0,0542	0,0529
	37	0,4349	0,3624	0,310	7 0,271	8 0,2416	0,2175	0,197	77 0,181	2 0,1673	3 0,1553	0,1450	0,1359	0,1279	0,1208	0,1145	0,1087	0,1036	0,0988	0,0946	0,0906	0,0870	0,0836	0,0805	0,0777	0,0750	0,0725	0,0702	0,0680	0,0659	0,0640	0,0621	0,0604	0,0588	0,0572	0,0558	0,0544
		0,4468	0,3723	0,319	0,279	0,2482	0,2234	0,203	31 0,186	0,1718	8 0,1596	0,1489	0,1396	0,1314	0,1241	0,1176	0,1117	0,1064	0,1015	0,0971	0,0931	0,0894	0,0859	0,0827	0,0798	0,0770	0,0745	0,0721	0,0698	0,0677	0,0657	0,0638	0,0620	0,0604	0,0588	0,0573	0,0558
	39	0,4586	0,3821	0,327	6 0,286	6 0,2548	0,2293	0,208			4 0,1638	0,1529	0,1433	0,1349	0,1274	0,1207	0,1146	0,1092	0,1042	0,0997	0,0955	0,0917	0,0882	0,0849	0,0819		0,0764	0,0740	0,0717	0,0695	0,0674	0,0655	0,0637	0,0620	0,0603	0,0588	0,0573
	10	0,4704	0,3920	0,3360	0,294	0,2613	0,2352	0,213		_		0,1568	0,1470	0,1383	0,1307	0,1238	0,1176	0,1120	0,1069	0,1023	0,0980	0,0941	0,0905	0,0871	0,0840		0,0784	0,0759	0,0735	0,0713	0,0692	0,0672	0,0653	0,0636	0,0619	0,0603	0,0588
_	#1 #2	0,4822	0,4018	0,3444		4 0,2679	0,2411	0,219				0,1607	0,1507	0,1418	0,1339	0,1269	0,1206	0,1148	0,1096	0,1048	0,1005	0,0964	0,0927	0,0893	0,0861		0,0804	0,0778	0,0753	0,0731	0,0709	0,0689	0,0670	0,0652	0,0634	0,0618	0,0603
	13	0,4940	0,4117	0,3529		8 0,2745 1 0.2810	0,2470	0,224	,			0,1647	0,1544	0,1453	0,1372	0,1300	0,1235	0,1176	0,1123 0,1150	0,1074 0,1100	0,1029 0,1054	0,0988	0,0950	0,0915	0,0882	.,	0,0823	0,0797	0,0772	0,0749	0,0727	0,0706	0,0686	0,0668	0,0650	0,0633	0,0618
	14	0,5058	0,4213	0,3613	8 0 323	0,2810	0,2529	0,229				0,1086	0,1581	0,1488	0,1405	0,1331	0,1265	0,1204	0,1150	0,1100	0,1054	0,1012	0,0973	0,0937	0,0903		0,0843	0,0816	0.0809	0,0766	0,0744	0,0723	0,0703	0,0684	0,0666	0,0649	0,0632
		0,5295	0,4412	0,378	2 0,330	9 0,2942	0,2566	0,230			6 0,1891	0,1765	0,1655	0,1323	0,1438	0,1302	0,1324	0,1253	0,1176	0,1123	0,1078	0,1059	0,1018	0,0939	0,0924	.,	0,0882	0,0854	0,0809	0,0784	0,0779	0,0740	0,0719	0,0700	0,0697	0,0679	0,0662
	16	0,5413	0,4511	0,3866	- 0,000	_	0,2706					0,1804	0,1692	0,1592	0,1504	0,1424	0,1353	0,1289	0,1230	0,1177	0,1128	0,1083	0,1041	0,1002	0,0967		0,0902	0,0873	0,0846	0,0820	0,0796	0,0773	0,0752	0,0731	0,0712	0,0694	0,0677
	17	0,5531	0,4609	0,395	1 0,345	7 0,3073	0,2766	0,251	14 0,230	05 0,212	7 0,1975	0,1844	0,1728	0,1627	0,1536	0,1456	0,1383	0,1317	0,1257	0,1202	0,1152	0,1106	0,1064	0,1024	0,0988		0,0922	0,0892	0,0864	0,0838	0,0813	0,0790	0,0768	0,0747	0,0728	0,0709	0,0691
	18	0,5649	0,4708	0,403	5 0,353	0,3138	0,2825	0,256	58 0,235	0,217	3 0,2018	0,1883	0,1765	0,1662	0,1569	0,1487	0,1412	0,1345	0,1284	0,1228	0,1177	0,1130	0,1086	0,1046	0,1009	0,0974	0,0942	0,0911	0,0883	0,0856	0,0831	0,0807	0,0785	0,0763	0,0743	0,0724	0,0706
	19	0,5767	0,4806	0,4120		5 0,3204	0,2884	0,262	- / -		_	0,1922	0,1802	0,1696	0,1602	0,1518	0,1442	0,1373	0,1311	0,1254	0,1202	0,1153	0,1109	0,1068	0,1030		0,0961	0,0930	0,0901	0,0874	0,0848	0,0824	0,0801	0,0779	0,0759	0,0739	0,0721
