

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL



**“EVALUACIÓN Y MEJORAS DEL SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES
INDUSTRIALES DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE
INSUMOS QUÍMICOS PARA LA INDUSTRIA MINERA,
TEXTIL Y OTROS”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA QUÍMICA

POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS

PRESENTADO POR:

MAGNOLIA SILVIA CHINCHAY CASTILLO

LIMA – PERÚ

2013

AGRADECIMIENTO:

A Dios, por acompañarme todos los días y haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi apoyo y soporte en todo el transcurso de mis estudios.

A mis padres Fausto y María, quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino.

A mi esposo Carlos y mi Hijita Camila, que me brindaron su apoyo y fortaleza para poder perseverar y lograr uno de mis objetivos.

A todos mis profesores, a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza.

INDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	10
II. MARCO TEÓRICO	11
2.1 Consideraciones básicas sobre el agua	11
2.1.1 Estructura química y propiedades del agua	11
2.1.2 Sustancias dispersas en el agua	13
2.1.3 Los coloides. Clasificación, forma y propiedades	17
2.2 Teoría de la coagulación del agua	23
2.2.1 Impurezas del agua	23
2.2.2 Turbiedad	24
2.2.3 Color	27
2.3 Coagulación-Floculación	30
2.4 Coagulantes	32
2.4.1 Clasificación de los coagulantes	33
2.5 Alcalinidad requerida para coagulación	43
2.6 pH óptimo para coagulación	43
2.7 Temperatura en el proceso de coagulación-floculación	44
2.8 Sedimentación	44
2.8.1 Tipos de sedimentación	45
III. LEGISLACIÓN AMBIENTAL	50
3.1 Reglamento de Desagües Industriales Decreto Ley N° 28-60-SAPL	50
3.2 Propósito de la reglamentación	50
3.3 LMP de los residuos industriales admisibles en las redes	51

IV.	EVALUACIÓN EXPERIMENTAL A NIVEL LABORATORIO	53
4.1	Ensayo de prueba de Jarra	53
4.2	Agentes coagulantes y floculantes	53
4.3	Resultados de las evaluaciones	55
4.4	Gráficas de velocidad de sedimentación	58
4.5	Determinación de la velocidad de sedimentación empleando Cloruro férrico como coagulante	59
4.6	Determinación de la velocidad de sedimentación empleando policloruro de aluminio como coagulante	61
V.	COMPARACIÓN INICIAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO RESPECTO A LA NUEVA PROPUESTA	66
5.1	Situación actual de la planta en estudio	66
5.1.1	Características del efluente tratado realizado por empresa externa	66
5.1.2	Características del sistema de tratamiento a considerar	67
5.2	Descripción de la planta de tratamiento	67
5.2.1	Tanque de homogenización	67
5.2.2	Tanque de mezcla rápida	68
5.2.3	Tanque de floculación	69
5.2.4	Sedimentador de placas paralelas	70
5.3	Cambios y recomendaciones realizados en la planta de tratamiento	70
5.4	Diagrama de flujo del sistema de tratamiento inicial y modificado	73
5.5	Aplicación del coagulante y floculante seleccionado en la planta de tratamiento	76

5.6	Resultados de las evaluaciones en planta	78
5.6.1	Parámetros de control en el tratamiento del efluente	78
5.6.2	Gráficos de turbidez en función del tiempo	83
VI.	CONCLUSIONES	86
VII.	RECOMENDACIONES	88
VIII.	BIBLIOGRAFIA	89
IX.	ANEXOS	90

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 : Molécula de agua	11
Figura 2.2 : Estructura molecular del agua	12
Figura 2.3 : Tamaño de las partículas suspendidas	15
Figura 2.4 : Clasificación de los coloides	17
Figura 2.5 : La forma más común de partículas coloidales	19
Figura 2.6 : Coloide con carga neta negativa	21
Figura 2.7 : Reacciones de coagulación entre coloide y polímero	36
Figura 2.8 : Polímero no iónico	37
Figura 2.9 : Polímero aniónico	38
Figura 2.10 : Polímero catiónico	38
Figura 2.11 : Proceso de sedimentación por zonas	47
Figura 2.12 : Curva de sedimentación	49
Figura 4.1 : Prueba con coagulante orgánico	53
Figura 4.2 : Fotos de la evaluación N°2	56
Figura 4.3 : Fotos de la evaluación N°3	57
Figura 4.4 : Fotos de la evaluación N°4	58
Figura 4.5 : Fotos de evaluación	59
Figura 4.6 : Gráficas de velocidad de sedimentación	60
Figura 4.7 : Líneas tendencia de las curvas de velocidad de sedimentación	60
Figura 4.8 : Gráficas de velocidad de sedimentación	62
Figura 4.9 : Gráficas de velocidad de sedimentación	64
Figura 4.10 : Gráficas de velocidad de sedimentación	65
Figura 5.1 : Tanque de homogenización	68
Figura 5.2 : Agitador de mezcla rápida	69
Figura 5.3 : Floculador	69
Figura 5.4 : Sedimentador de placas paralelas	70
Figura 5.5 : Tubería celeste no presenta válvula para el ingreso de	

	efluente	71
Figura 5.6	: Colocación de válvulas en las tuberías de ingreso y salida del sistema de tratamiento	71
Figura 5.7	: Modificaciones en el tanque de mezcla rápida	72
Figura 5.8	: Cadena de arrastre de flóculos	73
Figura 5.9	: Lodo colectado después del proceso de sedimentación	73
Figura 5.10	: Sistema de tratamiento inicial	74
Figura 5.11	: Sistema de tratamiento modificado	75
Figura 5.12	: DBO vs tiempo	78
Figura 5.13	: DQO vs tiempo	78
Figura 5.14	: Fotos de la evaluación N°1	81
Figura 5.15	: Fotos de la evaluación N°2	81
Figura 5.16	: Fotos de la evaluación N°3	82
Figura 5.17	: Fotos de la evaluación N°7	82
Figura 5.18	: Gráficas de turbidez vs tiempo	85

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1 : Propiedades del agua	13
Tabla 2.2 : Tamaño de las partículas suspendidas	14
Tabla 2.3 : Tasa de sedimentación para algunas partículas	16
Tabla 2.4 : Características de las sustancias productoras de color en el agua	28
Tabla 2.5 : Diferencias entre color y turbiedad	30
Tabla 2.6 : Alcalinidad requerida para coagulación	43
Tabla 2.7 : pH óptimo de los coagulantes	44
Tabla 4.1 : Agentes coagulantes	54
Tabla 4.2 : Agentes floculantes	54
Tabla 4.3 : Procedencia del efluente para cada evaluación	55
Tabla 4.4 : Parámetros de control para el proceso de coagulación-floculación	55
Tabla 4.5 : Condición inicial y final del proceso de coagulación-floculación	55
Tabla 4.6 : Parámetros de control para el proceso de coagulación-floculación	56
Tabla 4.7 : Condición inicial y final del proceso de coagulación-floculación	56
Tabla 4.8 : Parámetros de control para el proceso de coagulación-floculación	57
Tabla 4.9 : Condición inicial y final del proceso de coagulación-floculación	57
Tabla 4.10 : Parámetros de control para el proceso de coagulación-floculación	58
Tabla 4.11 : Condición inicial y final del proceso de coagulación-floculación	58
Tabla 4.12 : Concentración de coagulante y floculante	59

Tabla 4.13	:	Concentración de coagulante y floculante	61
Tabla 4.14	:	Reporte de la altura de sedimentación de los floculos en función del tiempo	62
Tabla 4.15	:	Concentración de coagulante y floculante	63
Tabla 4.16	:	Reporte de la altura de sedimentación de los floculos en función del tiempo	63
Tabla 4.17	:	Concentración de coagulante y floculante	64
Tabla 4.18	:	Reporte de la altura de sedimentación de los floculos en función del tiempo	65
Tabla 5.1		Resultados de los parámetros del efluente tratado	77
Tabla 5.2		Procedencia y tipo de efluente	79
Tabla 5.3		Consumo de reactivo para cada evaluación	80
Tabla 5.4		Condición inicial y final del tratamiento de efluente	81
Tabla 5.5		Condición inicial y final del tratamiento de efluente	81
Tabla 5.6		Condición inicial y final del tratamiento de efluente	82
Tabla 5.7		Condición inicial y final del tratamiento de efluente	82
Tabla 5.8		Datos reportados de turbidez en función del tiempo	84

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Consideraciones básicas sobre el agua

Antes de entrar a estudiar el proceso de la coagulación - floculación del agua es indispensable explicar algunos conceptos básicos, sin cuyo conocimiento no sería posible entender los procesos que se describirán posteriormente. ⁽¹⁾

El agua, una molécula simple y extraña, puede ser considerada como el líquido de la vida. Es la sustancia más abundante en la biosfera, donde la encontramos en sus tres estados y es además el componente mayoritario de los seres vivos, pues entre el 65% y el 95% del peso de la mayor parte de las formas vivas es agua.

2.1.1 Estructura química y propiedades del agua

Composición química del agua: Fueron Cavendish y Lavoisier en 1780 los primeros en demostrar que el agua estaba compuesta de oxígeno e hidrógeno. Posteriormente Humboldt y Gay – Lussac, en 1805, determinaron que la relación volumétrica entre H y O era de 2 a 1. Por último, Dumas en 1842 comprobó que la relación al peso entre estos elementos era aproximadamente 2 a 16. Fue así como quedo establecido que la molécula de agua estaba constituido por H₂O. ⁽¹⁾

Forma de la molécula: La molécula de agua está formada por dos átomos de hidrógeno (H) unidos a un átomo de oxígeno (O) por medio de dos enlaces covalentes.

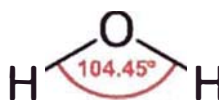


Figura 2.1 Molécula de agua

La disposición tetraédrica de los orbitales sp^3 del oxígeno determinan un ángulo entre los enlaces de aproximadamente de 104.5° . Además el oxígeno es más electronegativo que el hidrógeno y atrae con más fuerza a los electrones de cada enlace.⁽¹⁾

El resultado es que la molécula de agua aunque tiene una carga total neutra (igual número de protones que de electrones), presenta una distribución asimétrica de sus electrones, lo que la convierte en una molécula polar, alrededor del oxígeno se concentra una densidad de carga negativa, mientras que los núcleos de hidrógeno quedan desnudos, desprovistos parcialmente de sus electrones y manifiestan por tanto, una densidad de carga positiva.

Estructura molecular: Se ha concebido la estructura molecular del agua como formada por conjuntos hexagonales, en donde cada molécula está unida a su vecina por medio de un puente de hidrógeno, como lo muestra la figura 2.2.⁽¹⁾

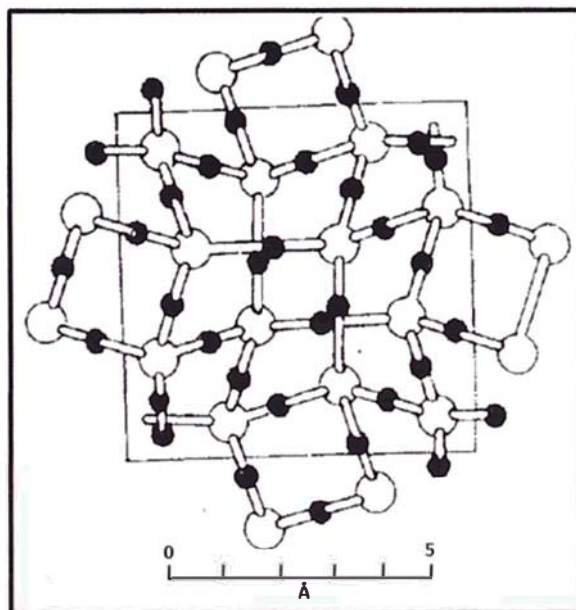


Figura 2.2 Estructura molecular del agua⁽¹⁾

Tabla 2.1 Propiedades del agua

Propiedades del agua	
Físicas	Químicas
Estado físico: sólida, líquida y gaseosa	Reacciona con los óxidos ácidos
Color: incolora	Reacciona con los óxidos básicos
Sabor: Insípida	Reacciona con los metales
Olor: Inodora	Reacciona con los no metales
Densidad: 1 g/cc a 4°C	Se une en las sales formando hidratos
Punto de congelación: 0°C	
Punto de ebullición: 100°C	

2.1.2 Sustancias dispersas en el agua

Una sustancia puede estar dentro de otra de varios modos diferentes:

Primero: La molécula de una sustancia A puede estar disgregada dentro de una sustancia B. En este caso se dice que la sustancia A está disuelta dentro de la B.

Segundo: Partículas o gotitas muy pequeñas de la sustancia A pueden estar dispersas dentro de la sustancia B. En este caso se dice que la sustancia A está en estado coloidal dentro de la sustancia B.

Tercero: Partículas relativamente grandes de la sustancia A están flotando dentro de la sustancia B. En este caso se dice que la sustancia A está en suspensión en la sustancia B.

Como se ve, según el tamaño de las partículas del sólido o líquido disgregado dentro de otro, hay un cambio en la clasificación del fenómeno y en las características que este reviste. Cuando hay verdadera solución, el soluto tiene dimensiones aproximadamente iguales o inferiores a 1 m μ ; cuando hay estado coloidal, el coloide tiene dimensiones que varían entre 1 m μ y 1000 m μ . Y cuando hay suspensión gruesa las partículas o gotas suspendidas tienen tamaños iguales o mayores de 1000 m μ .⁽¹⁾

Debe notarse que los límites fijados en la figura 2.3 que son mostrados a continuación son aproximados y, por tanto, suelen a veces confundirse o intercalarse, en especial los puntos de contacto.

Los coloides propiamente dichos tienen propiedades muy características que los distinguen en forma precisa, y que estudiaremos en seguida por ser necesario para poder entender que es la coagulación. Los químicos suelen referirse a la sustancia dispersa como fase dispersa y a la sustancia dispersante como fase dispersante. ⁽¹⁾

Existen ocho clases de disoluciones coloidales, las cuales son:

Tabla 2.2 Tamaño de las partículas suspendidas ⁽¹⁾

Fase dispersa	Fase dispersante	Nombre	Ejemplo
Líquido	Líquido	Emulsión	Aceite en agua
Sólido	Líquido	Sol	Turbiedad en agua
Gas	Líquido	Espuma	Crema batida
Líquido	Gas	Aerosol	Niebla, neblina
Sólido	Gas	Aerosol	Humo, polvo
Líquido	Sólido	Gel	Jalea
Sólido	Sólido	--	Vidrio coloreado
Gas	Sólido	--	Piedra pómez

Para el problema de coagulación que es el que nos ocupa, la disolución coloidal que más nos interesa es la dispersión del sólido en líquido, que es la que forma buena parte de la turbiedad y el color ordinario del agua. ⁽¹⁾

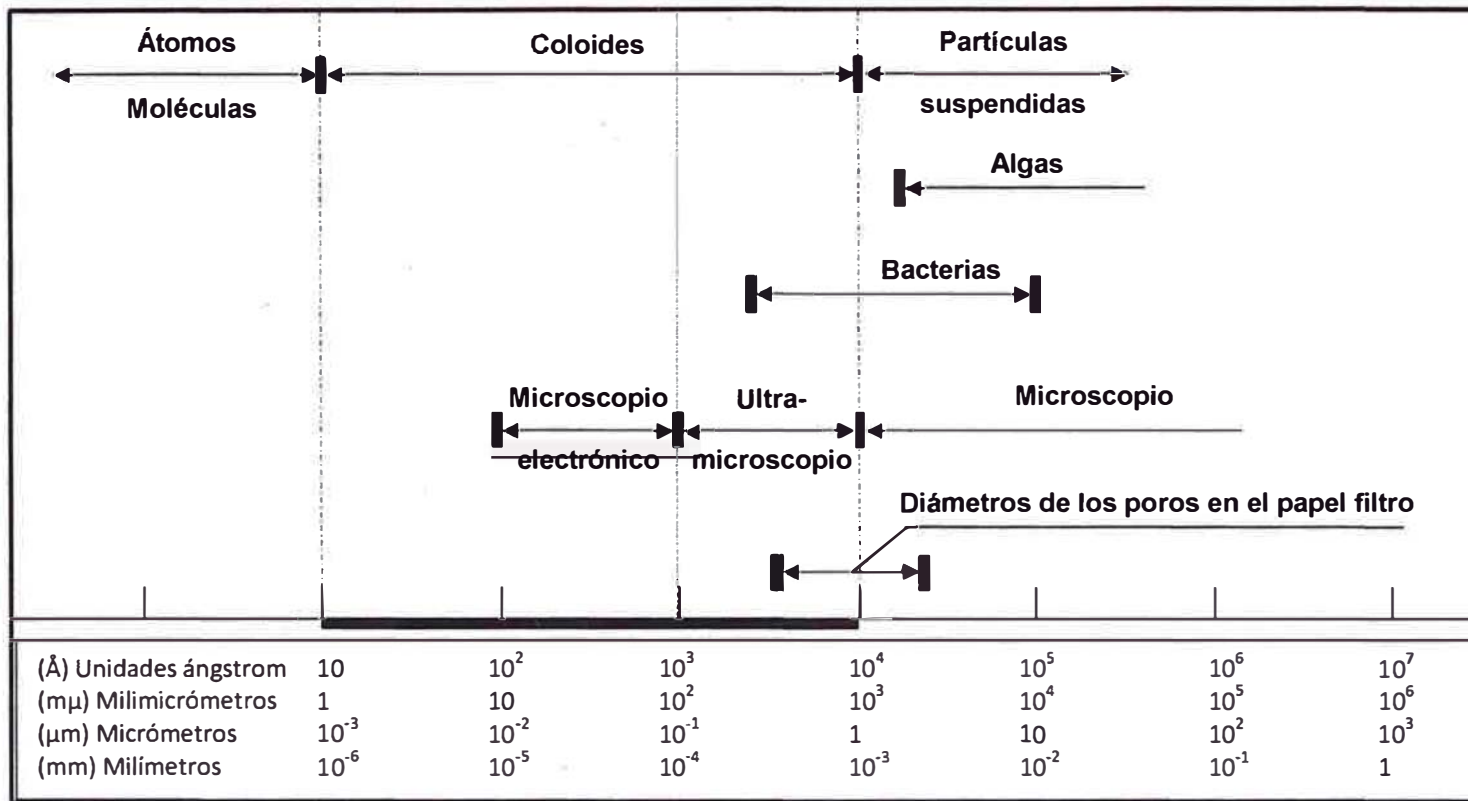


Figura 2.3 Tamaño de las partículas suspendidas ⁽¹⁾

En general las aguas crudas naturales contienen tres tipos de sólidos no sedimentables: suspendidos, coloidales y disueltos. Los sólidos suspendidos son transportados gracias a la acción de arrastre y soporte del movimiento del agua; los más pequeños (menos de 0.01 mm) no sedimentan rápidamente y se consideran sólidos no sedimentables, y los más grandes (mayores de 0.01 mm) son generalmente sedimentables. ⁽²⁾

Los sólidos coloidales consisten en limo fino, bacterias, partículas causantes de color, virus, etc., los cuales no se sedimentan sino después de periodos razonables, y en su efecto global se traduce en el color y la turbiedad de aguas sedimentadas sin coagulación.

Los sólidos disueltos, materia orgánica e inorgánica, son invisibles por separado, no son sedimentables y globalmente causan diferentes problemas de olor, sabor, color y salud, a menos que sean precipitados y removidos mediante métodos físicos y químicos. En la tabla 2.3 se puede observar la lentitud del asentamiento de las partículas en el agua. ⁽²⁾

Tabla 2.3 Tasa de sedimentación para algunas partículas ⁽²⁾

Diámetro partícula mm	Partícula representativa	Tiempo requerido para una profundidad de asentamiento de 0.3m
Sedimentables		
10	Grava	0,3 s
1	Arena gruesa	3 s
0,1	Arena fina	38 s
0,01	Limo	33 min
No sedimentables		
0,001	Bacterias	55 horas
0,0001	Color	230 días
0,00001	Coloides	6,3 años
0,000001	Coloides	63 años

2.1.3 Los coloides

Son, en general, sólidos finamente divididos que no se sedimentan por la simple acción de la gravedad, pero que pueden removerse del agua mediante coagulación, filtración o acción biológica. Con base en su tamaño, los coloides han sido definidos como partículas cuyo diámetro varía entre 1 y 100 nm. ⁽²⁾

Clasificación de los coloides

Sin pretender dar una clasificación completa de los sistemas coloidales podríamos dividirlos como indica la figura 2.4 en: moleculares y no moleculares (micelares); liofílicos y liofóbicos, diuturnos y caducos, orgánicos e inorgánicos. ⁽¹⁾

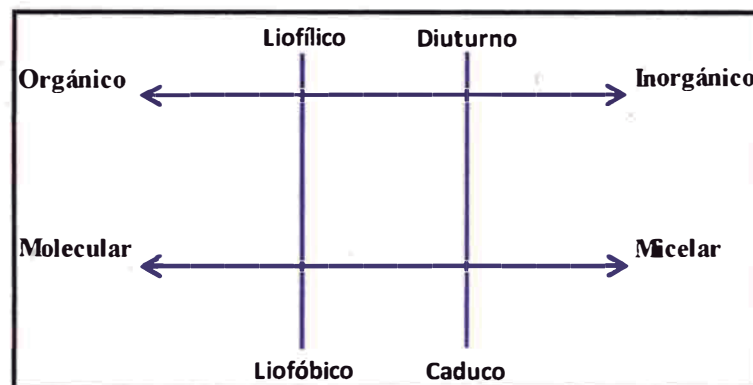


Figura 2.4 Clasificación de los coloides ⁽¹⁾

Los coloides moleculares, están constituidos por sustancias polímeras, formadas por largas cadenas orgánicas, con pesos moleculares muy grandes (15.000 – 100.000) y tamaños entre 10^2 y 5×10^2 m μ de longitud por 0.2 y 1 m μ de grosor. Estos polímeros, como la gelatina, las proteínas, el almidón, etc., no obstante estar dispersados molecularmente, no constituyen verdaderos soluto, sino coloides. El término coloide significa originalmente “gelatinoso” y fue dado por

Graham a las dispersiones de proteínas, al comprobar que no se comportaban como verdaderas soluciones.

Los coloides de asociación o micelares, pueden formarse por asociación de moléculas más pequeñas de minerales (ejemplo: oro) o compuestos orgánicos (ejemplo: jabones, detergentes), que espontáneamente se aglutinan en presencia de un dispersante en partículas de tamaño coloidal.

Los coloides liofílicos, (hidrofílicos cuando se refieren al agua) están constituidos por las dispersiones moleculares de sustancias poliméricas o sustancias aglutinadas en tamaño coloidal, que tienen una fuerte atracción por el solvente y reaccionan químicamente con el agua, en el cual están dispersados (Ejemplo: jabones, materia orgánica, encontrada en el agua negra). Su estabilidad depende de la capacidad de hidratación que los rodea en la cual hay moléculas de agua adheridas que actúan como barrera que impide el contacto entre partículas.

Los coloides liofóbicos, están, en cambio, formados por sustancias insolubles en el dispersante (ejemplo: arcillas, metales) y por lo mismo son mucho más inestables que los liofílicos. Son el tipo de dispersiones que más interesa en el tratamiento de aguas potables.

Los coloides diuturnos, (termino propuesto por Mysels (1959) que significa de larga duración) son aquellos que no se modifican o se aglutinan durante mucho tiempo comparado con el periodo de observación.

Los coloides caducos, son, al contrario, los transitorios que se aglutinan o cambian rápidamente. Los coloides, además, pueden ser

orgánicos como las proteínas o las grasas, o inorgánicos como el oro o las arcillas minerales.

Forma de los coloides

La forma de los coloides tiene relación directa con sus propiedades. No se ha hecho, sin embargo, una clasificación adecuada de las formas coloidales. Algunos los clasifican en isométricas y anisométricas. Las primeras son las que tienen una dimensión igual en todas direcciones (esferas, poliedros); las segundas son las que se extienden preferentemente en una o dos dimensiones tales como cilindros, láminas, cintas, etc. ⁽¹⁾

La figura 2.5 incluye las formas más comunes de coloides.



Figura 2.5 La forma más común de partículas coloidales ⁽¹⁾

Propiedades de los coloides

Dos propiedades importantes asociadas a los coloides son: movimiento browniano y área superficial extremadamente grandes. Estas dos propiedades les permiten desafiar la ley de la gravedad y, por tanto, impiden su remoción por sedimentación simple. Debido a su inmensa área superficial, los coloides adsorben iones en cantidades desiguales, originando a la formación de una carga eléctrica que contribuye a su estabilidad. El resultado de la formación de esa carga eléctrica y del

movimiento browniano es una colisión constante entre partículas. La tasa de coagulación puede tomarse entonces como una medida de la cantidad de partículas que se adhieren, durante la colisión, en un periodo determinado. ⁽²⁾

El grado de estabilidad de una partícula es determinado por un valor llamado **potencial zeta**, en la cual está relacionado con la carga de la partícula y la distancia a través de la cual la carga es efectiva.