	50	0,5886	0,4905	0,420	,	,	0,2943	_			_	,-,	0,1839	0,1731	0,1635	0,1549	0,1471	0,1401	0,1338	0,1279	0,1226	0,1177	0,1132	0,1090	0,1051		0,0981	0,0949	0,0920	0,0892	0,0866	0,0841	0,0817	0,0795	0,0774	0,0755	0,0736
	51	0,6004	0,5003	0,4288	8 0,375	2 0,3335	0,3002	0,272				0,-001	0,1876	0,1766	0,1668	0,1580	0,1501	0,1429	0,1364	0,1305	0,1251	0,1201	0,1155	0,1112	0,1072		0,1001	0,0968	0,0938	0,0910	0,0883	0,0858	0,0834	0,0811	0,0790	0,0770	0,0750
	52	0,6122	0,5102	0,4373	0,382	6 0,3401	0,3061	0,278		,	0,200	0,2041	0,1913	0,1801	0,1701	0,1611	0,1530	0,1458	0,1391	0,1331	0,1275	0,1224	0,1177	0,1134	0,1093		0,1020	0,0987	0,0957	0,0928	0,0900	0,0875	0,0850	0,0827	0,0806	0,0785	0,0765
	53 54	0,6240	0,5200	0,445	7 0,390	0,3467	0,3120	0,283				0,2080	0,1950	0,1835	0,1733	0,1642	0,1560	0,1486	0,1418	0,1357	0,1300	0,1248	0,1200	0,1156	0,1114		0,1040	0,1006	0,0975	0,0945	0,0918	0,0891	0,0867	0,0843	0,0821	0,0800	0,0780
	55	0,6358	0,5298	0,4542	6 0.404	0,3532	0,3179	0,289				0,2119	0,1987	0,18/0	0,1700	0,1673	0,1590	0,1514	0,1445	0,1382	0,1325	0,1272 0,1295	0,1223 0,1245	0,1177	0,1135	.,	0,1060	0,1026	0.1012	0,0963	0,0935	0,0908	0,0883	0,0859	0,0837	0.0815	0.0910
	56	0,6595	0,539	0,4626	0 0 412	2 0 3664	0,3238	0.299		_	_	0.2198	0,2024	0,1905	0,1799	0,1704	0,1649	0,1542	0,1472	0,1408	0,1349	0,1295	0,1245	0,1199	0,1156		0,1079	0,1045	0,1012	0,0999	0,0952	0.0923	0.0916	0,0875	0.0868	0.0845	0.0810
	57	0,6713	0,5594	0,471	5 0,419	5 0,3729	0,3297	0,305				0,2238	0,2098	0,1974	0,1865	0,1766	0,1678	0,1598	0,1526	0,1459	0,1398	0,1343	0,1291	0,1243	0,1178		0,1119	0,1083	0,1049	0,1017	0,0970	0,0959	0,0932	0,0997	0,0883	0,0861	0,0839
	58	0,6831	0,5692	0,4879	9 0,426	9 0,3795	0,3415	0,310				0,2277	0,2135	0,2009	0,1897	0,1798	0,1708	0,1626	0,1552	0,1485	0,1423	0,1366	0,1314	0,1265	0,1220		0,1138	0,1102	0,1067	0,1035	0,1005	0,0976	0,0949	0,0923	0,0899	0,0876	0,0854
	59	0,6949	0,5791	0,496	4 0,434	3 0,3861	0,3474	0,315	59 0,289	0,2673	3 0,2482	0,2316	0,2172	0,2044	0,1930	0,1829	0,1737	0,1655	0,1579	0,1511	0,1448	0,1390	0,1336	0,1287	0,1241	0,1198	0,1158	0,1121	0,1086	0,1053	0,1022	0,0993	0,0965	0,0939	0,0914	0,0891	0,0869
	50	0,7067	0,5889	0,5048	8 0,441	7 0,3926	0,3534	0,321	12 0,294	5 0,2718	8 0,2524	0,2356	0,2208	0,2079	0,1963	0,1860	0,1767	0,1683	0,1606	0,1536	0,1472	0,1413	0,1359	0,1309		0,1218	0,1178	0,1140	0,1104	0,1071	0,1039	0,1010	0,0982	0,0955	0,0930	0,0906	0,0883
						_	_			_									_	_	_		_									_		_	_		



ANEXO 5. Tabla Manual para la dosificación de Al₂(SO₄)₃ con el equipo # 4

									AI	NEX	(0 5	. та	ыa	ivian	iuai	para	ia a	OSITI	cacio	on a	e Al2	(50	4)3 C	on el	equ	іро т	7 4									
													DOS	IFIC	ADO.	R DE	SUL	FATO	DE A	LUM	INIO	- EQ	UIP) # 4												
, (,																		UDAL																	
	250		350	400	450	500	550	600	650		750		850	900	950	1000	1050		1150			1300			1450		1550		1650	1700					1950	
1	0,01		0,0098	0,0086	0,0076	0,0068	0,0062	0,0057	0,0053	0,0049	0,0046	0,0043	0,0040	0,0038	0,0036	0,0034	0,0033	0,0031	0,0030	0,0029	0,0027	0,0026	0,0025	0,0024	0,0024	0,0023	0,0022	0,0021	0,0021	0,0020	0,0020	0,0019	0,0018		0,0018	0,0017
3	- / -		0,0186	0,0162	0,0144	0.0130	0.0118	0,0108	0,0100	0,0093	0,0087	0,0081	0,0076	0,0072	0,0068	0,0065	0,0062	0,0039	0,0056	0,0054	0,0052	0,0050	0,0048		0,0045	0,0043	0,0042	0,0041	0,0039	0,0038	0,0055	0,0053	0,0052		0,0033	0,0032
4	0,05		0,0361	0,0316		0,0253	0,0230	0,0211	0,0194	0,0181	0,0169	.,.	0,0149	0,0140	0,0133	0,0126	0,0120	0,0115	0,0110	0,0105	0,0101	0,0097	0,0094		0,0087	0,0084	0,0082	0,0079	0,0077	0,0074	0,0072	0,0070	0,0068		0,0065	0,0063
5	0,06	29 0,052	0,0449	0,0393	0,0349	0,0314	0,0286	0,0262	0,0242	0,0224	0,0210	0,0196	0,0185	0,0175	0,0165	0,0157	0,0150	0,0143	0,0137	0,0131	0,0126	0,0121	0,0116	0,0112	0,0108	0,0105	0,0101	0,0098	0,0095	0,0092	0,0090	0,0087	0,0085	0,0083	0,0081	0,0079
6	0,07		0,0537	0,0470	0,0418	0,0376	0,0342	0,0313	0,0289	0,0268	0,0251	0,0235	0,0221	0,0209	0,0198	0,0188	0,0179	0,0171	0,0163	0,0157	0,0150	0,0145	0,0139		0,0130	0,0125	0,0121	0,0117	0,0114	0,0111	0,0107	0,0104	0,0102	0,0077	0,0096	0,0094
7	0,08		0,0625	0,0547	0,0486	0,0437	0,0397	0,0364	0,0336	0,0312	0,0291	0,0273	0,0257	0,0243	0,0230	0,0219	0,0208	0,0199	0,0190	0,0182	0,0175	0,0168	0,0162		0,0151	0,0146	0,0141	0,0137	0,0132	0,0129	0,0125	0,0121	0,0118	.,.	0,0112	0,0109
8	0,09	- /	0,0712	0,0623	0,0554	0,0499	0,0453	0,0416	0,0384	0,0356	0,0332	0,0312	0,0293	0,0277	0,0262	0,0249	0,0237	0,0227	0,0217	0,0208	0,0199	0,0192	0,0185	0,0178	0,0172	0,0166	0,0161	0,0156	0,0151	0,0147	0,0142	0,0139	0,0135	0,0131	0,0128	0,0125
10			0,0800	0.0777	0,0622	0.0622	0,0565	0,0467	0,0431	0,0444	0,0373	0,0330	0.0366	0,0311	0,0293	0,0280	0,0296	0,0233	0,0244	0,0259	0,0224	0,0213	0,0207		0,0193	0,0187	0,0181	0,0173	0,0170	0,0183	0,0178	0,0136	0.0168	0,01	0,0144	0,0140
11			0,0976	0,0854		0,0683	0,0621	0,0569	0,0525	0,0488		0,0427	0,0402	0,0379	0,0360	0,0342	0,0325	0,0310	0,0297	0,0285	0,0273	0,0263	0,0253		0,0236	0,0228	0,0220	0,0213	0,0207	0,0201	0,0195	0,0190	0,0185		0,0175	0,0171
12		39 0,124	0,1064	0,0931	0,0827	0,0745	0,0677	0,0620	0,0573	0,0532	0,0496	0,0465	0,0438	0,0414	0,0392	0,0372	0,0355	0,0338	0,0324	0,0310	0,0298	0,0286	0,0276	0,0266	0,0257	0,0248	0,0240	0,0233	0,0226	0,0219	0,0213	0,0207	0,0201	0,0196	0,0191	0,0186
13	.,.		0,1151	0,1008	0,00,0	0,0806	0,0733	0,0672	0,0620	0,0576	0,0537	0,0504	0,0474	0,0448	0,0424	0,0403	0,0384	0,0366	0,0350	0,0336	0,0322	0,0310	0,0299		0,0278	0,0269	0,0260	0,0252	0,0244	0,0237	0,0230	0,0224	0,0218		0,0207	0,0202
14	- / -	_	_	0,1084	0,0964	0,0867	0,0789	0,0723	0,0667	0,0620		0,0542	0,0510	0,0482	0,0457	0,0434	0,0413	0,0394	0,0377	0,0361	0,0347	0,0334	0,0321		0,0299	0,0289	0,0280	0,0271	0,0263	0,0255	0,0248	0,0241	0,0234		0,0222	0,0217
16	- / -		0,1327	0,1161	0,1032	0,0929	0,0844	0,0774	0,0715	0,0664	0,0619	0,0581	0,0546	0,0516	0,0489	0,0464	0,0442	0,0422	0,0404	0,0387	0,0372	0,0357	0,0344	0,0332	0,0320	0,0310	0,0300	0,0290	0,0281	0,0273	0,0265	0,0258	0,0251	0,0244	0,0238	0,0232