El concepto de potencial zeta surge de la teoría de la doble capa, que se muestra brevemente a continuación. Las partículas coloidales se caracterizan por poseer dos capas eléctricas alrededor de ellas, de las cuales derivan su estabilidad. La capa interna consiste tanto en cationes como en aniones, pero en general tiene una carga neta negativa. ⁽²⁾

La capa externa comprende cationes intercambiables tales como Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , H^+ , etc. En la figura 2.6 se ilustran estas condiciones. ⁽²⁾

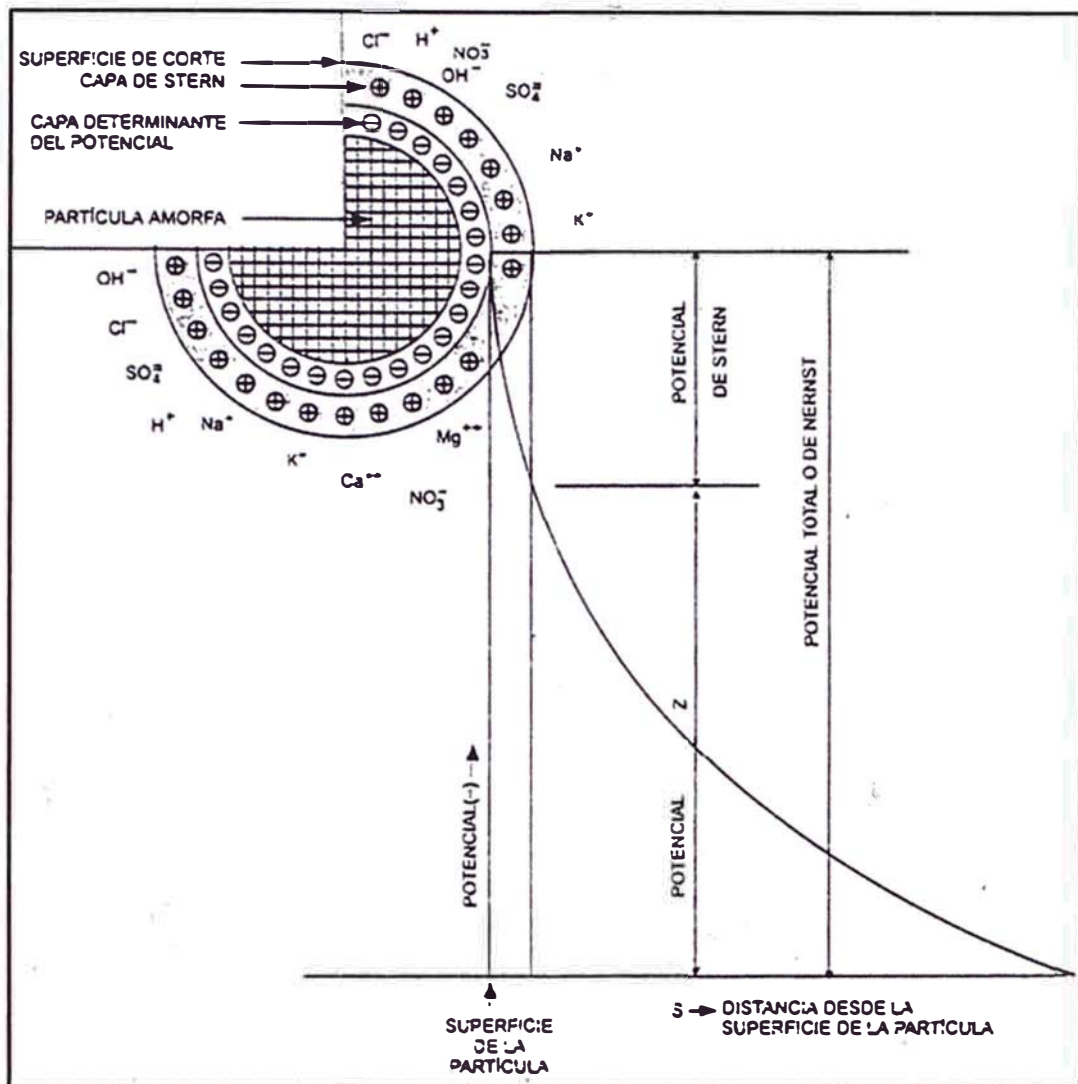


Figura 2.6 Coloide con carga neta negativa ⁽²⁾

El potencial zeta se refiere al contorno entre el solvente adherido a la partícula en su movimiento y el solvente que puede moverse con respecto a la partícula. Dicho contorno o plano de corte es esencialmente la separación entre el agua de hidratación y el agua libre.

En otras palabras, el potencial zeta es la medida, en milivoltios, del potencial eléctrico entre la capa fina exterior de iones de carga contraria que rodean al coloide. ⁽²⁾

La ecuación de Helmholtz define el potencial zeta como:

$$L = \frac{4\pi Sq}{D}$$

Donde:

- L = potencial zeta
- q = carga sobre la partícula o potencial de Nernst
- D = constante dieléctrica del líquido
- S = espesor de la zona de influencia de la carga sobre la partícula

La estabilidad de los coloides depende de la resultante de las fuerzas de atracción y repulsión que actúan entre ellos. Las fuerzas de atracción, llamadas fuerzas de Vander Waals, son causadas por la interacción de dipolos de las partículas, ya sean permanentes o inducidas. Las fuerzas de repulsión, o sea la estabilidad del coloide en sistemas de coloides hidrofóbicos, aquellos que repelen el agua, caso más común en el tratamiento de aguas para consumo, se debe al potencial zeta; por tanto para lograr la aglomeración de las partículas se debe reducir la fuerza de repulsión, de tal manera que las fuerzas de atracción prevalezcan y se logre la colisión de partículas para formar agrupaciones que se puedan remover fácilmente por gravedad. ⁽²⁾

La disminución de la estabilidad de las partículas, o sea la reducción de las fuerzas de repulsión o del potencial zeta, se logra básicamente por los siguientes mecanismos:

- Ajustando el pH al punto isoeléctrico, esto es, al pH para el cual la carga neta de la partícula se anula y el potencial zeta se hace cero.

- Añadiendo iones de carga eléctrica contraria a la de los coloides hay que remover, lo cual produce un doble efecto: primero, disminución de la carga eléctrica neta del coloide con respecto al resto de la solución y, segundo, aumento de la concentración de iones en la solución, reduciendo la distancia a través de la cual la carga es efectiva. Mientras mayor sea la valencia del ion que se añade, mayor será su poder de coagulación.

Esto se establece de acuerdo con la ley de Schulze – Hardy: “la precipitación de un coloide es efectuada por aquel ion del electrolito añadido que tenga una carga opuesta en signo a la de las partículas coloidales, y el efecto de dicho ión se incrementa tanto más cuanto mayor sea el número de cargas que posea”. Las partículas coloidales y suspendidas que se encuentran en gran parte de las aguas superficiales naturales están cargadas negativamente; esto explica por qué las sales de aluminio o hierro son las más utilizadas como coagulante en ingeniería de tratamiento de aguas.⁽²⁾

2.2 Teoría de la coagulación del agua

2.2.1 Impurezas del agua

El agua en su forma molecular pura no existe en la naturaleza. El agua de lluvia recoge impurezas mientras pasa a través del aire, los ríos y quebradas recogen impurezas provenientes del suelo y de las descargas de aguas residuales domésticas e industriales, transportándolas a los lagos, embalses y mares. Las impurezas en el agua pueden encontrarse en solución o en suspensión. La materia suspendida debe removerse, al igual que toda sustancia disuelta que se halle en exceso o que haga el agua inadecuada para uso doméstico o industrial. El tipo de polución que puede ocurrir en el agua y las medidas que deben tomarse para

prevenirla o removerla varían con la fuente de donde proviene el agua. Por otra parte, de acuerdo con el tipo de impurezas presentes, el agua puede aparecer como turbia o coloreada, o ambas.

La turbiedad, que no es más que la capacidad de un líquido de diseminar un haz luminoso, puede deberse a partículas de arcilla provenientes de la erosión del suelo, a algas o a crecimientos bacterianos.

El color está constituido por sustancias químicas, la mayoría de las veces provenientes de la degradación de la materia orgánica, tales como hojas y plantas acuáticas con las cuales entra en contacto. ⁽¹⁾

2.2.2 Turbiedad

La turbidez es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión o interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua; en otras palabras, la turbiedad es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea reemitida y no transmitida a través de la suspensión. La turbidez en un agua puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos, microorganismos, etc. ⁽³⁾

Cuando la luz incide una suspensión de partículas en solución acuosa, puede ser reemitida por las partículas, en varias direcciones, con la misma longitud de onda de la luz incidente. Una porción de la luz puede ser emitida con longitud de onda mayor que la luz incidente y una porción de energía puede ser emitida enteramente como radiación de longitud de onda grande o calor. Así mismo, el material disuelto puede absorber y reemitir la luz. El tipo de emisión depende del tamaño

de las partículas y de su forma, así como de la longitud de onda de la luz incidente.

En el pasado, la expresión estándar de turbidez más usada fue la unidad de turbidez de Jackson (UTJ), la cual es una cantidad empírica basada en el turbidímetro de bujía de Jackson. El aparato consta de un tubo de vidrio calibrado para obtener lecturas directas de turbidez, una bujía estándar y un soporte que alinea la bujía y el tubo. ⁽³⁾

Actualmente el método más usado para determinar la turbidez es el método nefelométrico, en el cual se mide la turbiedad mediante un nefelómetro y se expresan los resultados en unidades de turbidez nefelométrica (UTN). Con este método se compara la intensidad de luz dispersada por la muestra con la intensidad de luz dispersada por una suspensión estándar de referencia bajo las mismas condiciones de medida. Entre mayor sea la intensidad de luz dispersada, mayor será la turbiedad. Como suspensión estándar de referencia se usa una suspensión de polímero de formacina, la cual es fácil de preparar y de mejores características reproducibles que las suspensiones de arcilla y otros materiales anteriormente usados; por otra parte, las unidades nefelométricas de turbidez, basadas en el estándar de formacina, son aproximadamente iguales a las unidades de turbidez de Jackson. En el método nefelométrico de medida de turbiedad, ésta se mide mediante la determinación de la intensidad del rayo de luz reemitido, usualmente en ángulo recto con el rayo de luz incidente. ⁽³⁾

El método nefelométrico es el método instrumental preferido para medir turbiedad, por ser más sensible que el método visual del turbidímetro de Jackson y que el método instrumental de medida por comparación de la intensidad del rayo de luz transmitido con la intensidad del rayo de luz incidente. En suspensiones diluidas de

turbiedad pequeña, la disminución en intensidad de la luz, a medida que atraviesa la suspensión, es muy pequeña y el método instrumental de medida de turbiedad por la intensidad de la luz transmitida no es suficientemente sensible. En el método visual del turbidímetro de Jackson, la medida de turbiedad depende de la observación de la desaparición de la imagen de la llama de una bujía a través de una columna de muestra y de la absorción y reemisión de la luz que entra en la muestra, así como de las características del ojo humano. ⁽³⁾

La determinación de la turbidez es de gran importancia en aguas para consumo humano y en un gran número de industrias procesadoras de alimentos y bebidas. Los valores de turbidez sirven para establecer el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y, consecuentemente, la tasa de filtración más adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar la potabilidad del agua. ⁽³⁾

Naturaleza química de la turbiedad

La turbiedad esta principalmente formada por arcillas en dispersión. El termino arcilla comprende una gran variedad de compuestos, pero en general se refiere a la tierra fina (0.002 mm de diámetro de grano o menos), a veces coloreada, que adquiere plasticidad al mezclarse con limitadas cantidades de agua. Químicamente son silicatos de aluminio con fórmulas bastante complejas. ⁽¹⁾

Houser las clasifica así:

Caolinita $Al_4 (Si_4O_{10}) (OH)_8$ y $Al_4 (Si_4O_6) (OH)_{16}$

Montmorillonita (bentonita) $Al (Mg) (Si_8O_{20}) (OH)_4 \times H_2O$

Illita $K_y Al_4 (Fe_4 Mg_4 Mg_{16}) (Si_8 y Al_y O_{20})$

Muscovita $K_2 Al_4 (Al_2 Si_6 O_{20}) (OH)_4$

Físicamente están constituidas por cristales con una estructura atómica reticular definida. La dimensión de estos cristales varía entre 2.6×10^{-8} cm de nodo a nodo hasta 5.05×10^{-8} cm. Debe tenerse, por otra parte, presente que la estructura reticular en ellos no siempre es perfecta. ⁽¹⁾

2.2.3 Color

Dos tipos de color se reconoce en el agua: el color verdadero y color aparente.

Color verdadero: es el que existe cuando se ha removido toda la turbiedad por medio de filtración o centrifugación.

Color aparente: es el valor que resulta de medir el color sin remover la turbiedad que incluye no solamente el color de la sustancia en solución y coloidales sino también el color debido al material suspendido (es decir se determina sobre la muestra original sin filtración o centrifugación previa), lo que no da una indicación muy precisa de las características del agua. ⁽³⁾

En general, el termino color se refiere al color verdadero del agua y se acostumbra medirlo conjuntamente con el pH, pues la intensidad del color depende del pH, normalmente el color aumenta con el incremento de pH. La unidad de color es el color producido por un mg/L de platino, en forma de ión cloroplatinato. ⁽³⁾

Naturaleza del color

Las causas más comunes del color del agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, etc., en diferentes estados de descomposición, y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos

residuos industriales. El color natural en el agua existe principalmente por efecto de partículas coloidales cargadas negativamente; debido a esto, su remoción puede lograrse con ayuda de un coagulante de una sal de ión metálico trivalente como el Al^{+++} o el Fe^{+++} .⁽³⁾

Cualquiera que sea su origen, el conjunto de compuestos responsable de color, recibe el nombre de sustancias húmicas. Si bien la estructura molecular de dichas sustancias no es bien conocida, se sabe que básicamente contienen carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno en porcentajes variables y que se muestran propiedades ácidas con pesos moleculares que van desde 200 hasta más de 50.000.⁽¹⁾

Se clasifican en cuatro fracciones: ácido fúlvico, ácido húmico, ácido himatomelánico y carbón húmico. Las propiedades de estos compuestos se pueden ver en la tabla 2.4.⁽¹⁾

Tabla 2.4 Características de las sustancias productoras de color en el agua⁽¹⁾

Sustancia	Proporción en el agua %	Solubilidad	Peso Molecular	Composición %		
				C	H	N
Acido Fúlvico	58 - 86	Soluble en álcali no precipita en ácidos	--	54.87 a 59.32	5.56 a 6.47	0.57 a 2.41
Acido húmico	3.8 - 16.2	Soluble en álcali precipita con HCl Insoluble en alcohol	<50.000	39.00 a 51.00	4.52 a 4.80	11.86 a 2.39
Acido himatomelánico	10.2 - 32.2	Soluble en álcali precipita con HCl Insoluble en alcohol	800	-----		
Carbón húmico	-----	Insoluble en álcali	-----	-----		

La determinación del color se hace por comparación visual de la muestra con soluciones de concentración de color conocida o con discos de vidrio de colores adecuadamente calibrados. Antes de determinar el

color verdadero es necesario remover la turbidez; para ello, el método recomendado es la centrifugación de la muestra. ⁽³⁾

Una vez centrifugada la muestra, se determina su color por comparación con una serie de estándares de color preparados a partir de una solución patrón de K_2PtCl_6 , la cual contiene 500 mg/L de Pt y 250 mg/L de cobalto para darle una tonalidad adecuada.

La remoción del color es una función del tratamiento del agua y se practica para hacer un agua adecuada para usos generales o industriales. La determinación del color es importante para evaluar las características del agua, la fuente del color y la eficiencia del proceso utilizado para su remoción; cualquier grado de color es objetable por parte del consumidor y su remoción es, por tanto, objetivo esencial del tratamiento. ⁽³⁾

Comparación entre las características del color y la turbiedad

Como se puede ver, por la información incluida anteriormente, el color y la turbiedad tienen características bastante diferentes que deben tenerse muy en cuenta cuando se quieren remover del agua por medio del proceso de coagulación. ⁽¹⁾

No solo el fenómeno óptico se percibe en forma distinta, sino que sus características físicas y químicas difieren grandemente como se puede observar en la tabla 2.5

Tabla 2.5 Diferencias entre color y turbiedad ⁽¹⁾

Ítem	Color	Turbiedad
Composición física	Sustancias disueltas parcialmente coloides	Arcillas coloidales
Composición química	Ácidos orgánicos con pesos moleculares entre 200 y 50.000 o más	Cristales de silicatos
Origen	Orgánico	Mineral
Tamaño de la dispersión	87% < 0.01 μ	Entre 0.1 y 10 μ
Intensidad	Aumenta con el pH	No varía con el pH
Comportamiento Químico	Se comportan preferentemente como sustancias disueltas	Se comportan únicamente como suspensiones coloidales

2.3 Coagulación-Floculación

La coagulación

La coagulación consiste en la desestabilización de las partículas suspendidas mediante la adición de un producto químico, lo que provoca la neutralización de la carga de los coloides presentes en el agua y por lo tanto, la disminución de las fuerzas que mantienen separadas las partículas.

La coagulación química puede definirse como un proceso unitario utilizado para causar la coalescencia o agregación de material suspendido no sedimentable y partículas coloidales del agua y de aguas residuales; es el proceso por el cual se reducen las fuerzas repelentes existentes entre partículas coloidales para formar partículas mayores de buena sedimentación.

(2)

El proceso consiste en la adición de sustancias químicas al agua, su distribución uniforme en ella y la formación de un floc fácilmente sedimentable. La coagulación prepara el agua para la sedimentación, incrementa grandemente la eficiencia de los sedimentadores y tiene como

función principal desestabilizar, agregar y unir las sustancias coloidales presentes en el agua. El proceso remueve turbiedad, color, bacterias, algas y otros organismos planctónicos, fosfatos y sustancias productoras de olores y sabores. La coagulación es el proceso que se usa más ampliamente para remover las sustancias que ocasionan turbiedad en el agua, las cuales son a menudo inorgánicas, mientras que las que causan olor, sabor o color son generalmente orgánicas. ⁽²⁾

Distinguiremos entre coagulación, el proceso químico por el cual se añade un coagulante (sustancia química) al agua con el objeto de destruir la estabilidad de los coloides y promover su agregación y, floculación, el proceso físico de mezcla rápida y lenta, por medio del cual se incrementa la posibilidad de choque entre partículas y por consiguiente la formación de floc. Sin embargo es común referirse a coagulación como el proceso de adición de coagulante, mezcla rápida, floculación y sedimentación. ⁽³⁾

Tres mecanismos pueden actuar en el fenómeno de coagulación:

- Adsorción-desestabilización, basado en las fuerzas electrostáticas de atracción repulsión.
- Puente químico, que establece una relación de dependencia entre las fuerzas químicas y la superficie de los coloides.
- Sobresaturación de la concentración de coagulante en el agua, basado en el barrido producido por los productos generados al agregar el coagulante.

La floculación

La floculación es el mecanismo mediante el cual las partículas ya desestabilizadas chocan unas con otras formando coágulos mayores

denominado floc; en este proceso los flocs aumentan su peso específico hasta superar el del líquido que los contiene, lo cual permite la sedimentación del aglomerado. ⁽¹⁾

El proceso de floculación se puede clasificar según como se producen las colisiones entre partículas, si las colisiones son producidas por el movimiento de las moléculas del líquido (movimiento browniano) se denomina floculación pericinéctica y si las colisiones se producen por la turbulencia del líquido originada por fuerzas externas se denomina floculación ortocinéctica.

La mayor parte del tiempo se efectúa una floculación del tipo ortocinéctica, y en este caso la eficiencia de la floculación dependerá del parámetro llamado gradiente de velocidad que determinará las condiciones de diseño y operación de las unidades.

El proceso de coagulación-floculación se usa principalmente para:

- a. Remoción de turbiedad orgánica o inorgánica que no puede sedimentar rápidamente.
- b. Remoción de color verdadero y aparente.
- c. Eliminación de bacterias, virus y organismos patógenos.
- d. Destrucción de algas y plancton en general.
- e. Eliminación de sustancias productoras de sabor y olor en algunos casos y de precipitados químicos suspendidos o compuestos orgánicos en otros.

2.4 Coagulantes

Los coagulantes son las sustancias químicas o naturales que inducen el aglutinamiento de las partículas muy finas, ocasionando la formación de partículas grandes y pesadas. En general podemos decir que coagulantes son

aquellos compuestos de hierro o aluminio capaces de formar un floc y que puede efectuar coagulación al ser añadidos al agua. ⁽³⁾

En todos los casos, sales de Fe (III) y de Al (III), tales como los cloruros o los sulfatos, suelen ser los reactivos más utilizados, dada la elevada carga de estos cationes, que favorecen los procesos de desestabilización coloidal mediante la disminución de las fuerzas electrostáticas de repulsión entre partículas.

A nivel industrial las operaciones de coagulación-floculación se llevan a cabo en depósitos agitados en los que se adicionan reactivos mediante bombas dosificadoras.

2.4.1 Clasificación de los coagulantes

En general, los coagulantes los podemos clasificar en dos grupos: Los polielectrolitos o ayudantes de coagulación y los coagulantes metálicos. Ambos grupos básicamente actúan como polímeros además de la carga eléctrica que poseen. ⁽³⁾

- **Ayudas de coagulación**

Las ayudas de coagulación son sustancias que producen poco o ningún floc al ser usadas solas, pero que mejoran los resultados obtenidos con simples coagulantes. ⁽³⁾

En general, son sustancias químicas agregadas para optimizar la coagulación, formar un floc más fuerte y más sedimentable, superar caídas de temperatura que retardan la coagulación, reducir la cantidad de coagulante requerido y disminuir la cantidad de lodo producido. ⁽²⁾

Existen muchas ayudas de coagulación; las tres más generalizadas son:

Sílice activada

Se ha usado desde hace más de cincuenta años con alumbre; en dosis apropiadas, aumenta la tasa de coagulación, reduce la dosis de alumbre y amplía el intervalo de pH efectivo para coagulación. Se prepara a partir de silicato de sodio, Na_2SiO_3 , “activado” mediante un material adecuado, por ejemplo ácido hipocloroso o ácido sulfúrico, para reducir alcalinidad.

Tiene la ventaja de fortalecer el floc, hacerlo más denso, más grande y de asentamiento más rápido, mejorando normalmente la remoción de color. Usualmente se agrega después del alumbre, aunque también se utiliza antes de adicionar el coagulante. Nunca se agrega directamente con alumbre, pues reacciona con este. Tiene la desventaja que requiere un control cuidadoso a lo largo de su preparación o activación y durante la dosificación. ⁽³⁾

Polielectrolitos

Son compuestos orgánicos sintéticos, comercialmente existen diferentes polielectrolitos, fabricados bajo diversos nombres por distintas compañías, efectivos como ayudas de coagulación. La dosis y el tipo del electrolito deben determinarse para cada agua mediante ensayos de coagulación. Los polielectrolitos de importancia en el tratamiento de agua pueden clasificarse como catiónicos, aniónicos y no iónicos.

Los catiónicos son polímeros que al disolverse producen iones de carga positiva, se usan por lo tanto bastante en aguas naturales y pueden utilizarse también como coagulante primario o acompañados de alumbre o sulfato férrico. Los polielectrolitos Aniónicos son polímeros

que al disolverse producen iones de carga negativa y por lo tanto se usan para remover sólidos de carga positiva, generalmente acompañados de alumbre o un coagulante de hierro.

Los polielectrolitos no iónicos al disolverse producen iones tanto positivos como negativos y pueden usarse como coagulante o ayuda de coagulación, aunque se utilizan dosis más grandes que las de los otros dos tipos. ⁽³⁾

Los coagulantes poliméricos se caracterizan por poseer un gran tamaño molecular y cargas eléctricas a lo largo de una cadena molecular de átomos de carbono. Experimentalmente se ha demostrado que los polímeros catiónicos y aniónicos son efectivos para coagular coloides negativos gracias a enlaces químicos existentes entre el polímero y el coloide, como se ilustra en la reacción 1 de la figura 2.7. La cola del polímero absorbido (reacción 2) se adhiere a los lugares vacíos de otras partículas, formando un puente químico y permitiendo la formación del floc. Si la cola del polímero absorbido no encuentra lugares vacíos de otra partícula puede doblarse y adherirse a otros sitios del coloide original, reestabilizando el coloide (reacción 3).

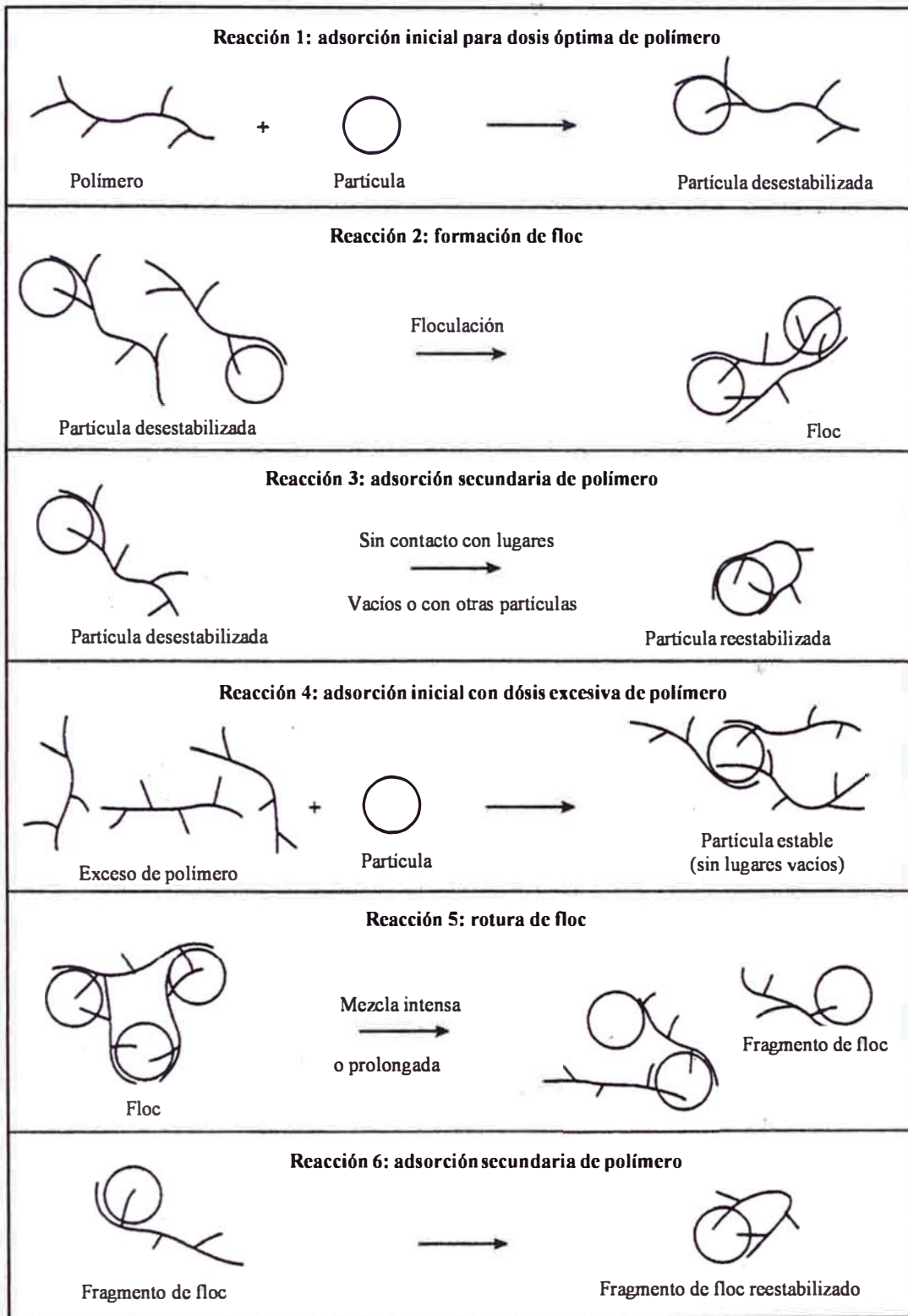


Figura 2.7 Reacciones de coagulación entre coloide y polímero

La sobredosificación de polímero o una mezcla fuerte o prolongada puede producir una coagulación deficiente al saturar las superficies de los coloides, eliminando los sitios vacíos e impidiendo la formación de los puentes poliméricos (reacción 4). La mezcla intensa o prolongada rompe los puentes formados y produce reestabilización del coloide (reacción 5 y 6).