17	0,17		0,1413	0,1236	0,1169	0,1052	0,0956	0,0823	0,0809	0,0751	0,000	0,0619	0,0383	0,0584	0,0554	0,0493	0,0472	0,0430	0,0457	0,0413	0,0396	0,0381	0,0390		0,0342	0,0351	0,0319	0,0309	0,0300	0,0309	0,0283	0,0273	0,0284	0,0277	0,0234	0,0248
18			0,1590	0,1392	0,1237	0,1113	0,1012	0,0928	0,0856	0,0795	0,0742	0,0696	0,0655	0,0619	0,0586	0,0557	0,0530	0,0506	0,0484	0,0464	0,0445	0,0428	0,0412		0,0384	0,0371	0,0359	0,0348	0,0337	0,0327	0,0318	0,0309	0,0301	0,0293	0,0285	0,0278
19	0,-0		0,1678	0,1468	0,1305	0,1175	0,1068	0,0979	0,0904	0,0839	0,0783	0,0734	0,0691	0,0653	0,0618	0,0587	0,0559	0,0534	0,0511	0,0489	0,0470	0,0452	0,0435		0,0405	0,0392	0,0379	0,0367	0,0356	0,0346	0,0336	0,0326	0,0318		0,0301	0,0294
20			0,1766	0,1545	0,1374	0,1236	0,1124	0,1030	0,0951	0,0883	0,0824	0,0773	0,0727	0,0687	0,0651	0,0618	0,0589	0,0562	0,0538	0,0515	0,0495	0,0475	0,0458		0,0426	0,0412	0,0399	0,0386	0,0375	0,0364	0,0353	0,0343	0,0334		0,0317	0,0309
21	- / -		0,1854	_	0,1442	0,1298	0,1180	0,1081	0,0998	0,0927	0,0865	0,0811	0,0763	0,0721	0,0683	0,0649	0,0618	0,0590	0,0564	0,0541	0,0519	0,0499	0,0481		0,0447	0,0433	0,0419	0,0406	0,0393	0,0382	0,0371	0,0360	0,0351		0,0333	0,0324
23			0,1942	0,1099	0,1578	0,1339	0,1236	0,1133	0.1048	0.1015	0.0947	0.0888	0.0836	0,0733	0,0713	0,0080	0,0647	0,0618	0,0591	0,0592	0.0568	0,0323	0,0526	0.0507	0.0490	0.0474	0,0458	0.0444	0.0412	0.0418	0.0406	0.0395	0.0384	0.0374	0.0364	0.0355
24	0,-0		0,2023	0,1853	0,1578	0,1482	0,1347	0,1235	0,1140	0,1059	0,0988	0,0926	0,0872	0,0823	0,0780	0,0710	0,0706	0,0674	0,0644	0,0618	0,0593	0,0570	0,0549	0,0529	0,0490	0,0494	0,0478	0,0463	0,0449	0,0416	0,0423	0,0412	0,0401	0,0390	0,0380	0,0333
25	0,30	37 0,257	0,2205	0,1929	0,1715	0,1544	0,1403	0,1286	0,1187	0,1103	0,1029	0,0965	0,0908	0,0858	0,0812	0,0772	0,0735	0,0702	0,0671	0,0643	0,0617	0,0594	0,0572	0,0551	0,0532	0,0515	0,0498	0,0482	0,0468	0,0454	0,0441	0,0429	0,0417	0,0406	0,0396	0,0386
26			0,2293	0,2006	0,1783	0,1605	0,1459	0,1338	0,1235	0,1146	0,1070	0,1003	0,0944	0,0892	0,0845	0,0803	0,0764	0,0730	0,0698	0,0669	0,0642	0,0617	0,0594		0,0553	0,0535	0,0518	0,0502	0,0486	0,0472	0,0459	0,0446	0,0434	.,.	0,0412	0,0401
27	0,00		0,2381	0,2083		0,1667	0,1515	0,1389	0,1282	0,1190	0,1111	0,1042	0,0980	0,0926	0,0877	0,0833	0,0794	0,0758	0,0725	0,0694	0,0667	0,0641	0,0617		0,0575	0,0556	0,0538	0,0521	0,0505	0,0490	0,0476	0,0463	0,0450		0,0427	0,0417
I 28 N 29	- /-	79 0,298	0,2469	0,2160	0,1920	0,1728	0,1571	0,1440	0,1329	0,1234	0,1152	0,1080	0,1016	0,0960	0,0909	0,0864	0,0823	0,0785	0,0751	0,0720	0,0691	0,0665	0,0640		0,0596	0,0576	0,0557	0,0540	0,0524	0,0508	0,0494	0,0480	0,0467		0,0443	0,0432
D 30	0,55	0,298	0,2556	0,2237	0,1988	0,1789	0,1627	0,1491	0,1376	0,1278	0,1193	0,1118	0,1053	0,0994	0,0942	0,0895	0,0852	0,0813	0,0778	0,0746	0,0716	0,0688	0.0686	0,0639	0.0638	0,0596	0,0577	0,0559	0.0542	0,0526	0,0511	0,0497	0.0500	0.0471	0,0459	0.0463
I 31	0,38	-/	0,2732	0,2390	0,2125	0,1912	0,1739	0,1594	0,1471	0,1366	0,1275	0,1195	0,1125	0,1062	0,1007	0,0956	0,0911	0,0869	0,0831	0,0797	0,0765	0,0736	0,0708		0,0659	0,0637	0,0617	0,0598	0,0580	0,0562	0,0546	0,0531	0,0517	0,0 .0.	0,0490	0,0478
C 32	0,39	18 0,329	0,2820	0,2467	0,2193	0,1974	0,1794	0,1645	0,1518	0,1410	0,1316	0,1234	0,1161	0,1097	0,1039	0,0987	0,0940	0,0897	0,0858	0,0822	0,0790	0,0759	0,0731	0,0705	0,0681	0,0658	0,0637	0,0617	0,0598	0,0581	0,0564	0,0548	0,0533	0,0519	0,0506	0,0493
E 33			0,2908	0,2544		0,2035	0,1850	0,1696	0,1566	0,1454	0,1357	0,1272	0,1197	0,1131	0,1071	0,1018	0,0969	0,0925	0,0885	0,0848	0,0814	0,0783	0,0754		0,0702	0,0678	0,0657	0,0636	0,0617	0,0599	0,0582	0,0565	0,0550	0,0536	0,0522	0,0509
34			0,2995	0,2621	0,2330	0,2097	0,1906	0,1747	0,1613	0,1498	0,1398	0,1310	0,1233	0,1165	0,1104	0,1048	0,0998	0,0953	0,0912	0,0874	0,0839	0,0806	0,0777		0,0723	0,0699	0,0676	0,0655	0,0635	0,0617	0,0599	0,0582	0,0567	.,	0,0538	0,0524
35	.,		0,3083	0,2698	0,2398	0,2158	0,1962	0,1799	0,1660	0,1542	0,1439	0,1349	0,1270	0,1199	0,1136	0,1079	0,1028	0,0981	0,0938	0,0899	0,0863	0,0830	0,0799	.,	0,0744	0,0719	0,0696	0,0674	0,0654	0,0635	0,0617	0,0600	0,0583	0,000	0,0553	0,0540
37	.,		0,3171	0.2851	0.2535	0,2220	0,2018	0.1901	0,1755	0,1585	0.1521	0.1426	0.1342	0,1253	0,1108	0,1110	0,1037	0,1009	0,0983	0,0923	0,0888	0,0834	0.0845	0,0793	0.0787	0.0760	0,0716	0,0694	0.0691	0.0671	0.0652	0.0634	0.0617	0.0600	0.0585	0.0570
38		-/	0,3347	0,2928	0,2603	0,2343	0,2130	0,1952	0,1802	0,1673	0,1562	0,1464	0,1378	0,1301	0,1233	0,1171	0,1116	0,1065	0,1019	0,0976	0,0937	0,0901	0,0868	0,0837	0,0808	0,0781	0,0756	0,0732	0,0710	0,0689	0,0669	0,0651	0,0633	0,0616	0,0601	0,0586
39	0,48	0,400	0,3434	0,3005	0,2671	0,2404	0,2186	0,2003	0,1849	0,1717	0,1603	0,1503	0,1414	0,1336	0,1265	0,1202	0,1145	0,1093	0,1045	0,1002	0,0962	0,0925	0,0890	0,0859	0,0829	0,0801	0,0776	0,0751	0,0729	0,0707	0,0687	0,0668	0,0650	0,0633	0,0616	0,0601
40			0,3522	0,3082	0,2739	0,2466	0,2241	0,2055	0,1897	0,1761	0,1644	0,1541	0,1450	0,1370	0,1298	0,1233	0,1174	0,1121	0,1072	0,1027	0,0986	0,0948	0,0913		0,0850	0,0822	0,0795	0,0770	0,0747	0,0725	0,0704	0,0685	0,0666		0,0632	0,0616
41			0,3610	0,3159	0,2808	0,2527	0,2297	0,2106	0,1944	0,1805	0,1685	0,1579	0,1486	0,1404	0,1330	0,1263	0,1203	0,1149	0,1099	0,1053	0,1011	0,0972	0,0936		0,0871	0,0842	0,0815	0,0790	0,0766	0,0743	0,0722	0,0702	0,0683	.,	0,0648	0,0632
42	.,.		0,3698	0,3236	0,2876	0,2588	0,2353	0,2157	0,1991	0,1849	0,1726	0,1618	0,1523	0,1438	0,1362	0,1294 0,1325	0,1233 0,1262	0,1177	0,1125 0,1152	0,1079	0,1035	0,0996	0,0959	0,000	0.0893	0,0863	0,0835	0,0809	0,0784	0,0761	0,0740	0,0719	0,0700	0,000	0,0664	0.0662
44	.,		0,3780	0.3389	0.3013	0,2030	0,2465	0,2259	0.2086	0.1937	0.1808	0.1695	0.1595	0,1506	0,1427	0,1356	0,1202	0,1232	0,1179	0,1130	0,1085	0,1043	0.1004	0,0968	0,0935	0,0904	0.0875	0.0847	0,0822	0.0797	0.0775	0.0753	0.0733	0,0714	0.0695	0.0678
45		_	0,3961	0,3466	0,3081	0,2773	0,2521	0,2311	0,2133	0,1981	0,1849	0,1733	0,1631	0,1540	0,1459	0,1386	0,1320	0,1260	0,1206	0,1155	0,1109	0,1066	0,1027		0,0956	0,0924	0,0894	0,0867	0,0840	0,0816	0,0792	0,0770	0,0749	0,0730	0,0711	0,0693