Los derivados de la poliacrilamida son no iónicos y los derivados de la poliacrilamida hidrolizada son aniónicos. Los compuestos catiónicos son usualmente derivados de amonio cuaternario o de imina de polietileno.⁽¹⁾

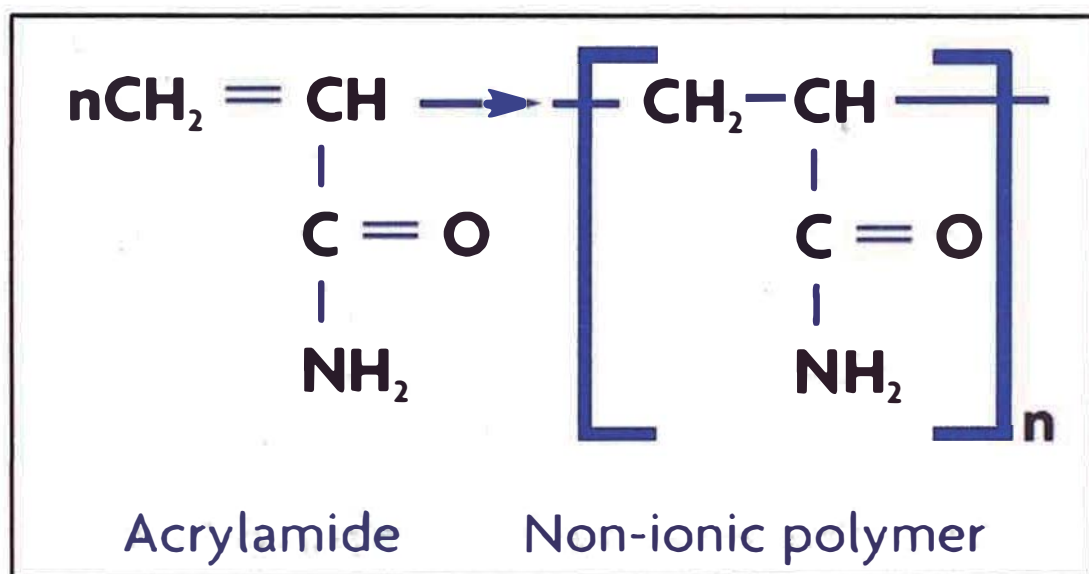


Figura 2.8 Polímero no iónico

Los coagulantes polímeros se caracterizan por poseer un gran tamaño molecular y cargas eléctricas a lo largo de una cadena molecular de átomos de carbono. Experimentalmente se ha demostrado que los polímeros catiónicos y aniónicos son efectivos para coagular coloides negativos gracias a enlaces químicos existentes entre el polímero y el coloide.

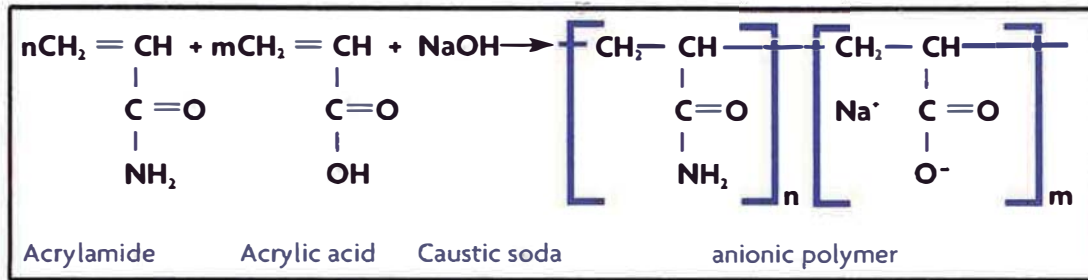


Figura 2.9 Polímero aniónico

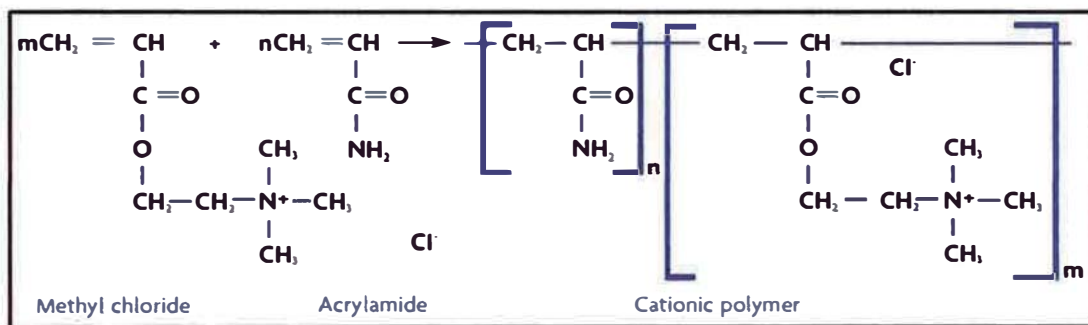


Figura 2.10 Polímero catiónico

Agentes lastradores

Son materiales que al ser agregados al agua forman partículas adicionales que promueven la formación del floc. Se usan para tratar aguas de color alto, baja turbiedad y bajo contenido mineral, que producen floc muy pequeño de baja sedimentabilidad. Los más comunes son arcillas como la bentonita, caolinita, montmorillonita, caliza y sílice pulverizada. La bentonita ha sido muy usada, en dosis generalmente de 10 a 50 mg/L, para producir floc de rápido asentamiento. ⁽³⁾

- **Coagulantes metálicos**

Los coagulantes metálicos son aquellos compuestos de hierro o aluminio capaces de formar un floc y que pueden efectuar coagulación al ser añadidos al agua. Los coagulantes más empleados son:

Sulfato de aluminio (alumbre)

El sulfato de aluminio es el coagulante estándar empleado en tratamientos de agua. El producto comercial tiene usualmente la fórmula $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$, con masa molecular de 600. El material se empaca de diversas maneras: en polvo, molido, en terrones, en granos parecidos al arroz y en forma líquida. Es muy importante tener en cuenta que el sulfato de aluminio se distribuya a través de toda la masa de agua rápidamente, con el fin de lograr el contacto con todas las partículas coloidales antes de que se presente la formación de las especies menos deseables. Esto se obtiene mediante una mezcla instantánea que provea una buena distribución del coagulante en el menor tiempo posible (un periodo no mayor de diez segundos).

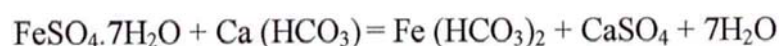
La dosis de alumbre varía normalmente entre 5 y 50 mg/L para aguas naturales. Comúnmente, el pH efectivo para coagulación con alumbre es de 5,5 a 8,0 y se prefiere para tratar aguas superficiales de buena calidad por ser el único químico necesario para la coagulación. ⁽²⁾

Sulfato ferroso

El sulfato ferroso comercial, $FeSO_4 \cdot H_2O$, se empaca como cristales o granos verdes fácilmente solubles en agua.

El sulfato ferroso reacciona con la alcalinidad del agua para formar bicarbonato ferroso, $Fe(HCO_3)_2$, el cual es bastante soluble. Para que sea útil como coagulante debe existir la oxidación del ion ferroso en ion férrico insoluble.

La reacción es la siguiente:

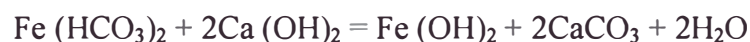


La oxidación de ion ferroso puede lograrse mediante cal y aireación u oxígeno disuelto del agua; por ello, en la mayoría de los casos, el sulfato ferroso se emplea con cal para elevar el pH a un valor en que los iones ferrosos se precipitan como hidróxido férrico. ⁽²⁾

Sulfato ferroso y cal

El tratamiento con sulfato ferroso y cal añade dureza al agua. Este proceso puede ser más barato que el de coagulación con alumbre, pero la dosificación de dos reactivos químicos diferentes lo hace más difícil. Se usa en sistemas de ablandamiento y remoción de hierro y manganeso, así como también en tratamientos de aguas residuales. ⁽²⁾

Al agregar la cal tiene lugar la siguiente reacción:



Finalmente, mediante el oxígeno disuelto del agua:



Sulfato ferroso y cloro

La coagulación con sulfato ferroso y cloro es útil en plantas donde se requiere precloración. Existe la ventaja de que se puede obtener coagulación en un intervalo más amplio de pH, 4 a 11, lo que permite una remoción efectiva de color. En este caso se usa cloro para oxidar el sulfato ferroso, produciendo cloruro férrico y sulfato férrico, los que actúan como coagulantes. ⁽²⁾

La reacción es la siguiente:



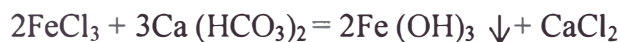
Cloruro férrico

El cloruro férrico reacciona con la alcalinidad del agua o con cal para formar floc de hidróxido férrico. El cloruro férrico comercial se consigue en forma líquida o cristalina. Aunque es barato, su manejo resulta difícil a causa de su alta agresividad y debe utilizarse con equipo resistente a la corrosión. Se usa más en tratamiento de aguas residuales que en aguas para consumo; sin embargo, produce buenos resultados en aguas subterráneas con alto contenido de hierro. El cloruro férrico puede trabajar con pH tan bajo como 4 y tan alto como 11. ⁽¹⁾

Alcalinidad natural:



La reacción con cal es la siguiente:



La reacción con aluminato sódico:



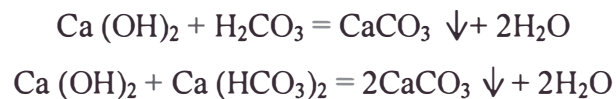
Sulfato férrico

El sulfato férrico se consigue en forma cristalina y puede dosificarse en seco o líquido. No es tan corrosivo como el cloruro férrico, pero debe manejarse con equipo resistente a la corrosión. La adición de un álcali (cal o soda) en combinación con el coagulante, resulta en un rango más amplio del pH que puede ir desde 3.5 hasta 11. Suele, sin embargo, preferirse que trabaje con aguas muy ácidas.

Cal

La cal viva es el producto resultante de la calcinación de la piedra caliza, compuestos principalmente de óxidos de calcio y magnesio. La cal hidratada es, por lo general, un polvo seco obtenido mediante tratamiento de la cal viva con suficiente agua para satisfacer su afinidad química por el agua, en las condiciones de su hidratación. Comúnmente, la cal hidratada o apagada tiene un 75 a 95% de material que pasa tamiz N° 200 y, en algunos usos especiales, se usa cal fina con un 99,5% del material que pasa el tamiz N° 235.

Cuando se usa solamente, cal como precipitante, las reacciones son las siguientes:



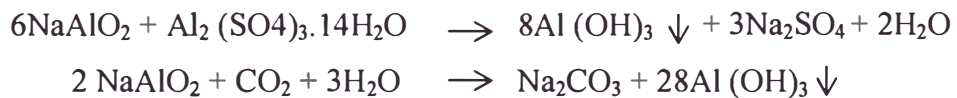
Por lo tanto, debe agregarse una cantidad de cal suficiente para que se combine con todo el ácido carbónico libre y con el ácido carbónico de los bicarbonatos; así se produce el carbonato de calcio, el cual actúa como coagulante. Si en el agua existiese acidez mineral, también se necesitaría neutralizarla antes de que ocurriera la precipitación. ⁽²⁾

Aluminato de sodio

El aluminato de sodio, NaAlO_2 , es otro compuesto usado como coagulante. El compuesto se vende en forma líquida o en polvo, con contenidos variables de agua y de sólidos como carbonato de sodio, soda caustica y otras impurezas. Debido a la presencia del sodio, su uso puede resultar benéfico para ablandar aguas duras o para tratar aguas coloreadas blandas; además, utilizado conjuntamente con alumbre sirve

para reducir las dosis de este último. También se ha empleado para mejorar los resultados del ablandamiento con cal y soda ash.

El aluminato de sodio contiene un 88% de NaAlO_2 , densidad entre 800 y 962 Kg/m^3 ; su reacción en agua es alcalina y el floc formado es similar al del alumbre. ⁽²⁾



2.5 Alcalinidad requerida para coagulación

Es muy evidente que el agua debe contener alcalinidad. En la siguiente tabla se resumen las alcalinidades requeridas para coagulación, en mg/l de coagulante.

Tabla 2.6 Alcalinidad requerida para coagulación ⁽²⁾

Coagulante	Alcalinidad requerida
Alumbre $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14,3\text{H}_2\text{O}$	0.50 HCO_3^- como CaCO_3 0.28 cal como CaO 0.37 cal como $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0.53 soda ash como Na_2CO_3
Cloruro férrico FeCl_3	0.92 HCO_3^- como CaCO_3 0.52 cal como CaO 0.68 cal como $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0.98 soda ash como Na_2CO_3
Sulfato férrico $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	0.75 HCO_3^- como CaCO_3 0.42 cal como CaO 0.55 cal como $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0.79 soda ash como Na_2CO_3

2.6 pH óptimo para coagulación

El valor del pH es uno de los factores de mayor importancia y efecto sobre el proceso de coagulación; el pH afecta la solubilidad de los precipitados

formados por el hierro y el aluminio, así como el tiempo requerido para formación de floc y la carga sobre las partículas coloidales. El pH óptimo para la remoción de coloides negativos varía según la naturaleza del agua, pero usualmente cae entre pH 5,0 y 6,5. ⁽²⁾

El pH óptimo de los coagulantes, en general, es:

Tabla 2.7 pH óptimo de los coagulantes ⁽²⁾

Coagulante	pH
Alumbre	4 - 7
Sulfato ferroso	> 8,5
Sulfato ferroso y cloro	3,5 - 6,5 y > 8,5
Cloruro férrico	3,5 - 6,5 y > 8,5
Sulfato férrico	3,5 - 7,0 y > 9,0

2.7 Temperatura en el proceso de coagulación-floculación

La temperatura es un factor importante para el proceso de coagulación – floculación. La temperatura influye sobre ciertas propiedades físicas como la viscosidad, solubilidad, el pH y la cinética de algunas reacciones que intervienen en el proceso de coagulación. Generalmente una disminución de la temperatura retrasa las reacciones químicas. ⁽⁵⁾

Otra influencia de la temperatura en la coagulación es su efecto sobre el tiempo requerido para una buena formación de flóculos. Generalmente cuanto más fría es el agua más largo será el tiempo necesario para producir buenos flóculos con una cantidad determinada de coagulante. ⁽⁶⁾

2.8 Sedimentación

La sedimentación se utiliza en los tratamientos de aguas residuales para separar sólidos en suspensión de las mismas. ⁽⁴⁾

Se entiende por sedimentación la remoción por efecto gravitacional de las partículas en suspensión presentes en el agua. Estas partículas deberán tener un peso específico mayor que el fluido.

La remoción de partículas en suspensión en el agua puede conseguirse por sedimentación o filtración. De allí que ambos procesos se consideren como complementarios. La sedimentación remueve las partículas más densas, mientras que la filtración remueve aquellas partículas que tienen una densidad muy cercana a la del agua o que han sido resuspendidas y, por lo tanto, no pudieron ser removidas en el proceso anterior.

La sedimentación es, en esencia, un fenómeno netamente físico y constituye uno de los procesos utilizados en el tratamiento del agua para conseguir su clarificación.

2.8.1 Tipos de sedimentación

Pueden considerarse tres tipos de mecanismos o procesos de sedimentación, dependiendo de la naturaleza de los sólidos presentes en suspensión.

Sedimentación de partículas discretas

Se llama partículas discretas a aquellas partículas que no cambian de características (forma, tamaño, densidad) durante la caída. Se denomina sedimentación o sedimentación simple al proceso de depósito de partículas discretas. Este tipo de partículas y esta forma de sedimentación se presentan en los desarenadores, en los sedimentadores y en los presedimentadores como paso previo a la coagulación en las plantas de filtración rápida y también en sedimentadores como paso previo a la filtración lenta. ⁽⁴⁾

Sedimentación floculenta

Partículas floculentas son aquellas producidas por la aglomeración de partículas coloides desestabilizadas a consecuencia de la aplicación de agentes químicos. A diferencia de las partículas discretas, las características de este tipo de partículas —forma, tamaño, densidad— sí cambian durante la caída.

Se denomina sedimentación floculenta o decantación al proceso de depósito de partículas floculentas. Este tipo de sedimentación se presenta en la clarificación de aguas, como proceso intermedio entre la coagulación-floculación y la filtración rápida. ⁽⁴⁾

Sedimentación por zonas

Cuando existe una baja concentración de partículas en el agua, éstas se depositan sin interferir. Se denomina a este fenómeno caída libre. En cambio, cuando hay altas concentraciones de partículas, se producen colisiones que las mantienen en una posición fija y ocurre un depósito masivo en lugar de individual. A este proceso de sedimentación se le denomina depósito o caída interferida o sedimentación zonal. Se presenta en los tanques de sedimentación secundaria empleados en las instalaciones de tratamiento biológico.

Cuando las partículas ya en contacto forman una masa compacta que inhibe una mayor consolidación, se produce una compresión o zona de compresión. Este tipo de sedimentación se presenta en los concentradores de lodos de las unidades de decantación con manto de lodos. ⁽⁴⁾ Generalmente, se produce en las capas inferiores de una masa de fango de gran espesor, tal como ocurre en el fondo de los decantadores secundarios profundos y en las instalaciones de espesamiento de fangos.

En la figura 2.11 se representa el proceso de sedimentación por zonas en una probeta. Este proceso consta de las siguientes etapas: en un principio el sólido, que se encuentra con una concentración inicial x_0 (figura 1a), comienza a sedimentar (figura 1b), estableciéndose una interfase 1 entre la superficie de la capa de sólidos que sedimentan y el líquido clarificado que queda en la parte superior (zona A).

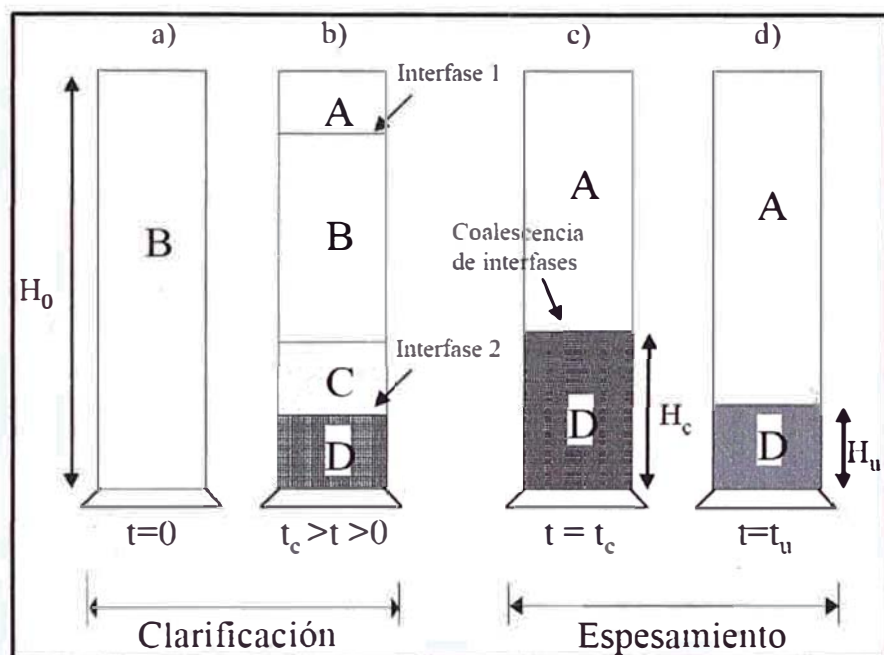


Figura 2.11 Proceso de sedimentación por zonas

La zona por debajo del líquido clarificado se denomina zona interfacial (zona B). La concentración de sólidos en esta zona es uniforme, sedimentando toda ella como una misma capa de materia a velocidad constante V_s . Esta velocidad de sedimentación puede calcularse a partir de la pendiente de la representación de la altura de la interfase 1 frente al tiempo, tal y como se muestra en la figura 2.12.

Simultáneamente a la formación de la interfase 1 y de la zona interfacial, se produce una acumulación y compactación de los sólidos en suspensión en el fondo de la probeta, dando lugar a la denominada

zona de compactación (zona D). En esta zona la concentración de sólidos en suspensión es también uniforme y la interfase que bordea esta zona, interfase 2, avanza en sentido ascendente en el cilindro con una velocidad constante V .

Entre la zona interfacial y la zona de compactación se encuentra la zona de transición (zona C). En esta zona la velocidad de sedimentación de los sólidos disminuye debido al incremento de la viscosidad y de la densidad de la suspensión, cambiando la concentración del sólido gradualmente entre la correspondiente a la zona interfacial y la de la zona de compactación.

Las zonas de compactación e interfacial pueden llegar a encontrarse, produciéndose la coalescencia de las dos interfases anteriormente citadas, en el denominado momento crítico t_c , desapareciendo la zona de transición (figura 1c). En este momento el sólido sedimentado tiene una concentración uniforme X_c o concentración crítica, comenzando la compactación y alcanzándose, posteriormente, la concentración final X_u (figura 1d).⁽⁴⁾

La velocidad de sedimentación en el momento t_c corresponde a un valor V_c dado por la pendiente de la tangente a la curva de sedimentación en el punto C, tal y como se indica en la figura 2.12 donde $V_c < V_s$.⁽⁴⁾

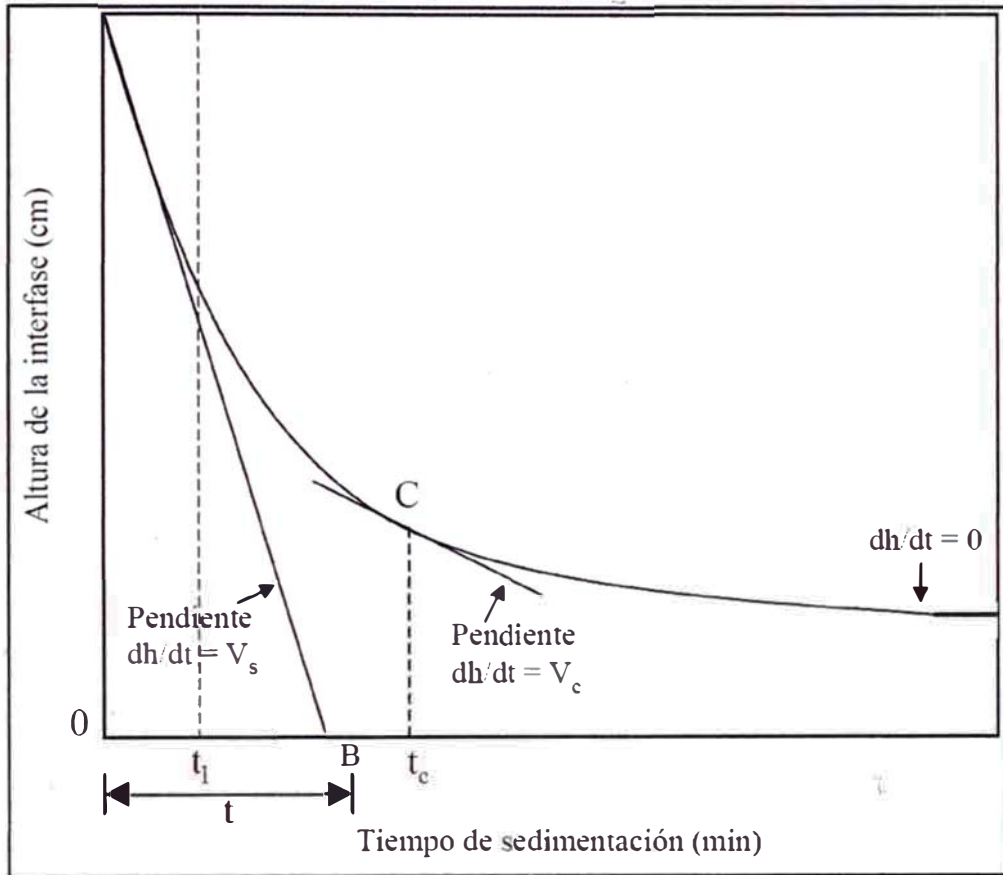


Figura 2.12 Curva de sedimentación ⁽⁴⁾

III. LEGISLACIÓN AMBIENTAL

3.1 Reglamento de Desagües Industriales Decreto Ley N° 28-60-SAPL

La reducción de la vida útil de alcantarillado motiva por el recargo en volumen o en concentración orgánica en las redes, requiere para ser evitada de un programa de inspección permanente y de control y limpieza adecuada, cuyos gastos deben ser cubiertos por las industrias en proporción a las sobrecargas que causen, siendo preciso determinar previo estudio las tasas de retribución equitativas y proceder de inmediato a la ejecución de los análisis de los líquidos evacuados de las fábricas, el reglamento mencionado se encuentra en el anexo N°1.

3.2 Propósito de la reglamentación

Los reglamentos sobre desagüe que existen en diferentes países y aún dentro de un mismo país, son muy diversos en su criterio, planteamiento y medios de control, dependiendo de la consideración que ha primado en el seno de la Comisión que lo ha redactado. Hay reglamentaciones que están basadas en una interpretación rígida de normas y en ellos se señala con la mayor amplitud posible y en la forma más concreta, que éste problema plantea, cuáles son límites máximos que puede tener un líquido o residuo industrial para que pueda ser admitido en un colector público.

La idea básica que ha animado a la Comisión al prepararlo ha sido de conseguir que la autoridad que se encargue de aplicarlo, funciones amparado no sólo por el respaldo legal de un articulado claro y preciso, sino además por acción permanente de un Comité, conformado por técnicos estatales y representantes de la Industria que orientará y resolverá los problemas que surjan al aplicársele, dentro de los límites y del espíritu de la Reglamentación.