46	0,56	59 0,472	0,4049	0,3543	0,3149	0,2834	0,2577	0,2362	0,2180	0,2025	0,1890	0,1771	0,1667	0,1575	0,1492	0,1417	0,1350	0,1288	0,1232	0,1181	0,1134	0,1090	0,1050	0,1012	0,0977	0,0945	0,0914	0,0886	0,0859	0,0834	0,0810	0,0787	0,0766	0,0746	0,0727	0,0709
47	0,0.		0,4137	0,3620	0,3218	0,2896	0,2633	0,2413	0,2228	0,2068	0,1931	0,1810	0,1703	0,1609	0,1524	0,1448	0,1379	0,1316	0,1259	0,1207	0,1158	0,1114	0,1073	0,1034	0,0999	0,0965	0,0934	0,0905	0,0878	0,0852	0,0827	0,0804	0,0783		0,0743	0,0724
48	0,55		0,4225	0,3697	0,3286	0,2957	0,2688	0,2464	0,2275	0,2112	0,1971	0,1848	0,1740	0,1643	0,1556	0,1479	0,1408	0,1344	0,1286	0,1232	0,1183	0,1137	0,1095		0,1020	0,0986	0,0954	0,0924	0,0896	0,0870	0,0845	0,0821	0,0799	0,0110	0,0758	0,0739
50	.,		0,4312	0,3773	0,3354	0,3019	0,2744	0,2516	0,2322	0,2156	0,2012	0,1887	0,1776	0,1677	0,1589	0,1509 0,1540	0,1437	0,1372 0,1400	0,1312	0,1258 0,1283	0,1207 0,1232	0,1161	0,1118		0,1041	0,1006	0,0974	0,0943	0,0915	0,0888	0,0862	0,0839	0,0816	0,017.	0,0774	0,0755
51	.,.		0,4400	0,3830	0,3422	0.3142	0,2856	0,2567	0,2369	0,2244	0,2033	0,1923	0.1848	0,1711	0,1621	0,1571	0,1496	0,1400	0,1366	0,1283	0,1257	0,1183	0,1141	0,1100	0,1083	0,1027	0,1013	0,0982	0,0952	0,0908	0.0898	0.0873	0.0849	0.0827	0.0806	0.0785
52		_	0,4576	0,4004	0,3559	0,3203	0,2912	0,2669	0,2464	0,2288	0,2135	0,2002	0,1884	0,1780	0,1686	0,1602	0,1525	0,1456	0,1393	0,1335	0,1281	0,1232	0,1186		0,1105	0,1068	0,1033	0,1001	0,0971	0,0942	0,0915	0,0890	0,0866	0,0843	0,0821	0,0801
53		_	0,4664	0,4081	0,3627	0,3265	0,2968	0,2720	0,2511	0,2332	0,2176	0,2040	0,1920	0,1814	0,1718	0,1632	0,1555	0,1484	0,1419	0,1360	0,1306	0,1256	0,1209	0,1166	0,1126	0,1088	0,1053	0,1020	0,0989	0,0960	0,0933	0,0907	0,0882	0,0859	0,0837	0,0816
54			0,4751	0,4158	0,3696	0,3326	0,3024	0,2772	0,2558	0,2376	0,2217	0,2079	0,1956	0,1848	0,1751	0,1663	0,1584	0,1512	0,1446	0,1386	0,1330	0,1279	0,1232		0,1147	0,1109	0,1073	0,1039	0,1008	0,0978	0,0950	0,0924	0,0899	.,	0,0853	0,0832
55	.,		0,4839	0,4234	0,3764	0,3387	0,3080	0,2823	0,2606	0,2420	0,2258	0,2117	0,1993	0,1882	0,1783	0,1694	0,1613	0,1540	0,1473	0,1411	0,1355	0,1303	0,1255		0,1168	0,1129	0,1093	0,1059	0,1027	0,0996	0,0968	0,0941	0,0916	0,00,0	0,0869	0,0847
56	0,68		0,4927	0,4311	0,3832	0,3449	0,3135	0,2874	0,2653	0,2464	0,2299	0,2156	0,2029	0,1916	0,1815	0,1724	0,1642	0,1568	0,1500 0,1526	0,1437	0,1380	0,1327	0,1277	0,1232	0,1189	0,1150	0,1113	0,1078	0,1045	0,1014	0,0985	0,0958	0,0932	0,0908	0,0884	0,0862
58	- /		0,5015	0,4388	0,3900	0,3510	0,3191	0,2925	0,2700	0,2507	0,2340	0,2194	0,2065	0,1950	0,1848	0,1755	0,1672	0,1596	0,1526	0,1463	0,1404	0,1350	0,1300	0,1254	0,1210	0,1170	0,1132	0,1097	0,1064	0,1032	0,1003	0,0975	0,0949	0,0924	0,0900	0,0878
59	.,,		0,5191	0,4542	0,0707	0,3633	0,3303	0,3028	0,2795	0,2595	0,2001	0,2271	0,2137	0,2019	0,1912	0,1817	0,1730	0,1652	0,1580	0,1514	0,1453	0,1397	0,1346		0,1253	0,1211	0,1172	0,1115	0,1101	0,1069	0,1038	0,1009	0,0982	0,0956	0,0932	0,0908
60	0,73				0,4105	0,3695			0,2842		0,2463	_	0,2173			0,1847		0,1679	0,1606	0,1540		0,1421					0,1192	0,1155	0,1120	0,1087	0,1056	0,1026	0,0999		0,0947	0,0924
		•																																		



ANEXO 6. Tabla Manual para la dosificación de polímero con el equipo # 1

										, u, v		<i>.</i>	<i>i</i> abi	G 171	arra		DOSIF.		,						,,,,	0, 0,	401P	<u> </u>	•										
	- 1																DUBIT	ислег	וע ווט			_~	1101																
1	$\setminus \varrho$																			CAUD	AL (L/s																		
1	Á	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	<i>750</i>	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000
	1	1,0087	0,7565	0,6052	0,5044	0,4323	0,3783	0,3362	0,3026	0,2751	0,2522	0,2328	0,2162	0,2017	0,1891	0,1780	0,1681	0,1593	0,1513	0,1441	0,1376	0,1316	0,1261	0,1210	0,1164	0,1121	0,1081	0,1043	0,1009	0,0976	0,0946	0,0917	0,0890	0,0865	0,0841	0,0818	0,0796	0,0776	0,0757
١,	2	1,8356	1,3767	1,1013	0,9178	0,7867	0,6883	0,6119	0,5507	0,5006	0,4589	0,4236	0,3933	0,3671	0,3442	0,3239	0,3059	0,2898	0,2753	0,2622	0,2503	0,2394	0,2294	0,2203	0,2118	0,2040	0,1967	0,1899	0,1836	0,1776	0,1721	0,1669	0,1620	0,1573	0,1530	0,1488	0,1449	0,1412	0,1377
1	3	2,6624	1,9968	1,5975	1,3312	1,1410	0,9984	0,8875	0,7987	0,7261	0,6656	0,6144	0,5705	0,5325	0,4992	0,4698	0,4437	0,4204	0,3994	0,3803	0,3631	0,3473	0,3328	0,3195	0,3072	0,2958	0,2853	0,2754	0,2662	0,2577	0,2496	0,2420	0,2349	0,2282	0,2219	0,2159	0,2102	0,2048	0,1997
IN D	4	3,4893	2,6170	2,0936	1,7446	1,4954	1,3085	1,1631	1,0468	0,9516	0,8723	0,8052	0,7477	0,6979	0,6542	0,6158	0,5815	0,5509	0,5234	0,4985	0,4758	0,4551	0,4362	0,4187	0,4026	0,3877	0,3739	0,3610	0,3489	0,3377	0,3271	0,3172	0,3079	0,2991	0,2908	0,2829	0,2755	0,2684	0,2617
I	5	4,3161	3,2371	2,5897	2,1581	1,8498	1,6186	1,4387	1,2948	1,1771	1,0790	0,9960	0,9249	0,8632	0,8093	0,7617	0,7194	0,6815	0,6474	0,6166	0,5886	0,5630	0,5395	0,5179	0,4980	0,4796	0,4624	0,4465	0,4316	0,4177	0,4046	0,3924	0,3808	0,3700	0,3597	0,3500	0,3407	0,3320	0,3237
1	6	5,1430	3,8573	3,0858	2,5715	2,2041	1,9286	1,7143	1,5429	1,4026	1,2858	1,1868	1,1021	1,0286	0,9643	0,9076	0,8572	0,8121	0,7715	0,7347	0,7013	0,6708	0,6429	0,6172	0,5934	0,5714	0,5510	0,5320	0,5143	0,4977	0,4822	0,4675	0,4538	0,4408	0,4286	0,4170	0,4060	0,3956	0,3857
F	7	5,9699	4,4774	3,5819	2,9849	2,5585	2,2387	1,9900	1,7910	1,6281	1,4925	1,3777	1,2793	1,1940	1,1193	1,0535	0,9950	0,9426	0,8955	0,8528	0,8141	0,7787	0,7462	0,7164	0,6888	0,6633	0,6396	0,6176	0,5970	0,5777	0,5597	0,5427	0,5268	0,5117	0,4975	0,4840	0,4713	0,4592	0,4477
	8	6,7967	5,0975	4,0780	3,3984	2,9129	2,5488	2,2656	2,0390	1,8537	1,6992	1,5685	1,4564	1,3593	1,2744	1,1994	1,1328	1,0732	1,0195	0,9710	0,9268	0,8865	0,8496	0,8156	0,7842	0,7552	0,7282	0,7031	0,6797	0,6577	0,6372	0,6179	0,5997	0,5826	0,5664	0,5511	0,5366	0,5228	0,5098