3.3 LMP de los residuos industriales admisibles en las redes

En el Reglamento de Desagües Industriales Decreto Ley N° 28-60-SAPL, se menciona los siguientes límites máximos permisibles (LMP) para los parámetros que se presentan a continuación:

- Ninguna industria podrá lanzar al colector industrial en forma directa, residuos cuya temperatura esté por encima de los 35° C, ni sobrantes de vapor. Los vapores deberán ser condensados para ingresar al desagüe.
- Ninguna sustancia grasa que ingrese al colector, deberá tener una concentración mayor de 0.1 gr /lt. en peso.
- Ninguna sustancia inflamable que ingrese al desagüe podrá tener un punto de ignición que esté por debajo de los 90° C, y no podrá estar en concentración mayor de 1 gr/lt.
- No se permitirá el ingreso de residuos a los desagües públicos cuyo pH esté por debajo de 5 ó por encima de 8.5. Las industrias que trabajan con ácidos minerales o sustancias fuertemente alcalinas, deberán obligatoriamente tener tanques de suficiente capacidad y en número adecuado, a juicio de la autoridad, donde serán neutralizados, mediante la mezcla de residuos ácidos y alcalinos o diluidos, hasta alcanzar los límites de pH establecido. La autoridad podrá solicitar a la industria que presente un estudio completo de la solución, el que deberá ser ejecutado por un profesional, especializado y se deberán introducir en él todos los dispositivos que la autoridad juzgue necesarios para la mayor eficiencia del sistema, fijándose un plazo para la ejecución de la obra.
- Queda prohibido el ingreso a la red pública, de residuos que tengan más de 1,000 ppm de DBO bajo ninguna circunstancia los residuos

industriales que con tratamiento o sin él, alcancen esa concentración de DBO, podrán ingresar a los colectores públicos o que estén bajo la administración pública.

- Queda prohibido el ingreso a las redes públicas de líquidos que depositen sedimentos en una concentración de más de 8.5 ml/L.H. (mililitros / litros /hora).

IV. EVALUACIÓN EXPERIMENTAL A NIVEL LABORATORIO

Las pruebas más representativas para determinar el comportamiento de los reactivos coagulantes y floculantes a nivel laboratorio es el ensayo de “Prueba de Jarra”.

4.1 Ensayo de prueba de Jarra

El ensayo de prueba de jarras es la metodología que se utilizó para determinar la dosis óptima de coagulante y floculante, observándose los aglomerados voluminosos llamados flóculos. En el anexo N°3 se muestra el procedimiento de prueba de jarra, todas la pruebas que se presentaran se realizaron con 1 litro de efluente.

4.2 Agentes coagulantes y floculantes

Agentes coagulantes: En la evaluación se emplearon agentes coagulantes orgánicos e inorgánicos, respecto a los coagulantes orgánicos no mostraron efectos favorables en la etapa de coagulación observándose visualmente el mismo color de la muestra inicial.



Figura 4.1 Prueba con coagulante orgánico

Utilizando los coagulantes inorgánicos, quienes favorecieron la formación del floculo en la coagulación son el cloruro férrico y el policloruro de aluminio, de esta dos debido al menor costo, se realizaron en su mayoría las evaluaciones que se presentaran a continuación con el cloruro férrico.

Tabla 4.1 Agentes coagulantes

Coagulantes	Orgánicos
	Catiofast VMP
	Catiofast VFH
	Catiofast VSH
	Catiofast SF
	Inorgánicos
Cloruro Férrico	
Sulfato de Aluminio	
Policloruro de Aluminio	

Agentes floculantes: De la pruebas realizadas con los diferente floculantes aniónicos y catiónicos, el que presento mejor performance de todos los casos que se mostraran a continuación es el floculante catiónico sedipur CF 305.

Tabla 4.2 Agentes floculantes

Floculantes	Aniónicos
	Sedipur AF 205
	Sedipur AF 404 PWG
	Sedipur AF 900
	Magnafloc 1011
	Catiónicos
Sedipur CF 305	

4.3 Resultados de las evaluaciones

Se muestra los resultados de las evaluaciones, de cada prueba realizada mediante test de jarras, describiendo la condición inicial y la condición final del efluente después del tratamiento fisicoquímico, es decir cada prueba está basada en las etapas de coagulación, floculación y sedimentación.

Tabla 4.3 Procedencia del efluente para cada evaluación

Evaluación	Producto(s)	Area de Producción	Equipo	Procedencia	Lavado del Reactor(es)	
					Fecha	Hora
1	Basoplast 4118	Papel	R-30	Primer lavado del reactor y tuberías.	23-may	10:30
2	Acronal S400 SA	Papel	R-70	Primer lavado del reactor.	26-may	15:20
3	Acronal S400 SA	Papel	R-70	Primer lavado del reactor.	26-may	15:20
4	Acronal 296, Afranil MG, Ligante ET	Papel y Textil	R-50, R-30, R-70	Primer lavado del reactor.	29-may	11:00

Evaluación N°1

Tabla 4.4 Parámetros de control para el proceso de coagulación-floculación

Proceso	Coag./Flocul.	Concentración	RPM	Tiempo	Reposo
Coagulación	FeCl ₃	10 % (200 ppm)	300	5 min.	
Floculación	CF-305	0.1 % (4 ppm)	30	1 min.	10 min.

Tabla 4.5 Condición inicial y final del proceso de coagulación-floculación

Condición	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	% Sólidos
Inicial	7.02	25.4	3845.0	1.32
Final	4.30	25.8	8.6	0.053

Evaluación N°2

Tabla 4.6 Parámetros de control para el proceso de coagulación-floculación

Proceso	Coag./Flocul.	Concentración	RPM	Tiempo	Reposo
Coagulación 1	FeCl ₃	10 % (1000 ppm)	300	5 min.	---
Floculación 1	AF-205	0.1 % (4 ppm)	30	1min.	10 min.
Coagulación 2	Al ₂ (SO ₄) ₃	10 % (1000 ppm)	300	5 min.	---
Floculación 2	AF-205	0.1 % (4 ppm)	30	1min.	10 min.

Tabla 4.7 Condición inicial y final del proceso de coagulación-floculación

Condición	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	% Sólidos
Inicial	7.13	21.5	> 4000	1.56
Final 1	5.03	22.1	> 4000	---
Final 2	6.21	22.8	> 4000	---

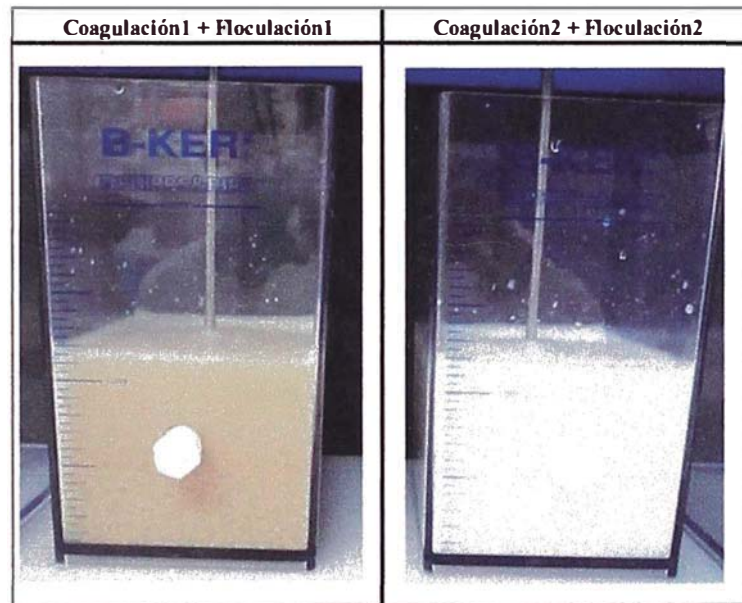


Figura 4.2 Fotos de la evaluación N°2

Observación:

Para una misma concentración de 1000 ppm de coagulante FeCl₃ se observa la formación del floculo, pero requiere mayor concentración, en el caso del coagulante Al₂(SO₄)₃ no se observa la formación del floculo Al₂(SO₄)₃, descartándose las evaluaciones siguientes con este último.

Evaluación N°3

Tabla 4.8 Parámetros de control para el proceso de coagulación-floculación

Proceso	Coag./Flocul.	Concentración	RPM	Tiempo	Reposo
Coagulación	FeCl ₃	10 % (1500 ppm)	300	5 min.	
Floculación	CF-305	0.1 % (4 ppm)	30	1 min.	10 min.

Tabla 4.9 Condición inicial y final del proceso de coagulación-floculación

Condición	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	% Sólidos
Inicial	7.35	21.8	> 4000	1.56
Final	3.57	23.2	14.3	0.047

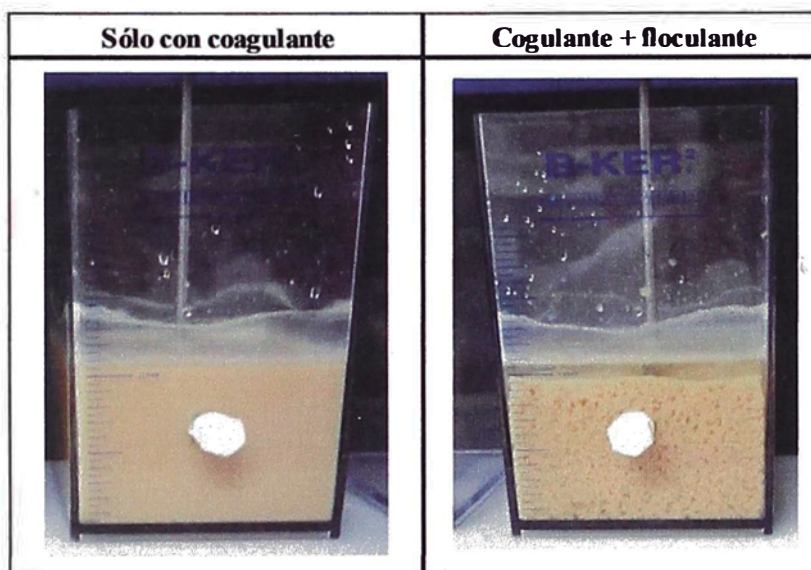


Figura 4.3 Foto de la evaluación N°3

Observación:

Se observa formación de floculos muy pequeños, pero al agregar el floculante CF 305 se juntan, obteniéndose la clarificación tal como se observa en la foto, pero se requiere mayor concentración del floculante con el fin de obtener floculos de mayor tamaño y por lo tanto el aumento de la velocidad de sedimentación.

Evaluación N°4

Tabla 4.10 Parámetros de control para el proceso de coagulación-floculación

Proceso	Coag./Flocul.	Concentración	RPM	Tiempo	Reposo
Coagulación	FeCl ₃	10 % (150 ppm)	300	5 min.	
Floculación	CF-305	0.1 % (5 ppm)	30	1 min.	10 min.

Tabla 4.11 Condición inicial y final del proceso de coagulación-floculación

Condición	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	% Sólidos
Inicial	8.45	25.0	924.3	0.9
Final	4.66	22.2	22.1	0.032

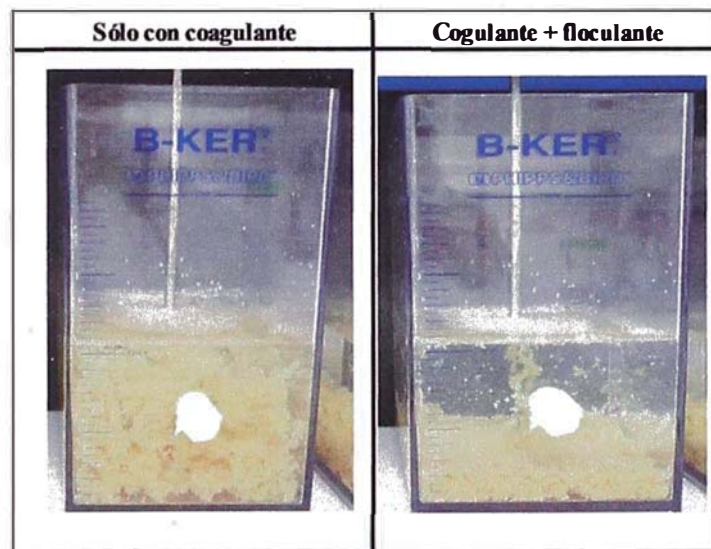


Figura 4.4 Foto de la evaluación N°4

En el anexo N°4 se puede observar más evaluaciones de coagulantes y floculantes realizadas.

4.4 Gráficas de velocidad de sedimentación

Realizado el proceso de coagulación-floculación mediante test de jarra (cada prueba se realizó con 1 litro de volumen de efluente) y determinado la dosis óptima para el tratamiento, se prosiguió a la determinación de la velocidad de

sedimentación, para ello usando probetas de 1 litro se agregó la dosis de coagulante y floculante que fue determinado para cada tipo de efluente.

Manteniendo el control de tiempo por intervalo, se realizó la gráfica de tiempo vs altura.



		Muestra inicial		Muestra con coagulante-floculante	
Muestra: Mezcla de efluente de Vmofán BA 610 y Acronal 18D					
Coagulante	FeCl ₃ (10%)	0 ppm	0 ppm	800 ppm	800 ppm
Floculante	Sedipur CF305 (0.1%) Sedipur AF900 (0.1%)	0 ppm	0 ppm	7.5ppm	7.5ppm

Figura 4.5 Foto de evaluación

4.5 Determinación de la velocidad de sedimentación empleando Cloruro férrico como coagulante

De acuerdo a lo mencionado en el punto anterior se determinara la velocidad de sedimentación para una misma concentración de coagulante FeCl₃ con otros floculantes como el sedipur AF 205, sedipur AF 404 y sedipur AF 900 tal como se muestra a continuación:

Tabla 4.12 Concentración de coagulante y floculante

Floculante	Dosis	Coagulante	Dosis
AF-205 al 0.1%	7.5 ppm	FeCl ₃ al 10%	800 ppm
AF-404 al 0.1%	7.5 ppm	FeCl ₃ al 10%	800 ppm
AF-900 al 0.1%	7.5 ppm	FeCl ₃ al 10%	800 ppm
CF-305 al 0.1 %	7.5 ppm	FeCl ₃ al 10%	800 ppm

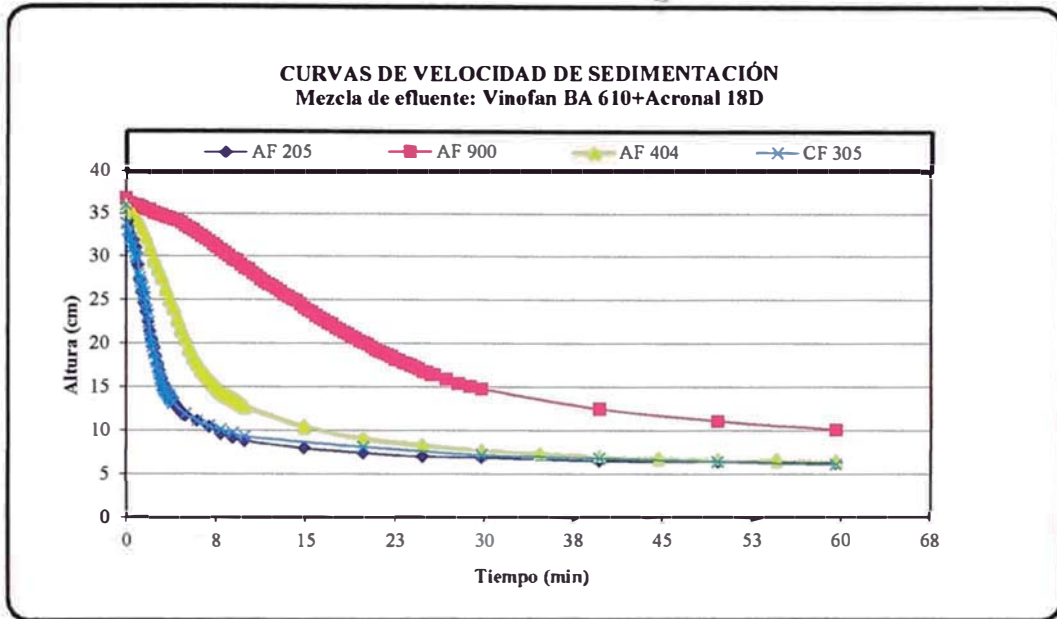


Figura 4.6 Gráficas de velocidad de sedimentación

Determinación de la pendiente de cada gráfica de tiempo vs altura

La pendiente de cada curva de velocidad de sedimentación de la figura 4.6 se determinó trazando una recta tangente en el punto donde la curva se hace cóncava, la pendiente de la ecuación de la recta determina la velocidad de sedimentación, tal como se muestra a continuación:

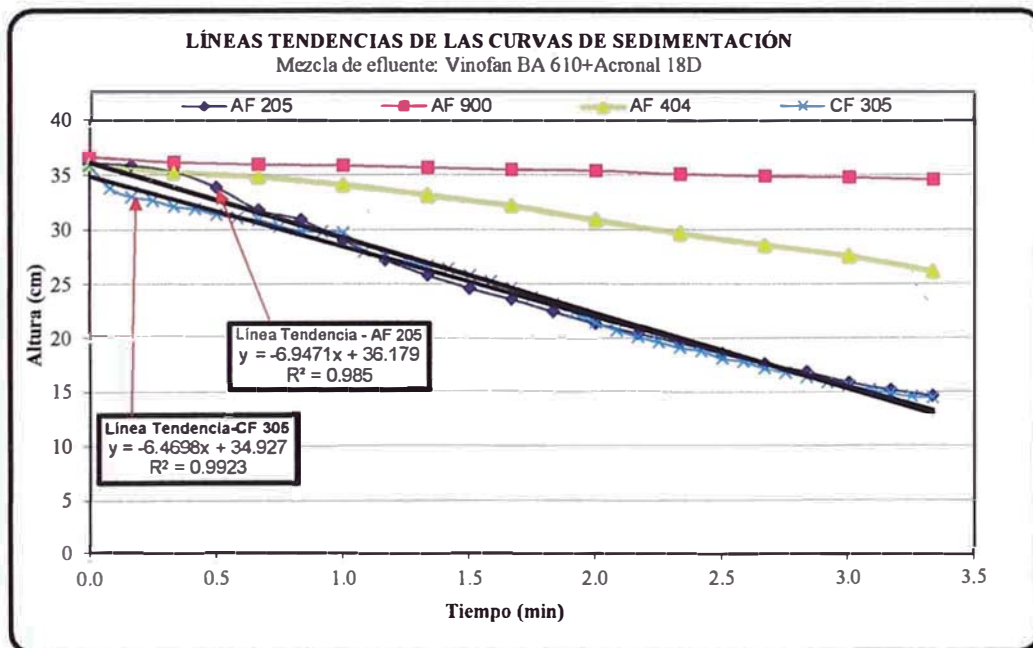


Figura 4.7 Líneas tendencia de las curvas de velocidad de sedimentación

Observación

Determinado las líneas tendencia como se muestra en la figura 4.7, se observa que presentaron mejor velocidades de sedimentación: V_s (FeCl_3 + sedipur CF 305) = 6.47cm/min y V_s (FeCl_3 + sedipur AF 205) = 6.95 cm/min.

Al utilizar el floculante sedipur AF 205 en evaluaciones siguientes no se obtuvo resultados favorables ya que la velocidad de sedimentación fue lenta comparada con el floculante sedipur CF 305, por lo tanto se descartó el uso de floculante sedipur AF 205. En el anexo N°5 se puede observar otras evaluaciones para la determinación de la velocidad de sedimentación.

4.6 Determinación de la velocidad de sedimentación empleando policloruro de aluminio como coagulante

Evaluación 1

Para este caso se utilizó como coagulante el policloruro de aluminio (polifloc PAC100) a la vez se hizo un comparativo de la velocidad de sedimentación determinada utilizando también el cloruro férrico, para hacer la comparación se trabajó con el mismo efluente a las mismas condiciones de pH y temperatura.

Tabla 4.13 Concentración de coagulante y floculante

Coagulante	Dosis	Floculante	Dosis
Polifloc PAC 100	1200ppm	Sedipur CF305	10ppm
Polifloc PAC 100	1200ppm	Magnafloc 1011	10ppm
FeCl_3	250ppm	Sedipur CF306	10ppm
FeCl_3	250ppm	Magnafloc 1012	10ppm

Tabla 4.14 Reporte de la altura de sedimentación de los flocúlos en función del tiempo

pH del efluente 7.8							
Polifloc PAC100 Sedipur CF305	1200ppm 10ppm	Polifloc PAC100 Magnafloc 1011	1200ppm 10ppm	FeCl3 Sedipur CF305	250ppm 10ppm	FeCl3 Magnafloc 1011	250ppm 10ppm
tiempo (min)	altura (cm)	tiempo (min)	altura (cm)	tiempo (min)	altura (cm)	tiempo (min)	altura (cm)
0.0	36.5	0.0	37.50	0.0	36.4	0.0	36.20
0.3	31.0	0.3	34.25	0.3	30.9	0.3	25.80
0.7	20.8	0.7	30.50	0.7	21.7	0.7	15.80
1.0	14.9	1.0	27.70	1.0	15	1.0	7.90
2.0	9.6	2.0	20.90	2.0	10	2.0	6.00
3.0	9.6	3.0	16.80	3.0	8	3.0	4.90
4.0	9.6	4.0	13.20	4.0	7.2	4.0	4.60
5.0	9.6	5.0	11.60	5.0	6.6	5.0	4.50
10.0	9.6	10.0	8.50	10.0	5.3	10.0	4.00
15.0	9.6	15.0	7.30	20.0	4.5	15.0	3.50
20.0	9.6	20.0	6.60	30.0	3.9	20.0	3.30
30.0	9.6	30.0	6.20			30.0	3.00

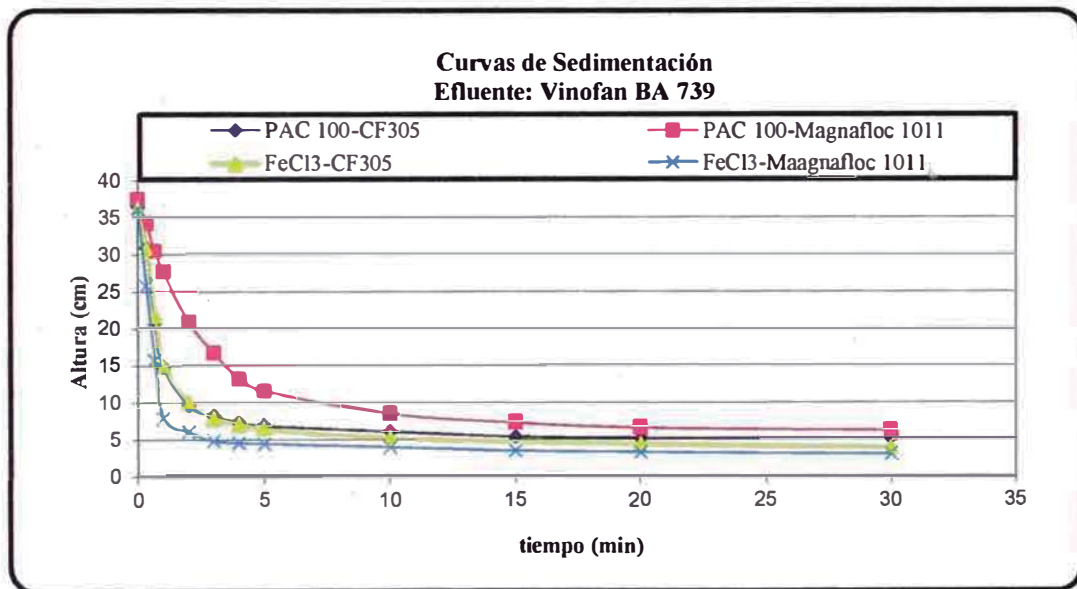


Figura 4.8 Gráficas de velocidad de sedimentación

Observación

- 1.- Cuando se empleó policloruro de aluminio (PAC 100) como agente coagulante con cada uno de los floculantes sedipur CF 305 y Magnafloc 1011, se obtuvo que el par policloruro de aluminio + sedipur CF 305, mejor velocidad de sedimentación ($VS = 22.02\text{cm/min}$).

2.- Cuando se empleó Cloruro Férrico (FeCl_3) como agente coagulante con cada uno de los floculantes Sedipur CF 305 y Magnafloc 1011, el par Cloruro Férrico + Magnafloc 1011 obtuvo la mejor velocidad de sedimentación ($V_s = 28.47\text{cm/min}$).

3.- Todas las evaluaciones realizadas a nivel laboratorio para los diferentes tipos de efluente mostraron resultados favorables en cuanto a coagulación, floculación y sedimentación al utilizar los productos químicos cloruro férrico (coagulante) y sedipur CF305 (floculante).

Evaluación 2

En este caso se realizó la evaluación con el efluente proveniente del lavado del reactor que se procesó el producto Styrofan BA 803.