	9	7,6236	5,7177	4,5741	3,8118	3,2672	2,8588	2,5412	2,2871	2,0792	1,9059	1,7593	1,6336	1,5247	1,4294	1,3453	1,2706	1,2037	1,1435	1,0891	1,0396	0,9944	0,9529	0,9148	0,8796	0,8471	0,8168	0,7886	0,7624	0,7378	0,7147	0,6931	0,6727	0,6534	0,6353	0,6181	0,6019	0,5864	0,5718

Fuente: Autor

ANEXO 7. Tabla Manual para la dosificación de polímero con el equipo # 2

																	DOSIF	ICACIO	ÓN DE	POLÍI	MERO	- EQU	IPO 2																
	0																			CAUDA	L (L/s)																		
1	Q	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000
	1 (),8696	0,6522	0,5218	0,4348	0,3727	0,3261	0,2899	0,2609	0,2372	0,2174	0,2007	0,1864	0,1739	0,1631	0,1535	0,1449	0,1373	0,1304	0,1242	0,1186	0,1134	0,1087	0,1044	0,1003	0,0966	0,0932	0,0900	0,0870	0,0842	0,0815	0,0791	0,0767	0,0745	0,0725	0,0705	0,0687	0,0669	0,0652
,	2	,4711	1,1033	0,8827	0,7356	0,6305	0,5517	0,4904	0,4413	0,4012	0,3678	0,3395	0,3152	0,2942	0,2758	0,2596	0,2452	0,2323	0,2207	0,2102	0,2006	0,1919	0,1839	0,1765	0,1697	0,1635	0,1576	0,1522	0,1471	0,1424	0,1379	0,1337	0,1298	0,1261	0,1226	0,1193	0,1161	0,1132	0,1103
I N	3 2	2,0726	1,5545	1,2436	1,0363	0,8883	0,7772	0,6909	0,6218	0,5653	0,5182	0,4783	0,4441	0,4145	0,3886	0,3658	0,3454	0,3273	0,3109	0,2961	0,2826	0,2703	0,2591	0,2487	0,2391	0,2303	0,2221	0,2144	0,2073	0,2006	0,1943	0,1884	0,1829	0,1777	0,1727	0,1680	0,1636	0,1594	0,1554
מ	4 2	2,6741	2,0056	1,6045	1,3370	1,1460	1,0028	0,8914	0,8022	0,7293	0,6685	0,6171	0,5730	0,5348	0,5014	0,4719	0,4457	0,4222	0,4011	0,3820	0,3646	0,3488	0,3343	0,3209	0,3085	0,2971	0,2865	0,2766	0,2674	0,2588	0,2507	0,2431	0,2359	0,2292	0,2228	0,2168	0,2111	0,2057	0,2006
ו	5 3	3,2756	2,4567	1,9653	1,6378	1,4038	1,2283	1,0919	0,9827	0,8933	0,8189	0,7559	0,7019	0,6551	0,6142	0,5780	0,5459	0,5172	0,4913	0,4679	0,4467	0,4272	0,4094	0,3931	0,3780	0,3640	0,3510	0,3389	0,3276	0,3170	0,3071	0,2978	0,2890	0,2808	0,2730	0,2656	0,2586	0,2520	0,2457
ľ	6 3	3,8771	2,9078	2,3262	1,9385	1,6616	1,4539	1,2924	1,1631	1,0574	0,9693	0,8947	0,8308	0,7754	0,7270	0,6842	0,6462	0,6122	0,5816	0,5539	0,5287	0,5057	0,4846	0,4652	0,4474	0,4308	0,4154	0,4011	0,3877	0,3752	0,3635	0,3525	0,3421	0,3323	0,3231	0,3144	0,3061	0,2982	0,2908
F	7	1,4786	3,3589	2,6871	2,2393	1,9194	1,6795	1,4929	1,3436	1,2214	1,1196	1,0335	0,9597	0,8957	0,8397	0,7903	0,7464	0,7071	0,6718	0,6398	0,6107	0,5842	0,5598	0,5374	0,5168	0,4976	0,4798	0,4633	0,4479	0,4334	0,4199	0,4071	0,3952	0,3839	0,3732	0,3631	0,3536	0,3445	0,3359
L	8 5	5,0800	3,8100	3,0480	2,5400	2,1772	1,9050	1,6933	1,5240	1,3855	1,2700	1,1723	1,0886	1,0160	0,9525	0,8965	0,8467	0,8021	0,7620	0,7257	0,6927	0,6626	0,6350	0,6096	0,5862	0,5644	0,5443	0,5255	0,5080	0,4916	0,4763	0,4618	0,4482	0,4354	0,4233	0,4119	0,4011	0,3908	0,3810
	9 5	5,6815	4,2611	3,4089	2,8408	2,4349	2,1306	1,8938	1,7045	1,5495	1,4204	1,3111	1,2175	1,1363	1,0653	1,0026	0,9469	0,8971	0,8522	0,8116	0,7748	0,7411	0,7102	0,6818	0,6556	0,6313	0,6087	0,5877	0,5682	0,5498	0,5326	0,5165	0,5013	0,4870	0,4735	0,4607	0,4485	0,4370	0,4261



ANEXO 8. Gráfico Caudal vs Cloro Gas para diferentes dosis en ppm