Tabla 4.15 Concentración de coagulante y floculante

Coagulante	Dosis	Floculante	Dosis
Polifloc PAC 100	680 ppm	Sedipur CF305	10ppm
Polifloc PAC 100	680 ppm	Magnafloc 1011	10ppm
FeCl_3	100 ppm	Sedipur CF306	10ppm
FeCl_3	100ppm	Magnafloc 1011	10ppm

Tabla 4.16 Reporte de la altura de sedimentación de los floculos en función del tiempo

pH del efluente 7.46							
Polifloc PAC100 680ppm		Polifloc PAC100 680ppm		FeCl ₃ 100ppm		FeCl ₃ 100ppm	
Sedipur CF305 10ppm		Magnafloc 1011 10ppm		Sedipur CF305 10ppm		Magnafloc 1011 10ppm	
Tiempo (min)	Altura (cm)	Tiempo (min)	Altura (cm)	Tiempo (min)	Altura (cm)	Tiempo (min)	Altura (cm)
0.0	36.3	0.0	36.50	0.0	33.6	0.0	36.30
0.3	35.2	0.3	35.3	0.3	17.7	0.3	34.50
0.7	34.2	0.7	32.70	0.7	3.3	0.7	31.45
1.0	33.0	1.0	26.50	1.0	1.7	1.0	22.60
2.0	6.6	2.0	12.10	2.0	1.3	2.0	5.70
3.0	6.3	3.0	7.20	3.0	1.0	3.0	4.30
4.0	5.8	4.0	6.10	4.0	0.8	4.0	3.80
5.0	5.5	5.0	5.45	5.0	0.6	5.0	3.60
10.0	4.5	10.0	4.40	10.0	0.4	10.0	3.20
20.0	4.0	20.0	3.60	20.0	0.4	20.0	2.90
30.0	3.6	30.0	3.40	30.0	0.1	30.0	2.70

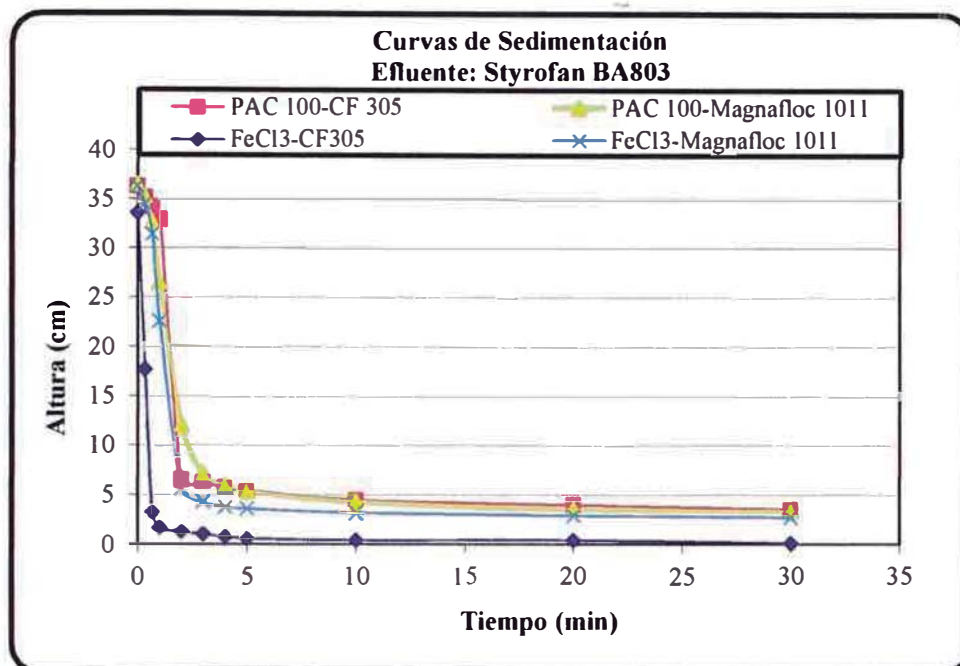


Figura 4.9 Gráficas de velocidad de sedimentación

Observación

En esta evaluación la velocidad de sedimentación fue mayor con el par cloruro férrico + sedipur CF 305.

Evaluación 3

En este caso se realizó la evaluación con el efluente proveniente del lavado del reactor que se procesó el producto Vinofan BA 739.

Tabla 4.17 Concentración de coagulante y floculante

Coagulante	Dosis	Floculante	Dosis
Polifloc PAC 100	440 ppm	Sedipur CF305	5 ppm
Polifloc PAC 100	440 ppm	Magnafloc 1011	5 ppm
FeCl ₃	100 ppm	Sedipur CF306	5 ppm
FeCl ₃	100ppm	Magnafloc 1011	5 ppm

Tabla 4.18 Reporte de la altura de sedimentación de los floculos en función del tiempo

pH del Efluente 7.15							
Polifloc PAC100 440ppm Sedipur CF305 5ppm		Polifloc PAC100 440ppm Magnafloc 1011 5ppm		FeCl3 100ppm Sedipur CF305 5ppm		FeCl3 100ppm Magnafloc 1011 5ppm	
Tiempo (min)	Altura (cm)	Tiempo (min)	Altura (cm)	Tiempo (min)	Altura (cm)	Tiempo (min)	Altura (cm)
0.0	35.8	0.0	36.10	0.0	36	0.0	36.20
0.3	34.6	0.3	25.5	0.3	34.6	0.3	35.50
0.7	32.9	0.7	10.80	0.7	30.1	0.7	32.90
1.0	30.0	1.0	3.30	1.0	22.8	1.0	27.40
2.0	17.1	2.0	2.50	2.0	5.5	2.0	6.00
3.0	7.4	3.0	2.00	3.0	5	3.0	4.70
4.0	5.9	4.0	2.00	4.0	4	4.0	4.10
5.0	5.0	5.0	2.00	5.0	3.7	5.0	3.60
10.0	3.8	10.0	1.60	10.0	3	10.0	3.10
20.0	2.9	20.0	1.60	20.0	2.7	20.0	2.50
30.0	2.7	30.0	1.60	30.0	2.7	30.0	2.40

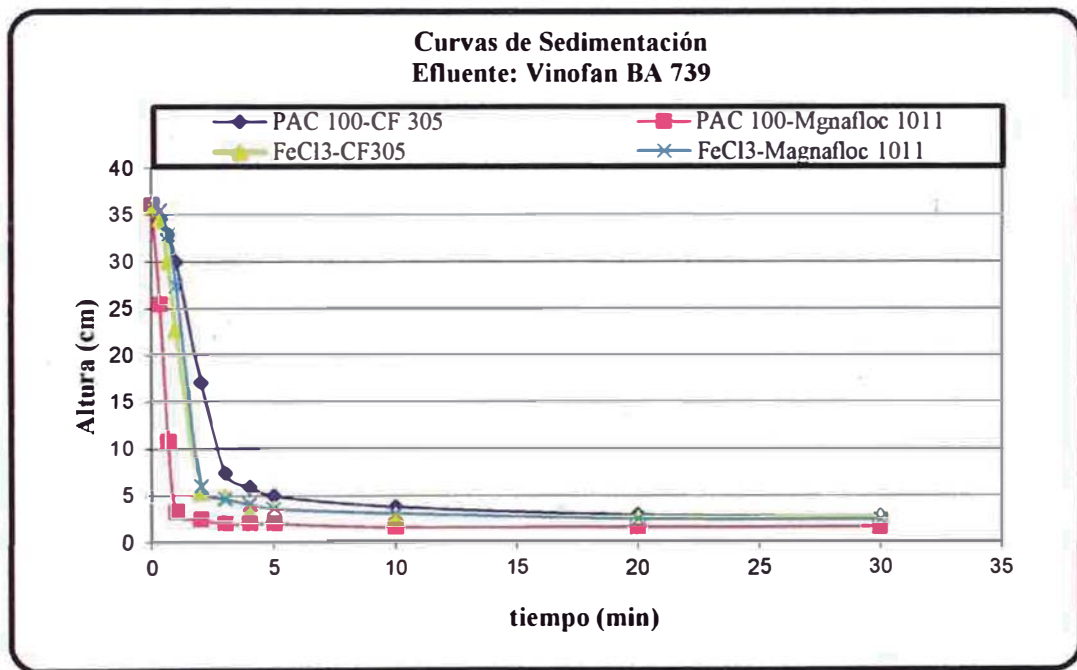


Figura 4.10 Gráficas de velocidad de sedimentación

Observación

Se obtuvieron resultados similares, en cuanto a velocidad de sedimentación entre los pares cloruro férrico + sedipur CF 305 y cloruro férrico + magnafloc 1011. Cuando se empleó como coagulante el policloruro de aluminio se observó diferencias de velocidades de sedimentación entre ambos pares.

V. COMPARACIÓN INICIAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO RESPECTO A LA NUEVA PROPUESTA

5.1 Situación actual de la planta en estudio

Actualmente la planta de producción genera en promedio $34\text{m}^3/\text{día}$ ($12,240\text{m}^3/\text{año}$) de efluentes a tratar, pero se tiene flujos eventuales de 2 veces al año de $60\text{m}^3/\text{día}$.

La planta actual de tratamiento de aguas industriales de la empresa productora de insumos químicos, fue diseñada por una empresa externa en enero del 2007 y puesta en funcionamiento en junio del 2007 quienes hasta el año 2008 estuvieron a cargo personal propio de la empresa externa para llevar a cabo el tratamiento.

5.1.1 Características del efluente tratado realizado por empresa externa

Exceso de cloruro férrico: Por el exceso de este reactivo coagulante, el efluente tratado evacuaba al desagüe con una coloración rojiza. Asimismo este exceso de reactivo ocasionaba adhesiones en los equipos de la unidad de tratamiento, siendo complicada su limpieza.

Alta turbidez: El efluente tratado, en el año 2008, vario entre 270 a 500 NTU.

Alto flujo de tratamiento: En el año 2008, el flujo tratado varió entre 3 a $5\text{m}^3/\text{h}$, flujo que definitivamente no permitía un adecuado tratamiento de los efluentes, razón por la cual se descargaba al sistema de alcantarillados agua no tratada que no cumplían con el Reglamento de Desagües Industriales Decreto Ley N° 28-60-SAPL.

5.1.2 Características del sistema de tratamiento a considerar

- La planta de tratamiento de efluentes carece de un sistema de control adecuado para la salida de la solución tratada por ejemplo no hay medidores de caudal.
- No se cuenta con una poza de recepción de mayores eventos de los efluentes de la planta de producción. Tanque de recepción y compensación. La capacidad de este tanque debería ser de 75 m³.
- La planta de efluentes, puede tratar 0.7 a 1.30 m³/h, dependiendo del tipo de efluente. Es decir, la máxima capacidad de tratamiento obtenida a la fecha es de 30.0 m³/día, existiendo un diferencial negativo de tratamiento de 4.0 m³/día (efluentes generados por producción 34 m³/día), pero por cuestiones de diseño la planta debería tener una capacidad de 42.5 m³/día (25% de margen de seguridad). Concluyéndose que la planta actual de efluentes no tiene la suficiente capacidad de tratamiento.

5.2 Descripción de la planta de tratamiento

La planta de tratamiento de efluentes industriales de la empresa productora de insumos químicos, está conformado por un sistema de coagulación-floculación y un sedimentador de placas paralelas, a continuación la descripción de cada unidad que conforma el sistema:

5.2.1 Tanque de homogenización

Esta unidad que se encuentra semienterrada realiza la función de homogenizar los efluentes industriales provenientes de los reactores y de los acondicionadores, en esta unidad se agrega un álcali o un ácido

para regular el pH. El efluente a tratar ingresa al sistema de tratamiento mediante bombeo desde el tanque de homogenización.



Figura 5.1 Tanque de homogenización

5.2.2 Tanque de mezcla rápida

En esta unidad se acondiciona el producto químico (coagulante) con el fin de lograr la desestabilización de las partículas en suspensión suministrándose el coagulante mediante una bomba dosificadora, este tanque cuenta con un agitador de alta velocidad.

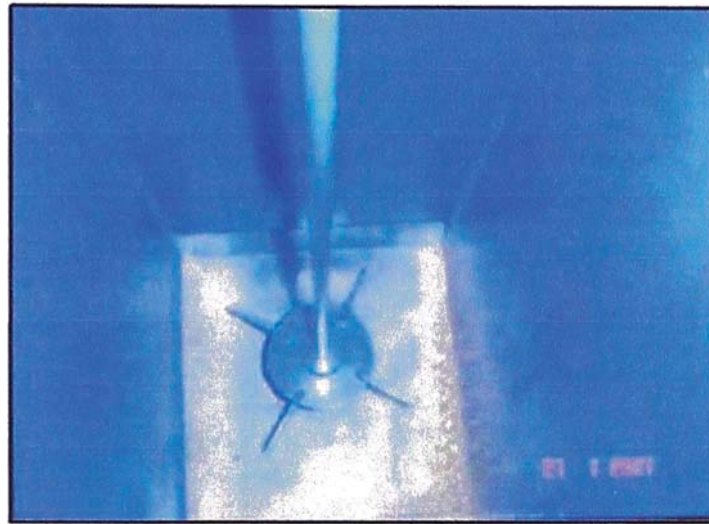


Figura 5.2 Agitador de mezcla rápida

5.2.3 Tanque de floculación

El efluente proveniente del tanque de mezcla rápida ingresa al tanque de floculación, donde se realiza la aglomeración de las partículas desestabilizadas, este tanque cuenta con un agitador de velocidad lenta, siendo favorecida la aglomeración de las partículas en suspensión.



Figura 5.3 Floculador

5.2.4 Sedimentador de placas paralelas

En esta unidad sedimentan los floculos formados, la tolva que se encuentra ubicada en la parte inferior se concentra el lodo. La velocidad de sedimentación dependerá del flujo del efluente a tratar. El Sedimentador tiene una tubería de salida, por donde sale el efluente tratado, el cual va hacia las redes del colector.



Figura 5.4 Sedimentador de placas paralelas

5.3 Cambios y recomendaciones realizados en la planta de tratamiento

- Colocación de válvulas reguladoras que permitieron controlar el flujo de ingreso hacia la planta de tratamiento.

Válvula A: Siempre estará abierta y permitirá el ingreso de efluente al sistema de Tratamiento.

Válvula B: Permitirá el retorno del efluente a la poza de homogenización, el cual ayudara a mantener el flujo de tratamiento.



Figura 5.5 Tubería celeste no presenta válvula para el ingreso de efluente

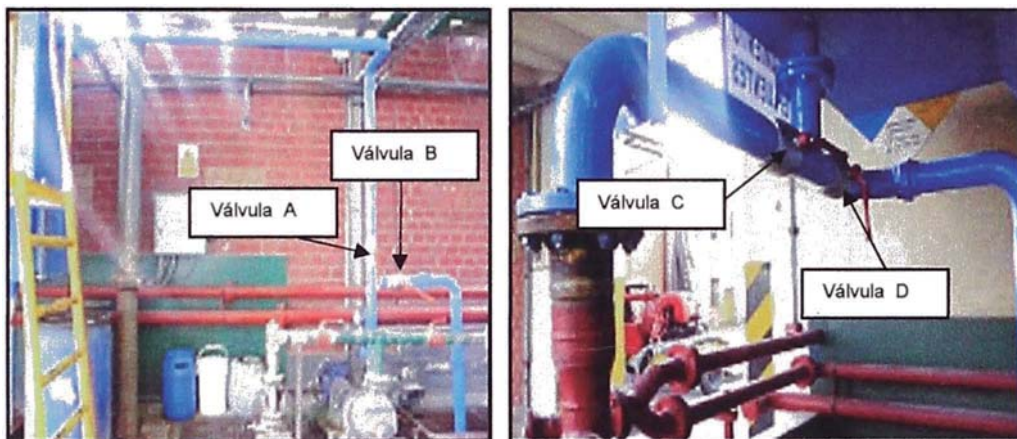


Figura 5.6 Colocación de válvulas en las tuberías de ingreso y salida del sistema de tratamiento

Válvula C: Salida del efluente tratado.

Válvula D: Se abrirá al no lograrse el tratamiento del efluente, ingresando a la poza de 27m³ (poza de almacenamiento), luego volvería a entrar nuevamente al tanque de homogenización para ingresar nuevamente al sistema de tratamiento.

- La coagulación debería de realizarse en el tanque de mezcla rápida (alta velocidad del agitador), con el fin de que la reacción entre el efluente y el

coagulante sea eficiente pero hasta la fecha este se encuentra no operativa, realizándose también la coagulación en el tanque de floculación (velocidad lenta), a pesar de ello se logra la coagulación aunque no en su máxima eficiencia.

- Se recomendó colocar un tubo en el tanque de mezcla rápida con el fin de que el coagulante ingrese por la parte superior y comience a dosificar al efluente por la parte inferior cerca al agitador, tal como se muestra en la figura derecha (Esta recomendación no se realiza todavía hasta la fecha).

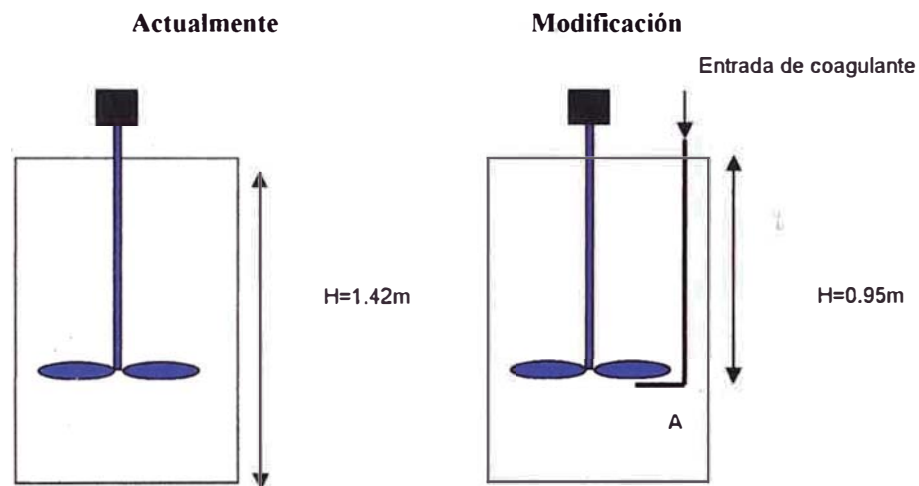


Figura 5.7 Modificaciones en el tanque de mezcla rápida

- La cadena de arrastre que forma parte del sedimentador de placas paralelas tiene como función arrastrar los floculos formados que flotan en la superficie, que pudieran formarse por productos como el Vinofan BA739 y Acronal 18D los cuales en su elaboración contiene Texapom K12 (este insumo genera espuma).



Figura 5.8 Cadena de arrastre de flóculos

- El lodo generado en el proceso de sedimentación, según reporte de laboratorio, representan de 14 -16% de sólidos, se sugirió un filtro prensa porque ayudaría a obtener una pulpa más concentrada con alto contenido de sólidos. Al obtener el lodo más compactado se almacenaría fácilmente en los cilindros disminuyendo el volumen ocupado, por lo tanto el costo de la empresa prestadora de servicio en llevarse los lodos generados mensualmente disminuiría.



Figura 5.9 Lodo colectado después del proceso de sedimentación

5.3 Diagrama de flujo del sistema de tratamiento inicial y modificado

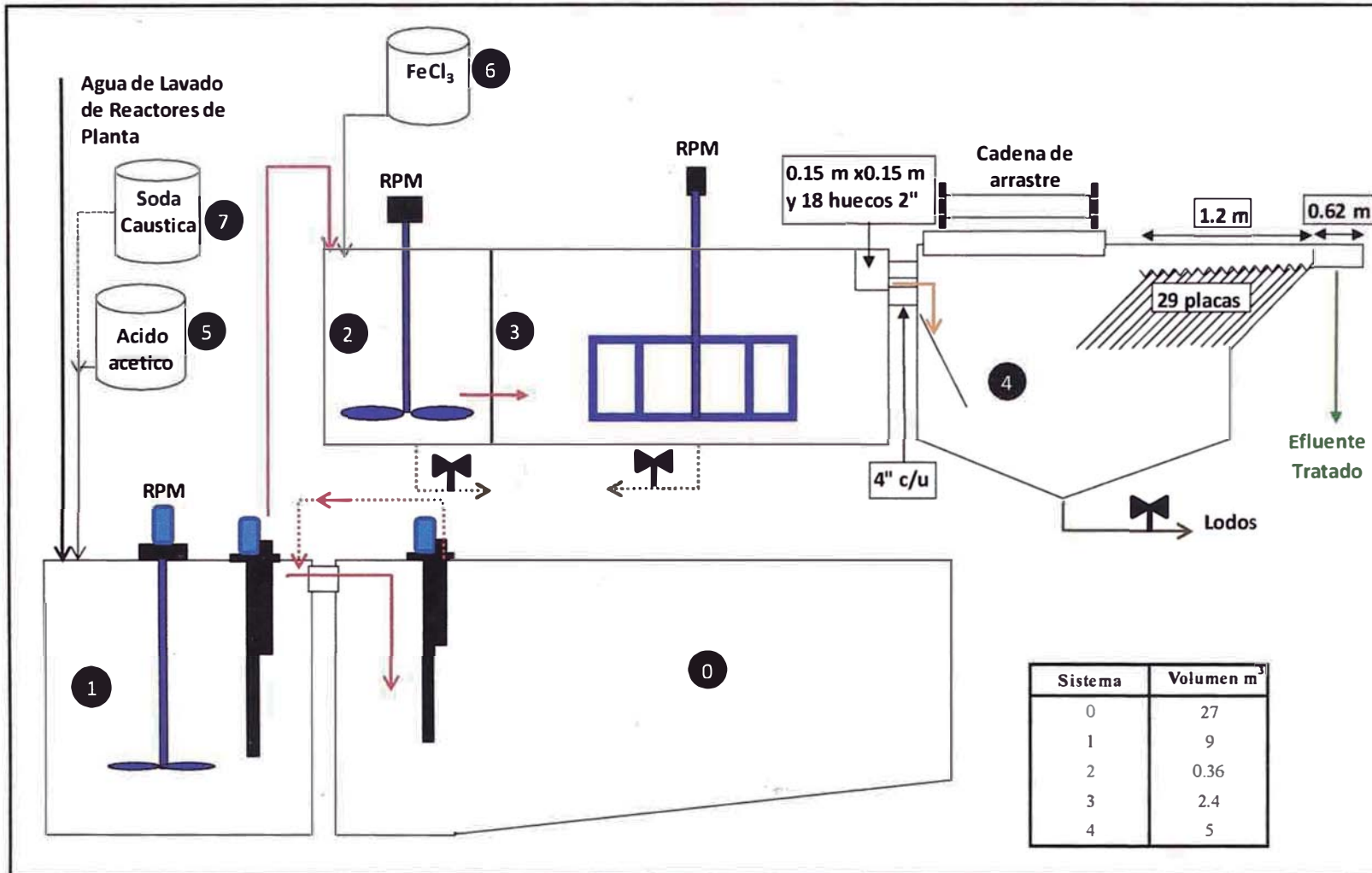


Figura 5.10 Sistema de tratamiento inicial

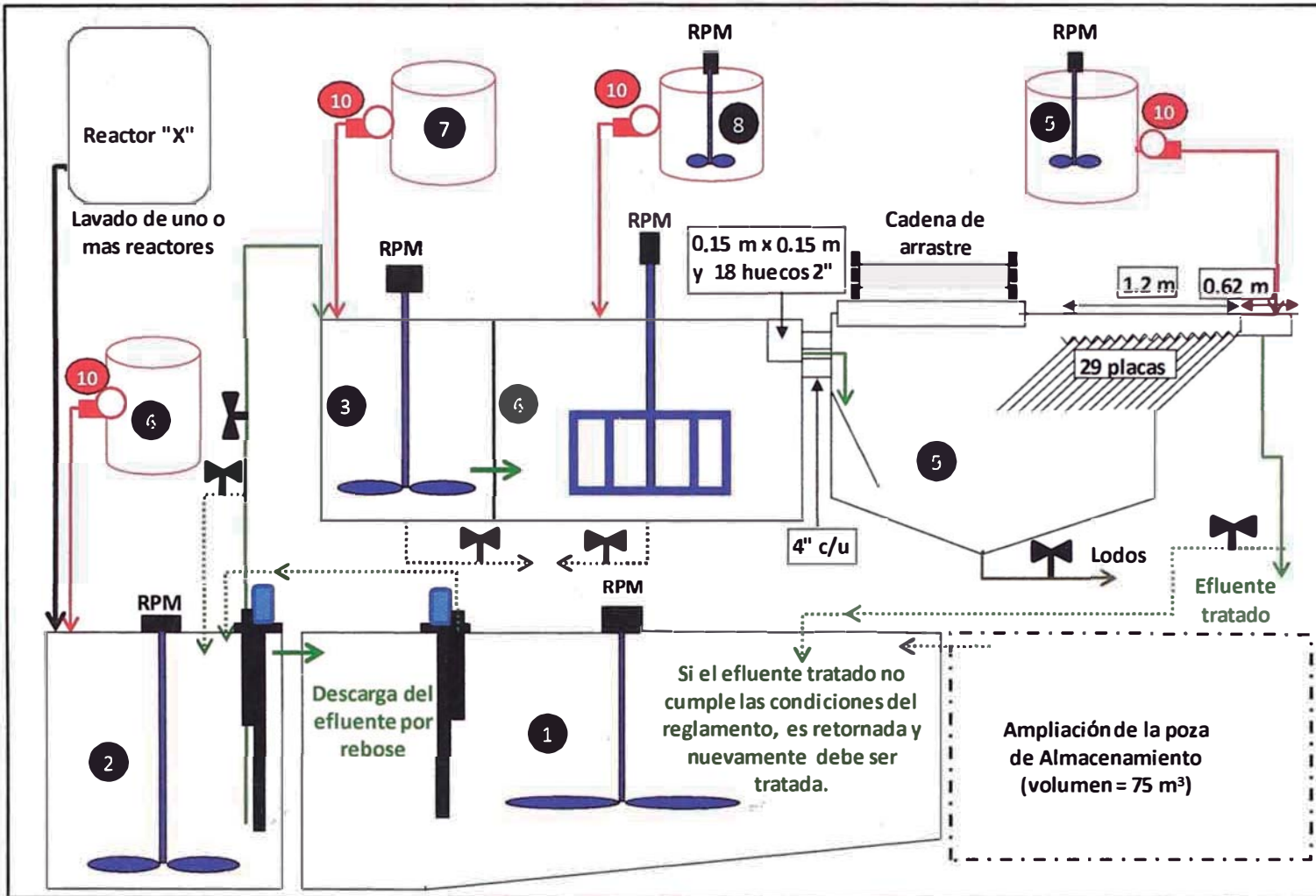


Figura 5.11 Sistema de tratamiento modificado

5.5 Aplicación del coagulante y floculante seleccionado en la planta de tratamiento

Se inició el tratamiento de los efluentes industriales con los reactivos coagulante (Cloruro férrico) y floculante (Sedipur CF 305) que fueron evaluados en laboratorio mediante la metodología de “Prueba de Jarra”.

Observaciones

- Considerar que anteriormente la reglamentación que se utilizó para comparar los parámetros analizados después del tratamiento antes de evacuar al sistema de alcantarillado fue con los LMP establecidos en el Reglamento de Desagües Industriales, aprobado por el D.S. 2860 S.A.P.L. (Anexo N°1), actualmente la reglamentación vigente es el Reglamento del Decreto Supremo N°021-2009-VIVIENDA (Anexo N°2), que aprueba los valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales no doméstica en el sistema de alcantarillado sanitario.
- El DBO presenta un LMP de 1,000 mg/l según el Reglamento de Desagües Industriales Decreto Ley N° 28-60-SAPL, respecto al año 2009 se comparó los meses de agosto a diciembre, durante este periodo se observó una reducción del 85% del parámetro mencionado. Observar tabla 5.1 y figura 5.12.
- El DQO no presenta LMP en el Reglamento de Desagües Industriales Decreto Ley N° 28-60-SAPL, puede observarse que a partir de agosto a diciembre del 2009, el DQO disminuyó 91.7% de su valor. Observar tabla 5.1 y figura 5.13. Sin embargo actualmente la nueva reglamentación menciona LMP respecto al DQO.

Tabla 5.1 Resultados de los parámetros del efluente tratado

Analizado por	Parámetros	Unidad	Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		LMP
			2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	
Laboratorio interno	pH	-	6.92		7.11		7.2	5.52	6.95	7.21	7.1	6.99	
	Temperatura	°C					26.6	23.01	24.77	24.67	26.4	25.3	
	Turbidez	NTU	390.3		396.4		508	85.06	365.3	83.2	270.8	133.9	
	Caudal	m ³ /h	3.83		5.76		5.47	1.57	4.32	1.01	5.59	1.39	
Laboratorio externo	pH	-	6.67	7.45	6.8	7.51	6.77	6.5	8.85	6		7.5	5 - 8.5
	Temperatura	°C	34.7	31.3	26.1	25	31.6	28.4	27.3	25		26.9	35
	Sólidos sedimentables	mg/l/h										0.2	8.5
	Aceites y grasas	mg/l	3.8	N.D.	11.3	N.D.	3.8	5.0	1.9	N.D.		N.D.	100
	Oxígeno disuelto	mg/l	1.8		0.8		7.19		7.74			5.6	N.A.
	DBO ₅	mg/l	238	1230	1080	232	454	250	49	203	869	188	1000
	DQO	mg/l	560	5200	1800	3226	1000	385	139	520	1394	433	N.A.
	Sólidos totales disuelto	mg/l	4296	755	7000	2410	1050	1383	617	3250		3000.8	N.A.
	Nitrógeno orgánico total	mg/l	1.0	0.29	11	9.9	17	4.73	10	49.953	1.0	32.12	N.A.

Límite máximo permisible establecido por el Reglamento de Desagües Industriales por el D.S. N° 2860 S.A.P.L.

(A partir del 23 de setiembre se iniciaron las evaluaciones en la planta de tratamiento)

N.A.: No Aplica

N.D.: No detectado

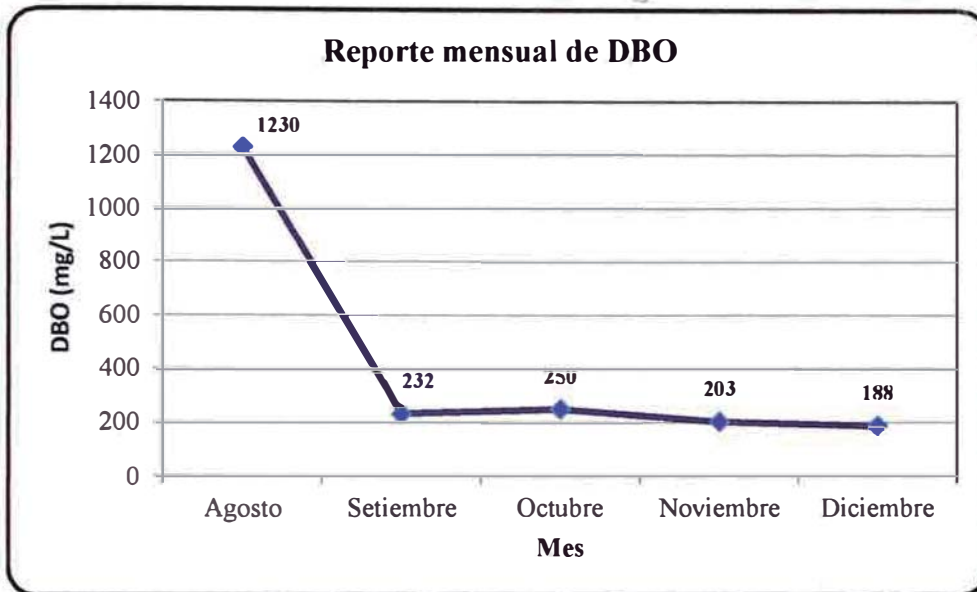


Figura 5.12 DBO vs tiempo

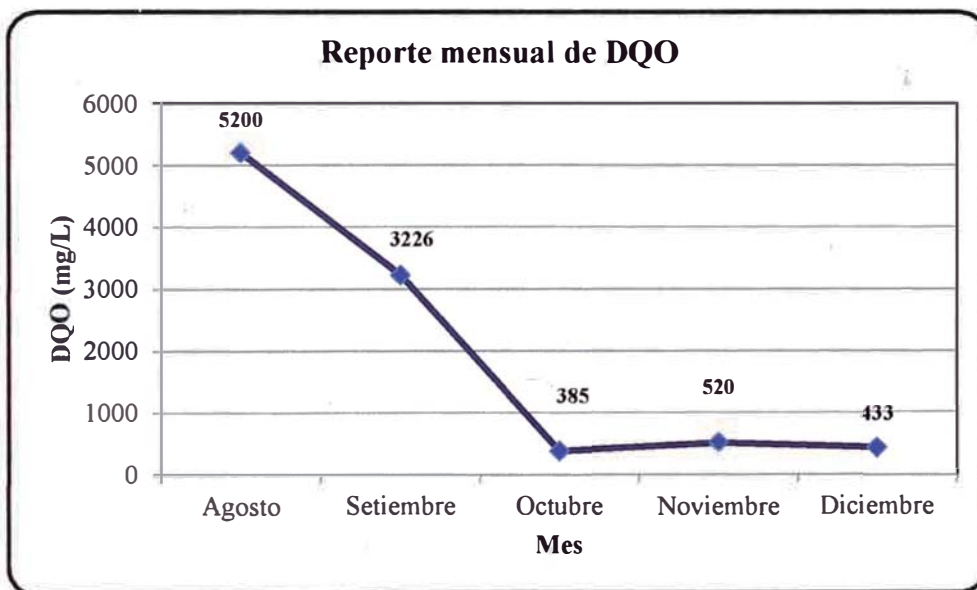


Figura 5.13 DQO vs tiempo

5.6 Resultados de las evaluaciones en planta

5.6.1 Parámetros de control en el tratamiento del efluente

A continuación se muestra las evaluaciones que se llevaron a cabo en la planta de tratamiento, siguiendo las etapas de coagulación, floculación y sedimentación.

Tabla 5.2 Procedencia y tipo de efluente

Evaluación	Producto(s)	Procedencia	Reactor	Area de Producción	Lavado del Reactor		Tratamiento		Observaciones
					Fecha	Hora	Fecha	Hora	
1	Basoplast 4118, Acetato de vinilo, Acido acrilico	Primer lavado del reactor: R-10 (Basoplast 4118), R-60 (Acetato de vinilo) y R-60 Acido acrilico)	R-10, R-60, R-60	Papel	03-oct	17:00	05-oct	08:30	Se colecto efluente el sábado 3 y el lunes 5 se realizó el tratamiento.
2	Vinofan BA610	Primer lavado del R-50	R-50	Pinturas	05-oct	20:56	06-oct	09:00	Se realizó el tratamiento el día 6.
3	Vinofan BA610	Primer lavado del R-70	R-70	Pinturas	07-oct	08:15	07-oct	08:15	
4	Vinofan BA610, lavado del filtro Sweco	Primer lavado del R-70	R-70	Pinturas	07-oct	10:57	07-oct	10:57	El mismo día ingreso otro efluente.
5	Vinofan BA610	Primer lavado del R-70	R-70	Pinturas	07-oct	14:45	07-oct	14:45	
6	Acronal 296, Basoplast 4118	Primer lavado del: R-50 (Acronal 296), R-55 (Basoplast 4118)	R-50, R-55	Papel	09-oct	07:30	09-oct	07:30	
7	Acronal 296	Primer lavado del: R-50 (Acronal 296)	R-50	Papel	10-oct	10:15	12-oct	14:55	Se colectó efluente del sábado 10 y el lunes 12 se realizó el tratamiento.
		Primer lavado del: R-50 (Acronal 296)	R-50	Papel	12-oct	08:00			
		Primer lavado del: R-50 (Acronal 296)	R-50	Papel	12-oct	14:55			

Tabla 5.3 Consumo de reactivo para cada evaluación

Evaluación	Coagulante: FeCl ₃ al 40%					Floculante: Sedipur CF 305 al 0.1%					
	Flujo (ml/min)	Consumo (g/h)	Tiempo operación (h)	Consumo (kg)	Concentración (ppm)	Flujo (ml/min)	Flujo (l/h)	Consumo (g/h)	Tiempo operación (h)	Consumo (g)	Concentración (ppm)
1	2	164.4	1.5	0.25	82.2	340	20.4	20.4	4.5	91.8	10.2
	5	411.0	4.5	1.85	205.5						
					191.0						
2	5	411.0	7.5	3.08	205.5	340	20.4	20.4	7.5	153.0	10.2
3	5	411.0	3.0	1.23	205.5	340	20.4	20.4	3.0	61.2	10.2
4	34	2794.8	3.5	9.78	1397.4	380	22.8	22.8	3.5	79.8	11.4
5	34	2794.8	2.0	5.59	1397.4	450	27.0	27.0	0.5	13.5	13.5
						510	30.6	30.6	1.5	45.9	15.3
											14.9
6	34	2794.8	2.5	6.99	1397.4	340	20.4	20.4	7.5	153.0	10.2
	15	1233.0	1.0	1.23	616.5						
	7.5	616.5	4.0	2.47	308.3						
					1056.0						
7	0.5	41.1	5.0	0.21	20.6	510	30.6	30.6	5.0	153.0	15.3

Evaluación N°1

Tabla 5.4 Condición inicial y final del tratamiento de efluente

Condición	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	% Sólidos
Inicial	6.9	23.7	1807.0	0.393
Final	6.20	23.1	37.2	0.053

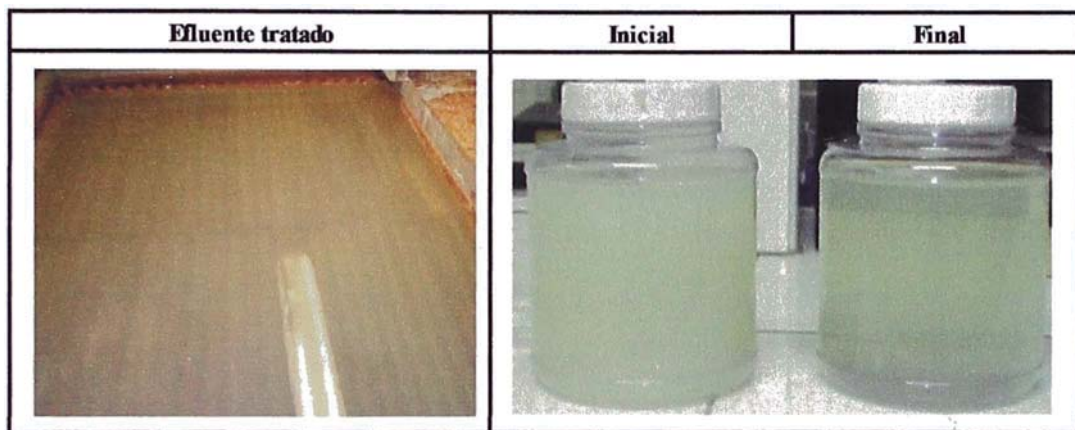


Figura 5.14 Fotos de la evaluación N°1

Evaluación N°2

Tabla 5.5 Condición inicial y final del tratamiento de efluente

Condición	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	% Sólidos
Inicial	7.20	22.9	2140.0	0.452
Final	7.95	27.5	29.2	0.026

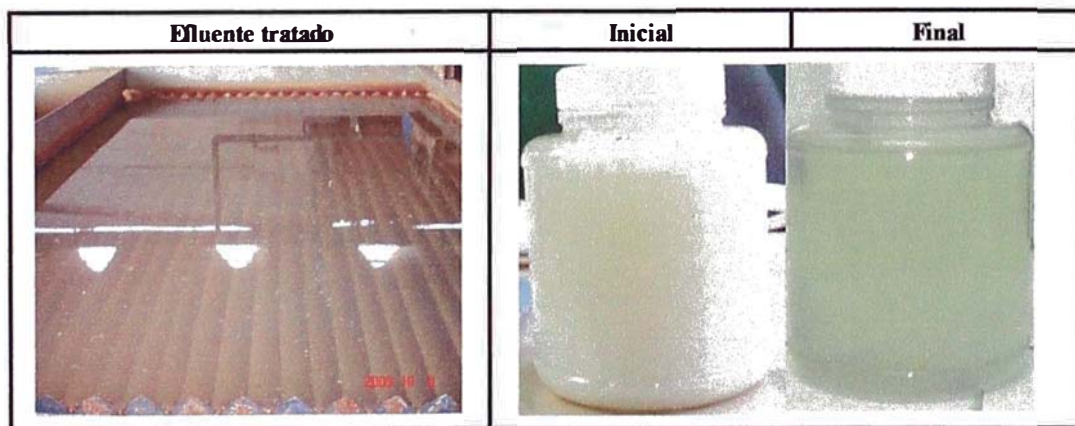


Figura 5.15 Fotos de la evaluación N°2

Evaluación N°3

Tabla 5.6 Condición inicial y final del tratamiento de efluente

Condición	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	% Sólidos
Inicial	8.12	29.1	508.0	0.24
Final	7.49	26.4	88.1	0.03

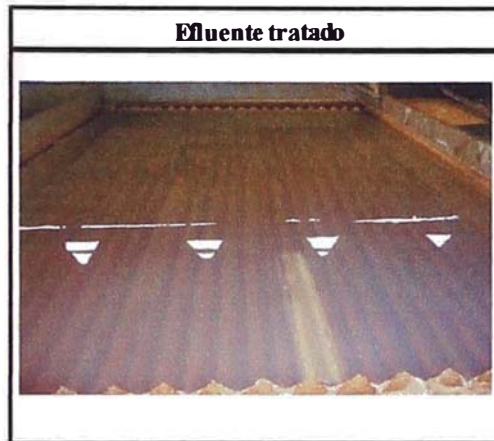


Figura 5.16 Fotos de la evaluación N°3

Evaluación N°7

Tabla 5.7 Condición inicial y final del tratamiento de efluente

Condición	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	% Sólidos
Inicial	8.74	21.2	162.0	0.072
Final	7.52	23.1	40.8	0.028

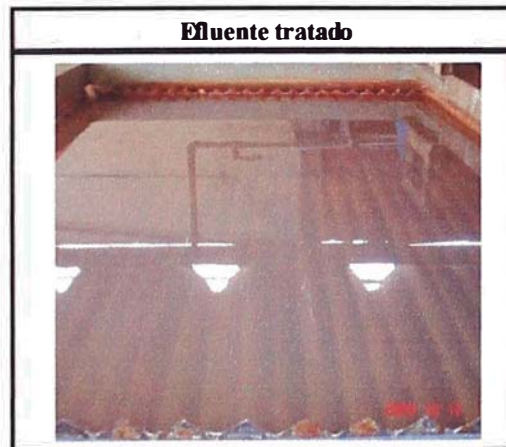


Figura 5.17 Fotos de la evaluación N°7

5.6.2 Gráficos de turbidez en función del tiempo

Se realizó las gráficas de turbidez en función del tiempo a partir de las evaluaciones mostradas en la tabla 5.8.

Tabla 5.8 Datos reportados de turbidez en función del tiempo

Evaluación	1		2		3		4		5		6		7	
Efluente	Basoplast 4118, Acetato de vinilo, Acido acrilico		Vinofan BA610		Vinofan BA610		Vinofan BA610, lavado del filtro Sweco		Vinofan BA610		Acronal 296, Basoplast 4118		Acronal 296	
Reporte de turbidez y tiempo	Tiempo (h)	Turbidez (NTU)	Tiempo (h)	Turbidez (NTU)	Tiempo (h)	Turbidez (NTU)	Tiempo (h)	Turbidez (NTU)	Tiempo (h)	Turbidez (NTU)	Tiempo (h)	Turbidez (NTU)	Tiempo (h)	Turbidez (NTU)
	0.0	1807.0	0.0	2140.0	0.0	508.0	0.0	4000.0	0.0	4000.0	0.0	1319.0	0.0	162.0
	1.0	430.0	1.5	104.0	1.0	142.0	1.0	271.0	1.0	286.0	1.5	188.0	0.5	84.9
	1.5	280.0	2.0	120.0	1.5	137.0	2.5	175.0	2.0	490.0	2.0	178.0	1.0	65.0
	2.0	239.0	3.0	173.0	2.0	99.8	3.0	144.0			2.5	253.0	1.5	57.7
	2.5	126.0	4.0	211.0	2.5	55.5	3.5	337.0			3.0	162.0	2.0	34.8
	3.0	84.2	4.5	250.0	3.0	88.1					3.5	154.0	2.5	30.3
	3.5	57.9	5.0	233.0							4.0	190.0	3.0	23.8
	4.0	44.0	5.5	79.4							4.5	159.0	4.0	38.8
	4.5	37.2	6.0	55.3							5.0	135.0	5.0	40.8
			6.5	54.5							5.5	128.0		
			7.0	51.4							6.0	188.0		
			7.5	29.2							6.5	165.0		
											7.0	149.0		
											7.5	138.0		

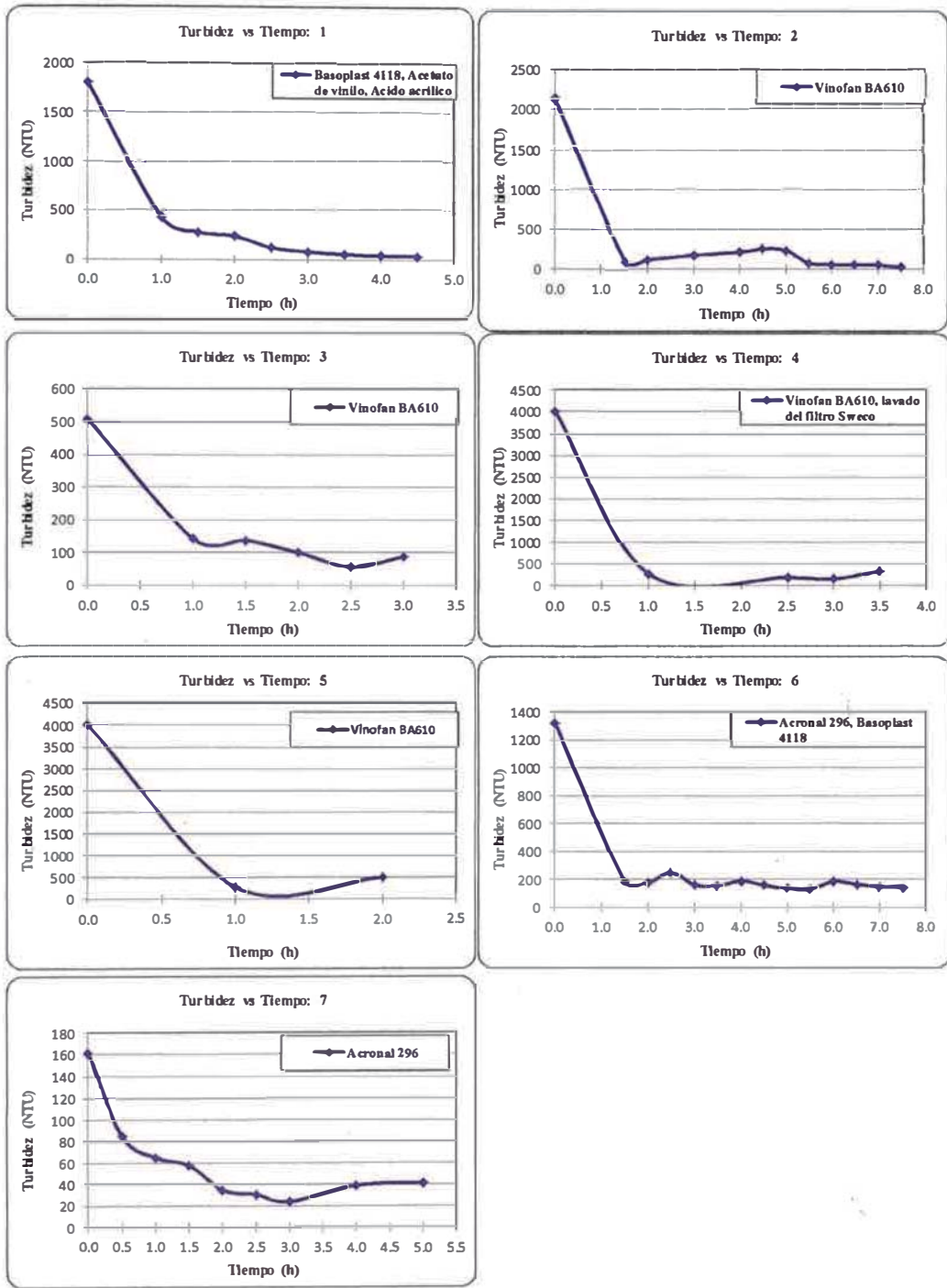


Figura 5.18 Gráficas de turbidez vs tiempo

VI. CONCLUSIONES

- Las evaluaciones realizadas, a nivel laboratorio usando la metodología de test de jarra y el ensayo en probetas, permitieron determinar que el cloruro férrico (coagulante) y sedipur CF 305 (floculante) son los reactivos adecuados para el tratamiento de los diferentes tipos de efluentes industriales generados del lavado de los reactores.
- Con la misma metodología anterior se evaluó el reactivo coagulante (polifloc PAC100) obteniéndose resultados favorables con valores de turbidez iguales y menores que los obtenidos con el cloruro férrico; pero debido al precio y consumo elevado, se decidió utilizar sólo el cloruro férrico en el tratamiento de los efluentes residuales industriales.
- La concentración mínima y máxima a nivel industrial para la dosificación del coagulante cloruro férrico varió entre 80 y 1,500 ppm, esta variación es debido a que se presentan mezclas de diferentes tipos de efluentes provenientes del lavado de los reactores, incluso la concentración puede ser mayor tal como se mostró en las diferentes evaluaciones realizadas a nivel laboratorio

Respecto a la concentración mínima y máxima de floculante sedipur CF 305 varió entre 10 a 20 ppm.

- Actualmente la capacidad de tratamiento de la planta es $30 \text{ m}^3/\text{día}$ ($1.3 \text{ m}^3/\text{h}$), los efluentes generados por producción son $34 \text{ m}^3/\text{día}$, es decir hay un diferencial negativo de $4.0 \text{ m}^3/\text{día}$.

Por criterios de diseño la planta debería tener una capacidad de $42.5 \text{ m}^3/\text{día}$ ($34 \text{ m}^3/\text{día} \times 1.25 = 42.5 \text{ m}^3/\text{día}$, 25% criterio de seguridad).

- Como producción realiza el lavado de todos sus reactores 2 veces al año, generando en promedio $60 \text{ m}^3/\text{día}$, se concluyó en realizar la ampliación de la poza de tratamiento en 75 m^3 ($60 \text{ m}^3/\text{día} \times 1.25 = 75 \text{ m}^3/\text{día}$, 25% criterio de seguridad).

VII. RECOMENDACIONES

- Con la finalidad de continuar aprovechando la planta actual, y en función de los resultados, se recomendó realizar modificaciones a la planta de tratamiento tales como: el cambio de la cadena de arrastre en el clarificador de lámelas; solicitar la compra de bombas peristálticas dosificadoras para aplicar los reactivos cloruro férrico, sedipur CF 305, dosificadores de ácido y soda para la neutralización del efluente antes de llevarse a cabo el proceso de tratamiento.
- De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda modificar la planta de tratamiento según esquema que se muestra en el capítulo 5 - figura 5.11.
- Actualmente el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA que aprueba los valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, incluye el LMP para el parámetro DQO, por lo tanto se recomienda hacer la ampliación del estudio con las nuevas exigencias del Decreto Supremo (Anexo N°2).
- Se recomendó a futuro utilizar la otra alternativa del uso del polifloc PAC 100 como agente coagulante con el fin de evitar con el tiempo la corrosión de cada unidad que conforma el sistema de tratamiento debido al uso del cloruro férrico.
- La poza de homogenización que contiene el efluente a tratar debe estar siempre previamente regulado a pH 7, porque las pruebas en laboratorio demostraron la efectividad de la coagulación, floculación y sedimentación a dicho pH. Por ello se recomendó tener presente el control de pH del efluente antes del tratamiento.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. Arboleda, J.
Teoría y práctica de la purificación del agua, Tercera edición, Tomo 1, Editorial Nomos S.A., 2000, Páginas: 1 - 5, 10 - 13, 21, 25 - 28, 30 - 31, 47 - 48, 50 - 51, 55.

2. Romero, J.
Calidad del agua, 1ra Edición, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2002, Páginas: 233, 235 - 238, 239 - 249.

3. Romero, J.
Acuiquímica, 1ra Edición, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 1996, Páginas: 53, 54, 55, 149, 155 - 156.

4. Ramalho, R.
Tratamiento de aguas residuales, 2da Edición, Editorial Reverte S.A., 1996, Páginas: 92 - 96, 128 - 129.

5. Aguilar, M., Sáez, J., Lloréns, M., Soler, A., Ortuño, J.
Tratamiento físico-químico de aguas residuales, Universidad de Murcia, 1992, Páginas: 78 - 81.

6. Nalco Chemical Company
Manual del agua; su naturaleza, tratamiento y aplicaciones, Tomo I, Editorial Mc Graw Hill, 1989, Páginas: 2 - 4.

IX. ANEXOS

ANEXO N°1

La reglamentación que se utilizó en el informe para hacer las comparaciones de los resultados de los parámetros con los LMP está en base al:

“Reglamento de desagües industriales decreto ley N° 28-60-SAPL”

REGLAMENTO DE DESAGÜES INDUSTRIALES
DECRETO LEY N° 28-60-SAPL
EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA CONSIDERANDO:

Que habiendo comprobado la Superintendencia de Agua Potable de Lima efectos de destrucción en diversos tramos del alcantarillado público de ciudad de Lima y balnearios que se hacían más notorios en los colectores de desagües que sirven a las zonas industriales, se nombró por Resolución Ministerial una Comisión de Ingenieros especialistas de dichas Superintendencia de la Sub- Dirección de Obras Sanitarias del Ministerio de Fomento y Obras Públicas y del Ministerio de Salud Pública, con la finalidad de estudiar el problema y formular una reglamentación al efecto.

Que el estudio realizado por la indicada Comisión señala como causas fundamentales que propenden a la destrucción la acción química, la elevada temperatura y la alta concentración de materia orgánica de los desagües industriales descargados sin ningún control en los colectores públicos desagües industriales, al ingresar al alcantarillado público.

Que la reducción de la vida útil de alcantarillado motiva por el recargo en volumen o en concentración orgánica en las redes, requiere para ser evitada de un programa de inspección permanente y de control y limpieza adecuada, cuyos gastos deben ser cubiertos por las industrias en proporción a las sobrecargas que causen, siendo preciso determinar previo estudio las tasas de retribución equitativas y proceder de inmediato a la ejecución de los análisis de los líquidos evacuados de las fábricas.

DECRETA:

- 1° Apruébase el Estudio de los Desagües Industriales de Lima Metropolitana, formulado por la Comisión de Ingenieros: Don Edmundo V. Aspíllaga Navarro, Don Enrique Bielich V. y Don Alejandro Vines Aráoz.

- 2° Queda terminantemente prohibido descargar en el alcantarillado público residuos que puedan causar el deterioro de sus estructuras u originar obstrucciones, trayendo como consecuencia la elevación del costo normal de operación y mantenimiento.
- 3° Bajo ninguna circunstancia será permitido descargar en las redes públicas de desagüe los siguientes residuos:
- a. Basura o restos de comidas.
 - b. Gasolina o solventes industriales.
 - c. Barros y arenas.
 - d. Alquitranes, materiales bituminosos y viscosos.
 - e. Pegamentos y cementos
 - f. Plumas huesos, trapos e hilachas.
 - g. Trozos de metal, vidrio, madera, cerámica y materiales similares capaces de producir atoros.
 - h. Gases peligrosos para la vida y la salud. i. Productos residuales del petróleo
 - j. Aquellos que pueden ser tóxicos o convertirse en tales al mezclarse con los ácidos naturales del líquido cloacal, cianuros, fenoles arseniatos, etc.
 - k. Aquellos que sean corrosivos o incrustantes o que puedan convertirse en tales al reaccionar con los gases y ácidos naturales de los líquidos Cloacales.
 - l. Aquellos que contengan en elevada concentración sulfatos y sulfitos.
 - m. Aquellos que sean radioactivos en condiciones y concentraciones superiores a los establecidos por los Reglamentos internacionales.
 - n. Aquella que contengan iones de metales pesados.
- 4° No se aceptará en ningún caso el ingreso directo las redes públicas de desagüe de:
- a. Las aguas de lavado de pisos de talleres y fábricas.
 - b. Las aguas sobrantes de la construcción civil. c. Sustancias volátiles.
 - d. Minerales precipitables o solubles.

e. Los residuos de camales, caballerizas, establos y similares.

Al efecto los interesados deberán instalar los dispositivos necesarios para evitar ese ingreso directo, consistente en trampas, retenedor y otros.

5° Todo residuo industrial que ingrese a las redes públicas de desagüe deberá cumplir, sin excepción con las siguientes normas:

a. Temperatura que no sobrepase de los 35° C.

b. Los vapores deberán ser condensados para ingresar al desagüe.

c. Los líquidos grasos que ingresen al colector, deberán tener una concentración menor de 0.1 gr/lt en peso.

d. Las sustancias inflamables que ingresen al desagüe deben tener un punto de ignición superior a los 90° C y concentración inferior a un gr/lt.

e. El pH deberá estar comprendido entre 5 y 8.5. Las industrias que evacúen ácidos o minerales o sustancias fuertemente alcalinas, deberán tener tanques de suficiente capacidad donde sean neutralizados.

f. La D.B.O. (Demanda Bioquímica de Oxígeno), no sobrepasará las 1000 ppm.

g. Los sólidos sedimentables no tendrán concentración mayor a 8.5 ml/ l/h (mililitros /litro /hora).

6° Los industriales deberán tomar las medidas necesarias para cumplir con los requisitos señalados en los Artículos 3°, 4° y 5°, debiendo presentar a la Superintendencia de Agua Potable de Lima, para su aprobación, los diseños a adoptar elaborados para profesional especializado, inscrito en el Registro Oficial de ingenieros del Ministerio de Fomento y Obras Públicas, para lo cual contarán con 120 días de plazo; dentro de los 120 días posteriores a la aprobación del proyecto la obra deberá quedar ejecutada.

7° Los industriales que infrinjan los Artículos 3°,4° y 5° y que al vencimiento de los plazos indicados no hubiere cumplido con ejecutar las obras pagarán

multas de S/. 1,000.00 a 10,000.00 quedando facultada la Superintendencia de Agua Potable de Lima, en caso de incumplimiento para suspender el servicio público de abastecimiento de agua potable y gestionar la clausura de industria renuente.

- 8° La Superintendencia del Agua Potable de Lima, procederá a efectuar los análisis de laboratorio y los estudios de descarga de los desagües de las fábricas de Lima, por cuenta de los industriales, quedando obligados a permitir el ingreso a sus locales al personal autorizado por la Superintendencia del Agua Potable de Lima, para la toma de muestras necesarias.
- 9° En la jurisdicción del Callao, será la Junta de Obras Públicas, la entidad encargada de la aplicación de las disposiciones del presente Decreto, con excepción del sector de influencia del inspector de la Av. Argentina hasta la Cámara de reunión, punto inicial del Emisor General de Desagües del Callao.
- 10° En las ciudades y pueblos de la República, la aplicación del presente Decreto estará a cargo de las Oficinas Departamentales de Obras Sanitarias, de las Administraciones de Servicios de agua potable y desagüe o de los Municipios respectivos, según sea entidad que opere el servicio de desagüe establecido en su jurisdicción.
- 11° Las industria quedan obligadas a instalar una cámara para la inspección, muestreo y verificación de los líquidos que evacuen y a pagar los gastos que los análisis y estudios de sus desagües originen.
- 12° Terminados los estudios a que se refiere el Artículo 8° y dentro de un plazo no mayor de un año, La Superintendencia del Agua Potable de Lima. Formulará la escala del aporte de los establecimientos industriales para la conservación de los colectores públicos de desagüe.

Dado en la Casa de Gobierno en Lima a los 29 días del mes de Noviembre de mil novecientos sesenta.

MANUEL PRADO

Vice Almirante Guillermo Tirado L., Ministro de Marina, Encargado de la Cartera de Fomento y Obras Públicas.

REGLAMENTO DE DESAGUES INDUSTRIALES

SECCIÓN Nº 1

PROLOGO DEL REGLAMENTO

Propósito de la Reglamentación

Los reglamentos sobre desagüe que existen en diferentes países y aún dentro de un mismo país, son muy diversos en su criterio, planteamiento y medios de control, dependiendo de la consideración que ha primado en el seno de la Comisión que lo ha redactado. Hay reglamentaciones que están basadas en una interpretación rígida de normas y en ellos se señala con la mayor amplitud posible y en la forma más concreta, que éste problema plantea, cuáles son límites máximos que puede tener un líquido o residuo industrial para que pueda ser admitido en un colector público.

Generalmente la consideración que guía a estas Comisiones es la de conseguir una calidad de desagüe industrial y doméstico tal, que no sobrecargue indebidamente la operación normal de la planta de tratamiento de desagüe local.

Hay otras pocas reglamentaciones que tiene como supremo objetivo, conseguir que a los colectores sólo ingresen líquidos que por sus condiciones no planteen problemas físicos, químicos o biológicos que aceleren la destrucción de los

materiales de que están formadas las redes de colectores domésticos y sobre todo industriales.

En los primeros, las consideraciones que principalmente guían su planteamiento son las que tiendan a conservar o prolongar hasta donde sea económicamente factible la frescura de los líquidos; las que tiendan a preparar a los líquidos para que no causen problemas en el flujo normal. Las que tienden a preparar los líquidos para que no constituyan problemas en el manejo o acorten los periodos de retención en los tanques de sedimentación y en los digestores de la planta de tratamiento. Las que tiendan a impedir que los líquidos estén sobrecargados de productos tóxicos que alteren las condiciones biológicas normal de los desagües. Las que tiendan a controlar el volumen de descarga, etc.

Para lograr satisfacer la primera exigencia, generalmente limitan la cantidad total de oxígeno que requieren los líquidos para su estabilización y esto lo hacen limitando la Demanda Bioquímica de Oxígeno admisible en los líquidos que pretenden ingresar a la red, obligando a pre tratar los desagües industriales para reducir dicha demanda al límite tolerado o exigiendo en compensación una tarifa progresiva sobre la diferencia en DBO que exista en promedio entre D.B.O. real de los líquidos industriales y la señalada en el reglamento, para hacer la acotación más justa, derivan fórmulas que tratan de generalizar en forma racional este aspecto.

Para lograr no alterar el flujo normal de los desagües reglamentan las normas limitativas en lo que se refiere a sólidos, rápida y medianamente sedimentables, grasas y aceites. Para cumplir con el tercer aspecto, limitan la concentración de productos y elementos venenosos que puedan ingresar al desagüe, así como aquellos que no puedan ingresar, no importa cuan pequeña sea su concentración.

En general, parece que cuanto más limitados son los medios de que dispone la autoridad para realizar investigaciones y determinaciones analíticas, más concreta

es la reglamentación a fin de facilitar la tarea, cuanto más medios tiene la autoridad, técnicos económicos, más general es la reglamentación.

En nuestro caso después de haber comparado las reglamentaciones de una serie de países, algunos de ellos de nuestra propia idiosincracia, creemos que la Reglamentación debe carecer de términos vagos e indeterminados tanto como sea posible. Pues el pensamiento es el de entregar a la autoridad un incremento que sea justo y equitativo. Entendemos que nuestra Reglamentación: debe estar guiada por sobre todas las cosas a defender nuestras redes de colectores y nuestros cuerpos de agua receptores, ya que no tenemos actualmente, plantas de tratamiento, sin embargo no debemos dejar de lado la posibilidad de que en un futuro ciertas zonas de la ciudad por sus condiciones especiales tengan que drenar sus desagües a plantas de tratamiento.

Al revisar las normas de protección de las tuberías e instalaciones y los medios de control que existen, hemos notado que una gran parte de los problemas de corrosión se presentan cuando las tuberías no funcionan adecuadamente conservadas por que en casos se han depositado Iodos, o causado obturaciones, cuando las capacidades de la red secundaria han sido sobrecargadas, las emisiones gaseosas se producen como consecuencia de la súbita liberación de la presión a que están sometidas y esto sucede en nuestro caso cuando las redes secundarias vacían sus descargas en las primarias.

El anteproyecto del reglamento que hemos elaborado se basa en el principio de que para controlar los intereses públicos en materia de desagües, es menester establecer una reglamentación que sea lo suficientemente concreta como para ser interpretada fielmente, que esta reglamentación sea llevada adelante por una Autoridad con capacidad técnica y amplio respaldo legal, que la industria que en gran parte es la causante de los problemas investigados, acepte su responsabilidad sobre la base de que es su derecho lanzar sus residuos industriales, pero con ciertas limitaciones en lo que refiere a la cantidad y calidad de los residuos y que

es deber de todo aquel que utiliza un servicio público en forma más amplia, que el promedio de los usuarios, pagar la parte proporcional de ese exceso en forma justa y ordenada a fin de contribuir honestamente a mantener un servicio, que es esencial no sólo para la salud pública en general, sino también para la industria en particular.

La idea básica que ha animado a la Comisión al prepararlo ha sido de conseguir que la autoridad que se encargue de aplicarlo, funciones amparado no sólo por el respaldo legal de un articulado claro y preciso, sino además por acción permanente de un Comité, conformado por técnicos estatales y representantes de la Industria que orientará y resolverá los problemas que surjan al aplicársele, dentro de los límites de la reglamentación.

SECCIÓN N° 2

Definición de Términos

En toda Reglamentación que pretende ser objetiva y práctica, es menester en primer lugar, definirle lo más claramente posible los términos, sobre todo técnico, que en ella se usan. Por lo tanto, en el presente Reglamento se entenderá por:

Artículo 201°.- Autoridad: La organización técnica del Estado a la que al promulgarse el presente Reglamento, se le encomienda su aplicación.

Artículo 202°.- Alcalinidad: La alcalinidad quiere decir el contenido de carbonato, bicarbonatos, hidróxidos y ocasionalmente boratos, silicatos y fosfatos, se expresa en ppm en carbonato de calcio.

Artículo 203°.- Acidez: La acidez representa la cantidad de ácidos minerales y orgánicos y sales ácidas que se hidrolizan para producir hidrogeniones.

Artículo 204°.- Comité: La comisión permanente que conformada por tres delegados representantes de los Ministerios de Fomentó (Subdirección de obras Sanitarias), Servicio de Agua Potable de Lima (Sección Técnica de Alcantarillados), Salud Pública (División de Ingeniería Sanitaria) y dos representantes de la Sociedad Nacional de Industrias, se nominará con el fin de resolver dentro de los límites y espíritu del presente Reglamento, los problemas que se plantean entre la Autoridad y la Industria.

Artículo 205°.- Carga Orgánica (C.O): Para los fines de este Reglamento, se entenderá por tal, la cantidad de materia orgánica que en promedio descarga una persona por día, expresado en mg/l se aceptará que es en nuestro medio 62,500.

Artículo 206°.- Colector Doméstico: Significa la tubería o alcantarilla construida para evacuar los líquidos domésticos.

Artículo 207°.- Colector Industrial: Significa la tubería o alcantarilla construida para evacuar los residuos industriales.

Artículo 208°.- Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO): La cantidad de oxígeno expresado en partes por millón por peso, utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica, en condiciones standard de laboratorio, durante 5 días, a 20° C. de acuerdo con los procedimientos indicados en los Métodos Standard Norteamericanos.

Artículo 209°.- Industrial: Por este término se entenderá a cualquier firma, empresa, agencia, compañía, etc. que esta conectada a la red pública de desagüe.

Artículo 210°.- Muestra Compuesta: Se entenderá por tal, aquella que está formada por los diferentes tipos de residuos que lanza la industria.

Artículo 211°.- Muestra Simple: Aquella que se tome de una sola y por lo tanto, solo representa las características en un momento dado.

Artículo 212°, - Población Equivalente (P.E): Se usará este término como parámetro de medida de la concentración de materia orgánica que contiene un volumen determinado de residuos que lanza la industriales.

Artículo 213°.- pH. : Se entenderá por tal, algoritmo de base 10 de la recíproca de la concentración de iones de hidrógenos expresado en moles por litros.

Artículo 214°.- Residuo Industrial: Se entiende por tal, la descarga de cualquier substancia sea gaseosa, líquida o sólida que sea lanzada al desagüe público o el que esté bajo la administración pública. Por la Industria, el Comercio o en general cualquier establecimiento y que resulte como consecuencia de un proceso de desarrollo o manufactura de cualquier naturaleza.

Artículo 215°.- Red Pública: Por éste término se entenderá al conjunto de tuberías primarias y secundarias, incluyendo las plantas de bombeo, interceptores y emisores que tiene por finalidad, recoger, conducir y lanzar los líquidos o residuos industriales.

Artículo 216°.- Sobre Tasa: Significa el gravamen adicional que pagará cualquier industria en general, cuando sus residuos pasen la concentración normal establecida.

Artículo 217°.- Sólidos Sedimentables: Son aquellos sólidos que pueden ser removidos, de un residuo líquido industrial, en un tiempo determinado, por la sola acción de fuerza de la gravedad.

Artículo 218°.- Sólidos Suspendidos: Son aquellos que sólo pueden ser removidos de un residuo líquido Industrial, por la acción de filtración o centrifugación, en el laboratorio.

Artículo 219°.- Tarifa: Significa el gravamen que paga la industria en general, por derecho de descarga de sus residuos industriales en los colectores públicos o administrados por entidades públicas.

SECCIÓN N° 3

Límites Normales de los Desagües industriales

Para establecer una Reglamentación es menester comenzar por fijar cuáles son los límites normales de ciertas características básicas de los desagües en general y de los industriales en particular. Las investigaciones realizadas por el Comité, le permiten señalar como valores cercanos a nuestra realidad, los siguientes:

Artículo 301°.- Para los fines de esta Reglamentación, se aceptará como DBO normal en los colectores domésticos: 250 ppm.

Artículo 302°.- Para los fines de esta Reglamentación, se aceptará como promedio normal del volumen de desagüe, la cantidad de 250 lt de capacidad / día.

Artículo 303°.- Para los fines de esta Reglamentación, se calculará la P.E. mediante la siguiente fórmula:

$$P.E. = \frac{\text{Volumen de desg. en lt/día} \times \text{DBO en mg/lt}}{62,500}$$

Artículo 304°.- Para los fines de esta Reglamentación, se aceptará como normal el líquido cloacal que no deposite más de 8.5 ml/lit/H. (mililitros / litro / hora) de sólidos sedimentables.

SECCIÓN N° 4

Normas para Establecer las Sobrecargas

En todo conglomerado, la comunidad tiene derecho a estar conectada y usar la red pública de desagüe. Es más este derecho es obligatorio. Pero nadie en la comunidad tiene derecho a sobrecargar en volumen o carga orgánica de la red pública de desagüe, pues existe una limitación natural y lógica a ese derecho que éste Reglamento fija y determina.

Artículo 401.- Para establecer el volumen de descarga de los Residuos Industriales por día, se adoptará uno de los dos procedimientos siguientes, según las posibilidades locales y a juicio de la Autoridad.

- a. La verificación real del caudal evacuado mediante procedimientos hidráulicos.
- b. Estimando como desagüe el 90% del agua de consumo, que resulte como promedio aritmético durante un lapso de 7 días en las condiciones de observación y frecuencia que fije la Autoridad.

Artículo 402°.- Para que la Autoridad pueda verificar el gasto y demás características del flujo de los Residuos Industriales, podrá exigir de la industria que como complemento de sus instalaciones de desagüe, construya una cámara de inspección, muestreo y verificación de gasto, la que estará construida en la forma y modo y con las características que fijará la Autoridad.

Artículo 403°.- Ninguna industria puede lanzar a la red pública, sin pagar la tasa, un volumen de residuos industriales que supere la dotación de descarga de una

Población Equivalente P.E. de 2,000 personas, considerándose dotación de descarga por personas en 250 lt./cap./día.

Artículo 404°.- Ninguna industria podrá lanzar el colector industrial en un momento dado, un caudal que supere en 300% el gasto promedio que resulte al aplicarle los procedimientos especificados en el Artículo 401. En caso de que las operaciones industriales así la obligarán, la Autoridad dispondrá que se instalen cámaras reguladoras del gasto de características apropiadas.

Artículo 405.- En determinados casos y a juicio de las Autoridades podrá disponer que la industria descargue sus residuos sólo durante la noche, obligándose a instalar tanques de almacenamiento de los residuos industriales de características apropiadas.

Artículo 406°.- Para la determinación de las características de los Residuos industriales, se seguirá el siguiente procedimiento:

a. Industria recién instalada: a los 60 días de funcionamiento la Autoridad procede a tomar una muestra compuesta de los residuos con la frecuencia mensual por un lapso de seis meses. Se aceptará como característica los valores que resulten de promediar aritméticamente la DBO, sólidos sedimentables, pH, etc.

b. En las industrias ya establecidas: Se seguirán las mismas pautas señaladas en el acápite a), con la diferencia de que en estos casos no existirá plazo previo para iniciar la investigación.

c. Los gastos que demanden los análisis correspondientes serán cobrados por la Autoridad de acuerdo a la tarifa que se fije.

Artículo 407°.- La Autoridad de acuerdo con sus posibilidades, mantendrá un sistema periódico de muestras a fin de mantener actualmente las tarifas de sobretasa.

Artículo 408°.- La industria que por haber modificado su sistema de eliminación de residuos considere que ha disminuido apreciablemente el volumen o la concentración de materia orgánica que descarga o ambas, tendrá derecho a solicitar de la Autoridad que se realice una nueva investigación de sus residuos y en este caso la Autoridad dispondrá los detalles, el número y la frecuencia de los muestreos correspondientes. Los gastos que originen estas investigaciones, correrán por cuenta del industrial.

SECCIÓN N° 5

Límites Máximos de los

Residuos Industriales Admisibles en las Redes

Artículo 501°.- Ninguna industria podrá lanzar al colector industrial en forma directa, residuos cuya temperatura esté por encima de los 35° C, ni sobrantes de vapor. Los vapores deberán ser condensados para ingresar al desagüe.

Artículo 502°.- Ninguna sustancia grasa que ingrese al colector, deberá tener una concentración mayor de 0.1 gr /lt en peso.

Artículo 503°.- Ninguna sustancia inflamable que ingrese al desagüe podrá tener un punto de ignición que esté por debajo de los 90° C, y no podrá estar en concentración mayor de 1 gr/lt.

Artículo 504°.- No se permitirá el ingreso de residuos a los desagües públicos cuyo pH esté por debajo de 5 ó por encima de 8.5. Las industrias que trabajan con ácidos minerales o sustancias fuertemente alcalinas, deberán obligatoriamente tener tanques de suficiente capacidad y en número adecuado, a juicio de la

autoridad, donde serán neutralizados, mediante la mezcla de residuos ácidos y alcalinos o diluidos, hasta alcanzar los límites de pH establecido. La autoridad podrá solicitar a la industria que presente un estudio completo de la solución, el que deberá ser ejecutado por un profesional, especializado y se deberán introducir en él todos los dispositivos que la autoridad juzgue necesarios para la mayor eficiencia del sistema, fijándose un plazo para la ejecución de la obra.

Artículo 505°.- Queda prohibido el ingreso a la red pública, de residuos que tengan más de 1,000 ppm, de DBO bajo ninguna circunstancia los residuos industriales que con tratamiento o sin él, alcancen esa concentración de DBO, podrán ingresar a los colectores públicos o que estén bajo la administración pública.

Artículo 506°.- Queda prohibido el ingreso a las redes públicas de líquidos que depositen sedimentos en una concentración de más de 8.5 ml/L.H. (mililitros / litros / hora).

SECCIÓN N°6

Residuos Industriales no Admisibles en las Redes

Artículos 601°.- Queda prohibido el ingreso directo a las redes de desagüe de:

- a. Las aguas de lavado de pisos de talleres y fábricas.
- b. Las aguas sobrantes de la construcción civil.

La autoridad determinará los tipos de trampas y dispositivos que se emplearán en cada caso.

Artículo 602°.- Queda prohibido el ingreso de basuras o restos de comida.

Artículo 603°.- Queda prohibido el ingreso de los siguientes residuos:

- a. Gasolina y solventes industriales.

- b. Barros y arenas.
- c. Alquitranes, materiales bituminosos y viscosos.
- d. Pegamentos y cementos.
- e. Plumas, huesos, trapos é hilazas.
- f. Trozos de metal, vidrio, madera, cerámica y materiales similares capaces de atorar.
- g. Gases malolientes o peligrosos para la vida y la salud.
- h. Productos residuales del Petróleo.

Artículo 604°.- Queda prohibido descargar a las redes de desagüe, ni aceites Volátil, ni minerales o insolubles en forma directa, ellos deben pasar por trampas, retenedoras o dispositivos que los extraigan en la forma más completa que sea factible y en todo caso no podrán superar el límite establecido en el artículo 502.

Artículo 605°.- Queda prohibido el ingreso de residuos que puedan ser tóxicos convertirse en tales o mezclarse con los ácidos naturales del desagüe; cianuros, fenoles, arseniatos, etc.

Artículo 606°.- No se aceptará el ingreso al desagüe, de residuos corrosivos, incrustaciones o que puedan convertirse en tales al reaccionar con los gases y ácido naturales de los líquidos cloacales.

Artículo 607°.- No se aceptará el ingreso al desagüe, de residuos que contenga elevada concentración, sulfuros, sulfitos y sulfatos.

Artículo 608°.- Queda prohibido el lanzamiento de materiales radioactivos en condiciones y concentraciones superiores a los establecidos en los Reglamentos Internacionales en la Materia.

Artículo 609°.- Queda prohibido el ingreso, en forma directa a la red pública de residuos de camales, caballerizas, establos y similares. La autoridad podrá exigir a los propietarios, que dentro de un plazo acordado, proceden a instalar los

dispositivos necesarios, siendo requisito previo a su instalación la aprobación de la autoridad.

Artículo 610°.- Queda prohibido el ingreso a la red, pública de iones metales pesados.

SECCIÓN N° 7

Disposiciones Generales

Artículo 701°.- No se permitirá por razones sanitarias, la descarga directa en los cuerpos de agua, de los desagües y residuos industriales. Sólo será permitida la descarga directa de las aguas de refrigeración o los sobrantes condensados del vapor.

Artículo 702°.- Todo desagüe o residuo industrial, para ser admitido en los cuerpos naturales de agua, deberá ser pre tratado en la forma y modo y hasta el grado que se disponga por la autoridad de acuerdo con las normas correspondientes de Salud Pública.

Artículo 703°.- No se permitirá la construcción por la industria, de tanques sépticos, pozos negros, letrinas o cualquier otro sistema de disposición peligrosa o inconveniente en las zonas urbanas, donde existan redes públicas de desagüe y sea posible técnicamente conectarse a ellas.

Artículo 704, - El sistema de colectores de desagüe y las estructuras de tratamiento y disposición final, deberán ser usados de una manera razonable de acuerdo a la capacidad y objeto para los que fueron diseñados.

Artículo 705°.- En general no será permitido el ingreso de residuos al desagüe, cuando traiga como consecuencia el deterioro de sus estructuras, la interferencia

de su operación o funcionamiento una exagerada elevación en los costos de atención y mantenimiento.

Artículo 706°,- Queda prohibido interrumpir, usando medios artificiales, el flujo de los desagües que discurren en las cloacas, con el propósito de modificar, aunque fuese temporalmente, su curso natural o su "tirante" normal de régimen estable.

Artículo 707°,- Queda prohibido, de acuerdo a lo dispuesto en el artículo precedente, el uso de líquidos residuales para emplearlos en preparación de materiales (mezclas, morteros, etc.) para trabajos de la industria de la construcción civil, en general.

Artículo 708°,- Las Municipalidades no darán "Licencia de Construcción" sin previa presentación de los documentos que comprueben que el interesado ha cumplido con solicitar de la Superintendencia del Agua Potable de Lima la "contrata" de un servicio de agua potable. En caso que el terreno ya tuviera anteriormente este servicio, el interesado lo acreditará con el recibo de pago de la pensión de agua respectiva.

Artículo 709°.- Durante el período de trabajo de una construcción civil, y para proteger el alcantarillado de recibir residuos industriales pesados que por descuido pasan a las redes públicas, es obligación de los encargados de las obras C.C., tomar las disposiciones que la autoridad le indique.

SECCIÓN N° 8

Plazos y Sobre Tasas

Es un hecho comprobado que una red sobrecargada en volumen o concentración de materias orgánicas o ambas, tiene una vida útil menor que la prevista. Para evitarlo, la Autoridad Técnica de Alcantarillados, tiene que mantener un programa

de inspección y limpieza adecuados, y esto presupone un presupuesto. Es lógico que los fondos para ello, tiene que venir en mayor proporción de aquellas industrias que más sobrecargan las redes. y nadie debe ser gravado cuando produce el equivalente a los que cualquier centro cívico o institución descarga a la red. Este Reglamento fija ese límite en la cifra de 2,000 personas determinadas en la forma que está prevista en el Artículo 307.

Artículo 801°.- Las industrias que a la promulgación de la presente reglamentación, estén debidamente establecidas y en funcionamiento, tendrán un plazo improrrogable de seis meses a partir de la fecha en que la autoridad las notifique para normalizar sus residuos industriales ajustándolos a las cifras máximas establecidas.

Artículos 802°.- Las industrias que funcionen después de promulgada la presente Reglamentación, sólo gozarán de un plazo improrrogable de tres meses a partir de la fecha en que se haya terminado los estudios de las características de los Residuos Industriales de acuerdo con lo previsto en el artículo 406, inciso "a".

Artículo 803°.- Cuando la normalización de los residuos requiera, operaciones complejas y dispositivos de control cuya construcción demanda mayor tiempo, la industria podrá presentar una solicitud especial, explicando detalladamente las razones técnicas que obligan un mayor plazo y la autoridad con el voto aprobatorio del Comité, podrá concederlo.

Artículo 804°.- Las industrias que descarguen al Servicio Público de desagües, Residuos Industriales, cuyo volumen y concentración combinados, representen una población de 2,000 o más personas, medidas como P.E. (Población Equivalente), determinada de acuerdo con el artículo 403° de la presente Reglamentación, pagarán una sobre tasa de S/. 40.00 por cada 2,000 personas o fracción adicionales, gravándose por éste concepto sólo hasta alcanzar una P.E. de 100,000 personas.

Artículo 805°.- La autoridad podrá en el futuro, determinar cual deberá ser el gravamen por sobrecarga, previo estudio justificativo. Este sólo entrará en vigor cuando haya sido favorablemente votado en dos sesiones de comité, celebradas con un intervalo no menor de 15 días entre ambas sesiones y será materia de una Resolución Suprema expedida por el Ramo de Fomento.

SECCION N° 9

Penas y Sanciones

Artículo 901°.- Las industrias que al vencimiento del plazo de notificación no hubieran cumplido con ejecutar las obras, y rebasen los límites máximos fijados para la calidad de los residuos o incumplan en alguna forma, las disposiciones del presente Reglamento, pagarán una multa, cuyo costo puede variar entre un mínimo de S/ 500.00 o máximo de S/. 10,000.00 sin perjuicio de cumplir dentro de un plazo acordado por la autoridad.

Artículo 902°.- Las industrias que al vencimiento del segundo plazo, no hubieran cumplido, gozarán de 30 días de gracia, adicional.

Artículo 903°.- Si vencidos los 30 días adicionales, la autoridad constata de que la industria no ha cumplido, queda facultada la autoridad para suspender indefinidamente el servicio público de abastecimiento de agua potable.

Artículo 904°.- Si como consecuencia del incumplimiento de las notificaciones, se derivara un peligro para la salud pública, se amenazarán los cuerpos naturales de agua y los canales de riego y se atentará contra la integridad física de los colectores públicos, la autoridad podrá decretar, con el voto aprobatorio del comité, la clausura de la industria, la que para convertirse en definitiva deberá revestir la forma de Resolución Ministerial, expedida por el Ministerio de Salud Pública o por el Ministerio de Fomento, según los casos.

ANEXO N° 2

Reglamento vigente: Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA que aprueban los Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el Sistema de Alcantarillado Sanitario.

DESCRIPCIÓN	AREA (M2)
Área Acuática	284,552.02
Área de Franja Ribereña	10,000.00
TOTAL	294,552.02

De conformidad con lo dispuesto en la Ley No. 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; la Ley No. 29370, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones; el Decreto Supremo No. 021-2007-MTC, la Ley No. 27943, Ley del Sistema Portuario Nacional; el Decreto Legislativo No. 1022, el Decreto Supremo No. 003-2004-MTC, el Decreto Supremo No. 041-2007-MTC, el Decreto Supremo No. 027-2008-MTC, el Decreto Supremo No. 016-2005-MTC, la Resolución Ministerial No. 061-2008-MTC/01 y el numeral 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; y,
Estando a lo acordado;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- Otorgamiento de la Autorización definitiva de Uso de Área Acuática y Franja Ribereña
Otorgar a la empresa NAVIERA PETRAL S.A., una autorización definitiva de uso de área acuática y franja ribereña ubicada en la Bahía de San Nicolás, distrito de Marcona, provincia de Nazca, departamento de Ica, según las siguientes coordenadas DATUM WGS 84:

AREA ACUÁTICA DATUM WGS 84 (Zona 18)

VERTICE	COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRAFICAS	
	NORTE	ESTE	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE
A	8 319 953.772	472 789.373	15° 11' 46.440"	75° 15' 12.011"
B	8 320 248.638	472 519.088	15° 11' 36.833"	75° 15' 21.058"
C	8 320 586.492	472 887.673	15° 11' 25.850"	75° 15' 08.692"
D	8 320 439.059	473 022.816	15° 11' 30.654"	75° 15' 04.166"
E	8 320 724.967	473 334.729	15° 11' 21.360"	75° 14' 53.703"
F	8 320 685.428	473 370.972	15° 11' 22.648"	75° 14' 52.490"
G	8 320 633.547	473 425.338	15° 11' 24.339"	75° 14' 50.670"
H	8 320 580.234	473 451.566	15° 11' 25.749"	75° 14' 49.792"
I	8 320 571.629	473 451.241	15° 11' 28.365"	75° 14' 49.804"
J	8 320 571.331	473 463.105	15° 11' 28.365"	75° 14' 49.406"

FRANJA RIBEREÑA DATUM WGS 84 (Zona 18)

VERTICE	COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRAFICAS	
	NORTE	ESTE	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE
J	8 320 571.331	473 463.105	15° 11' 28.365"	75° 14' 49.406"
I	8 320 571.629	473 451.241	15° 11' 28.355"	75° 14' 49.804"
H	8 320 580.234	473 451.566	15° 11' 25.749"	75° 14' 49.792"
G	8 320 633.547	473 425.338	15° 11' 24.339"	75° 14' 50.670"
F	8 320 685.428	473 370.972	15° 11' 22.648"	75° 14' 52.490"
E	8 320 724.967	473 334.729	15° 11' 21.360"	75° 14' 53.703"
K	8 320 758.752	473 371.588	15° 11' 20.262"	75° 14' 52.466"
L	8 320 719.213	473 407.83	15° 11' 21.550"	75° 14' 51.253"
M	8 320 687.333	473 462.196	15° 11' 23.240"	75° 14' 49.433"
N	8 320 624.020	473 488.424	15° 11' 24.651"	75° 14' 48.656"
O	8 320 605.415	473 488.100	15° 11' 25.257"	75° 14' 48.567"
P	8 320 605.118	473 499.963	15° 11' 25.267"	75° 14' 48.120"

DESCRIPCIÓN	AREA (M2)
Área Acuática	284,552.02
Área de Franja Ribereña	10,000.00
TOTAL	294,552.02

Artículo 2.- Plazo

La autorización definitiva de uso de área acuática y franja ribereña otorgada a favor de la empresa NAVIERA PETRAL S.A. tendrá un plazo de veintidós (22) años, conforme a lo señalado en el Informe Técnico No. 013-2011-APN/DT de fecha 21 de febrero de 2011, emitido por la Dirección Técnica de la Autoridad Portuaria Nacional.

Artículo 3.- Obligaciones de la titular

La empresa NAVIERA PETRAL S.A., deberá pagar a la Autoridad Portuaria Nacional el derecho de vigencia anual por el uso de área acuática y franja ribereña, de conformidad con el artículo 30 del Reglamento de la Ley del Sistema Portuario Nacional, aprobado por el Decreto Supremo No. 003-2004-MTC, modificado por los Decretos Supremos No. 041-2007-MTC y No. 027-2008-MTC,

así como cumplir con la legislación nacional vigente, regulaciones internacionales y demás disposiciones que establezca la Autoridad Portuaria Nacional y autoridades competentes para la protección del medio ambiente en el área acuática y/o terrenos ribereños cuya autorización definitiva de uso ha sido aprobada mediante la presente Resolución.

Artículo 4.- Autorizaciones administrativas

El derecho de uso de área acuática y franja ribereña se aprueba sin perjuicio de las autorizaciones que deba obtener la empresa NAVIERA PETRAL S.A., por parte de otros organismos públicos de acuerdo con las actividades a realizar y de conformidad con las disposiciones legales y reglamentarias vigentes.

Artículo 5.- Refrendo

La presente Resolución Suprema será refrendada por el Ministro de Transportes y Comunicaciones.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

ENRIQUE CORNEJO RAMÍREZ
Ministro de Transportes y Comunicaciones

643478-14

VIVIENDA

Reglamento del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, que aprueba los Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el Sistema de Alcantarillado Sanitario

DECRETO SUPREMO N° 003-2011-VIVIENDA

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 2 de la Ley N° 27792, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, establece que es competencia del Ministerio, formular, aprobar, ejecutar y supervisar las políticas de alcance nacional aplicables en materia de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento, correspondiéndole por tanto dictar normas de alcance nacional y supervisar su cumplimiento;

Que, mediante Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, se aprobaron los Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos y asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales;

Que, la Primera Disposición Complementaria Final del citado Decreto Supremo, dispuso que dicha norma entrará en vigencia conjuntamente con la aprobación de su Reglamento, el cual será elaborado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en un plazo máximo de trescientos sesenta y cinco (365) días calendario; plazo que posteriormente fue ampliado en ciento ochenta (180) días calendario adicionales, por Decreto Supremo N° 014-2010-VIVIENDA;

Que, en ese sentido resulta necesario aprobar el Reglamento del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, a fin de establecer los procedimientos para controlar las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario;

De conformidad con lo dispuesto por el numeral 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, por el numeral 3) del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo, la Ley N° 27792, Ley de

Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2002-VIVIENDA;

DECRETA:

Artículo 1.- Aprobación

Aprobar el Reglamento del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, el cual consta de seis (06) títulos, treinta y tres (33) artículos, cinco (05) disposiciones complementarias finales, una (01) disposición complementaria transitoria y dos (02) anexos, que forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2.- Publicación

Disponer la publicación del presente Decreto Supremo, del Reglamento y sus anexos a que se refiere el artículo 1 de la presente norma, en el Portal Electrónico del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (www.vivienda.gob.pe), el mismo día de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Artículo 3.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintinueve días del mes de mayo del año dos mil once.

ALAN GARCÍA PÉREZ
 Presidente Constitucional de la República

JUAN SARMIENTO SOTO
 Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

REGLAMENTO DEL DECRETO SUPREMO N° 021-2009-VIVIENDA QUE APRUEBA LOS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

TÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- Del objeto

El presente Reglamento tiene por objeto regular los procedimientos para controlar las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, de acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

Artículo 2.- Del ámbito de aplicación

El presente Reglamento es de obligatorio cumplimiento para los usuarios no domésticos que efectúan descargas de aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario bajo el ámbito de las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento o las entidades que hagan sus veces en el ámbito nacional.

Artículo 3.- De la mención a referencias

Cualquier mención en el presente Reglamento a:

- "Ley General" se entenderá que está referida a la "Ley General de Servicios de Saneamiento".
- "T.U.O. del Reglamento" se entenderá que está referida al "Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 023-2005-VIVIENDA".
- "Reglamento" se entenderá que está referida al presente Reglamento.
- "VMA" se entenderá que está referida a "Valores Máximos Admisibles".
- "CIU" se entenderá que está referida a "Clasificación Internacional Industrial Uniforme".
- "MVCS" se entenderá que está referida al "Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento".
- "SUNASS" se entenderá que está referida a la "Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento".
- "INDECOPI" se entenderá que está referida al "Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual".

- "EPS" se entenderá que está referida a la "Entidad Prestadora de Servicios".
- "PES" se entenderá que está referida a la "Pequeña Empresa de Saneamiento".

Artículo 4.- De las definiciones

Para efectos del presente Reglamento se entiende por:

1) Aceites y grasas: Son sustancias insolubles en agua y en líquidos menos densas que ella y solubles con disolventes orgánicos tales como nafta, éter, benceno y cloroformo, permaneciendo en la superficie de las aguas residuales dando lugar a la aparición de natas y/o espumas.

2) Agua residual no doméstica: Descarga de líquidos producidos por alguna actividad económica comercial e industrial, distintos a los generados como producto de la preparación de alimentos, del aseo personal y de desechos fisiológicos.

3) Caso fortuito: Situación que consiste en un evento extraordinario, imprevisible e irresistible, resultado de las acciones de terceros que afectan el normal desarrollo del servicio de saneamiento.

4) Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIU): Es la clasificación internacional de referencia de las actividades económicas productivas, para facilitar un conjunto de categorías de actividad que pueda utilizarse para la elaboración de estadísticas por actividades.

5) Contramuestra: Es una muestra adicional que se toma en la misma oportunidad, bajo los mismos criterios que la muestra a ser analizada.

6) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicas (generalmente 5 días y a 20°C).

7) Demanda Química de Oxígeno (DQO): Es la medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidante sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio.

8) Entidad Prestadora de Servicios: La EPS pública, municipal, privada o mixta, constituida con el exclusivo propósito de brindar servicios de saneamiento en el ámbito urbano.

9) Pequeña Empresa de Saneamiento: Las PES municipal, privada o mixta, constituida con el exclusivo propósito de brindar servicios de saneamiento en el ámbito urbano.

10) Entidad que haga sus veces: La Pequeña Empresa de Saneamiento, el Operador Especializado, la Organización Comunal o la Unidad de Gestión.

11) Fuerza mayor: Situación consistente en un evento extraordinario, imprevisible e irresistible, debido a hechos de la naturaleza.

12) Laboratorio acreditado: Es el laboratorio que ha obtenido el Certificado de Acreditación otorgado por el INDECOPI, para realizar análisis y toma de muestras relacionadas a los VMA aprobados por el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

13) Muestra compuesta: Es la combinación de alcuotas de muestras individuales (normalmente en 24 horas) cuyo volumen parcial se determina en proporción al caudal del agua residual al momento de cada muestreo.

14) Muestra de parte: Muestra realizada, por cuenta y riesgo del Usuario No Doméstico, sin previo requerimiento, de forma voluntaria y bajo los procedimientos, criterios y disposiciones establecidos por el organismo competente.

15) Muestra dirimente: Muestra que se toma en la misma oportunidad que la muestra original a ser analizada y que la contramuestra, bajo los mismos criterios, para analizar y/o compararla en el caso que existan eventuales reclamos sobre la validez de los resultados de la muestra, de acuerdo a lo dispuesto en el procedimiento de resolución de quejas establecido por el INDECOPI.

16) Muestra inopinada: Muestra que será tomada por un laboratorio acreditado ante el INDECOPI, a solicitud de la EPS o la entidad que haga sus veces y en presencia de un representante de ésta, sin previo aviso al Usuario No Doméstico.

17) Muestra puntual: Muestra tomada al azar en una hora determinada. Su uso es obligatorio para el examen de un parámetro que normalmente no puede preservarse.

18) Pago adicional por exceso de concentración:

Es el pago que deberá ser empleado por las EPS o las entidades que hagan sus veces, que será aplicado a los Usuarios No Domésticos cuando superen los VMA establecidos en el Anexo N° 1 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, en base a la metodología aprobada por la SUNASS.

19) Prestador de servicios: La EPS, PES, Operador Especializado, Unidad de Gestión y la Organización Comunal, que tenga a su cargo la prestación de los servicios de saneamiento.

20) Reclamo: Derecho de contradicción que goza todo Usuario No Doméstico, cuando surge una controversia entre éste y la EPS o la entidad que haga sus veces, respecto de la aplicación del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, su Reglamento y/o sus normas conexas.

21) Registro de usuarios no domésticos: Base de datos de las EPS o las entidades que hagan sus veces, donde se identifican y clasifican a los usuarios del servicio de alcantarillado sanitario que descargan aguas residuales no domésticas y los resultados de la caracterización de dichas descargas.

22) Sanciones: Mecanismos que pueden implementar las EPS o las entidades que hagan sus veces, cuando el Usuario No Doméstico incumple alguna disposición indicada en el presente Reglamento.

23) Sólidos Suspendidos Totales (SST): Son partículas orgánicas o inorgánicas que son retenidos por una fibra de vidrio que posteriormente es secada a una determinada temperatura.

24) Usuario No Doméstico: Es la persona natural o jurídica que realiza descarga de aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario.

TÍTULO II

OBLIGACIONES Y DERECHOS DE LOS USUARIOS NO DOMÉSTICOS QUE HACEN USO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Capítulo I

Obligaciones de los Usuarios No Domésticos

Artículo 5.- De las obligaciones

Los Usuarios No Domésticos que descargan aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario, están obligados a:

a) Presentar anualmente la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico, a la EPS o la entidad que haga sus veces, en aplicación de la Segunda Disposición Complementaria Final del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

b) Implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales, cuando sus descargas excedan o puedan exceder los VMA establecidos en el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

c) Efectuar el pago adicional por exceso de concentración de los parámetros fijados en el Anexo N° 1 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, de acuerdo a la metodología establecida por la SUNASS. Para el caso de prestadores de servicios de saneamiento distintos al de las EPS o PES, se podrá tomar como referencia la metodología aprobada por la SUNASS, para su aplicación en el ámbito de su competencia.

d) Pagar el importe correspondiente a la toma de muestra inopinada, análisis y cualquier otro gasto relacionado a la labor realizada por el laboratorio acreditado ante el INDECOPI, siempre que el valor del parámetro analizado sobrepase los VMA; en caso de no sobrepasar los VMA el importe será asumido por la EPS o la entidad que haga sus veces.

e) Informar a la EPS o la entidad que haga sus veces, cuando la descarga de sus aguas residuales no domésticas presenten alguna modificación derivada de la ampliación o variación de las actividades que realiza el Usuario No Doméstico, dentro de un plazo que no deberá exceder los quince (15) días hábiles a partir de la ampliación o variación de sus actividades.

f) Brindar todas las facilidades, accesos e ingresos necesarios para que, en la oportunidad debida, el personal de la EPS o la entidad que haga sus veces y el laboratorio acreditado ante el INDECOPI, efectúe la toma de muestra inopinada.

g) Implementar el mecanismo o dispositivo especial para la toma de muestra inopinada, cuyo costo será asumido por el Usuario No Doméstico.

h) Asumir los costos asociados al incumplimiento, procesos y otras actividades adicionales que estén relacionadas con la implementación de los VMA, de acuerdo al procedimiento establecido por la SUNASS para el caso de las EPS y PES, y para las demás entidades que hagan sus veces, se tomará como base el procedimiento desarrollado por la SUNASS.

i) Los Usuarios No Domésticos cuyas actividades estén clasificadas según el CIIU, deberán declarar, reportar y cumplir con las obligaciones que se establecen en el presente Reglamento, en función de los parámetros que para dichas actividades se establecen en el referido código. Aquellas actividades que no estén incluidas en el CIIU, deberán cumplir con los parámetros establecidos en los Anexos N° 1 y 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

j) Cumplir con las demás disposiciones que se emitan para la regulación de la aplicación de los VMA.

Capítulo II

Derechos de los Usuarios No Domésticos

Artículo 6.- De los derechos

Los Usuarios No Domésticos que descargan aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario, tienen derecho a:

a) Recibir información sobre la normatividad, las modificaciones y actualizaciones respecto a los VMA.

b) A solicitar, de conformidad al artículo 6 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, la exoneración del pago adicional por exceso de concentración de los parámetros o suspensión del servicio de alcantarillado sanitario, cuando por caso fortuito o fuerza mayor se haya excedido los VMA, de acuerdo con el procedimiento establecido en el artículo 33 del presente Reglamento.

c) Presenciar la toma de muestra inopinada, a participar de dicho acto y a suscribir el Acta de Toma de Muestra Inopinada, cuyo contenido será como mínimo el establecido en el Anexo II del presente Reglamento.

d) Solicitar directamente a cualquier laboratorio acreditado ante el INDECOPI, la toma de muestra de parte y los análisis de sus descargas.

e) Presentar reclamos, si consideran que ha sido vulnerado alguno de sus derechos, de acuerdo a los procedimientos que para tal fin se establezcan.

TÍTULO III

OBLIGACIONES Y DERECHOS DE LAS EPS O LAS ENTIDADES QUE HACEN SUS VECES

Capítulo I

Obligaciones de las EPS o las entidades que hacen sus veces

Artículo 7.- De las obligaciones

Las EPS o las entidades que hacen sus veces están obligadas a:

a) Solicitar al Usuario No Doméstico la presentación anual de la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico conforme al Anexo I del presente Reglamento, según lo establecido en la Segunda Disposición Complementaria Final del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

b) Registrar al Usuario No Doméstico una vez revisada y evaluada la Declaración Jurada de Usuarios No Domésticos, conforme al procedimiento establecido en el artículo 17 del presente Reglamento.

c) Emitir pronunciamiento, previa evaluación de la información presentada, y asignar un Código de Usuario No Doméstico.

d) Pagar el importe correspondiente a la toma de muestra inopinada, análisis y cualquier otro gasto relacionado a la labor realizada por el laboratorio acreditado ante el INDECOPI, siempre que el valor del parámetro analizado no sobrepase los VMA; en caso de sobrepasar los VMA el importe será asumido por el Usuario No Doméstico.

e) Solicitar al Usuario No Doméstico el pago adicional por exceso de concentración de los parámetros por

sobrepasar los VMA fijados en el Anexo N° 1 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, de acuerdo a la metodología establecida por la SUNASS. Para el caso de prestadores de servicios de saneamiento distintos a las EPS y PES, se podrá tomar como referencia la metodología aprobada por la SUNASS, para su aplicación en el ámbito de su competencia.

f) Reponer el servicio de alcantarillado sanitario previa verificación del cumplimiento de los parámetros establecidos en el Anexo N° 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

g) Suspender el cobro del pago adicional por exceso de concentración al Usuario No Doméstico, previa verificación del cumplimiento de los parámetros del Anexo N° 1 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

h) Comunicar a los Usuarios No Domésticos sobre la normatividad, las modificaciones y actualizaciones respecto a los VMA.

i) En caso fortuito o fuerza mayor, evaluar si temporalmente procede exonerar al Usuario No Doméstico del pago adicional por exceso de concentración de parámetros o de la suspensión del servicio de descargas al sistema de alcantarillado.

j) Cobrar a los Usuarios No Domésticos el pago adicional por exceso de concentración, de acuerdo a la metodología establecida por la SUNASS, según lo dispone el artículo 4 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA. En el caso de los prestadores de servicios distintos a las EPS y PES, cobrarán a los Usuarios No Domésticos un pago adicional por exceso de concentración correspondiente por los VMA que sean excedidos de acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, tomando como base la metodología establecida por la SUNASS.

k) Cumplir con las demás disposiciones que se emitan para regular la aplicación de los VMA.

Capítulo II

Derechos de las EPS o las entidades que hagan sus veces

Artículo 8.- De los derechos

Las EPS o las entidades que hagan sus veces tienen derecho a:

a) Solicitar al laboratorio acreditado ante el INDECOPI que efectúe la Toma de Muestra Inopinada a las descargas del Usuario No Doméstico que, según su criterio, amerite la revisión de uno o más VMA contenidos en los Anexos N° 1 y 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

b) Realizar el estudio para caracterizar el tipo de descarga no doméstica a fin de proponer su evaluación al MVCS, y de ser el caso, modificar y/o actualizar los parámetros contenidos en los Anexos N° 1 y 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

TÍTULO IV

VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES

Capítulo I

De las Descargas

Artículo 9.- De las descargas permitidas

Se permitirá la descarga directa de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, sin pago o sanción alguna, siempre que no se excedan los VMA establecidos en los Anexos N° 1 y 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

La EPS o la entidad que haga sus veces, en cumplimiento del artículo 7 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, verificará el cumplimiento de los parámetros establecidos en los Anexos N° 1 y 2 del mencionado Decreto Supremo.

Artículo 10.- De las descargas no permitidas

No está permitido descargar aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario, que sobrepasen los VMA establecidos en el Anexo N° 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

En cumplimiento del artículo 9 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, concordante con el literal i) del artículo 72 del T.U.O. del Reglamento, no está permitido descargar, verter, arrojar o introducir bajo cualquier

modalidad al sistema de alcantarillado sanitario, elementos tales como:

a) Residuos sólidos, líquidos o gaseosos que, en razón a su naturaleza, propiedades y cantidad, causen o puedan causar por sí solos o por interacción con otros, algún tipo de daño inmediato o progresivo a las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos del sistema de alcantarillado sanitario y de tratamiento de aguas residuales.

b) Material orgánico de cualquier tipo y estado.

c) Mezclas inflamables, radioactivas, explosivas, corrosivas, tóxicas y/o venenosas, que impidan o dificulten el acceso o la labor de los equipos y/o personal encargado de las EPS o las entidades que hagan sus veces, de la operación y mantenimiento de las instalaciones y que puedan provocar daño al sistema de alcantarillado sanitario.

d) Aquellas descargas que puedan causar obstrucciones físicas, interferencias, perturbaciones, sedimentos y/o incrustaciones que dificulten el libre flujo de las aguas residuales no domésticas, a través del sistema de alcantarillado sanitario.

e) Residuos sólidos o viscosos, capaces de obstruir el libre flujo de las aguas residuales en los colectores y obstaculicen los trabajos de operación, mantenimiento y limpieza del sistema de alcantarillado sanitario.

f) Gases procedentes de escapes de motores de cualquier tipo.

g) Disolventes orgánicos y pinturas, cualquiera sea su proporción y cantidad.

h) Carburo cálcico y otras sustancias sólidas potencialmente peligrosas, tales como hidruros, peróxidos, cloratos, percloratos, bromatos y sus derivados.

i) Hidrocarburos y sus derivados.

j) Materias colorantes.

k) Agua salobre.

l) Residuos que generen gases nocivos.

Capítulo II

Del Pago Adicional

Artículo 11.- Del pago adicional por exceso de concentración

La EPS y la PES cobrarán a los Usuarios No Domésticos el pago adicional por exceso de concentración cuando haya verificado excesos de los VMA establecidos en el Anexo N° 1 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, de acuerdo a la metodología establecida por la SUNASS.

Los prestadores de servicios distintos a las EPS y PES, cobrarán a los Usuarios No Domésticos un pago adicional por exceso de concentración correspondiente por los VMA que sean excedidos de acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, tomando como base la metodología establecida por la SUNASS.

Artículo 12.- De la oportunidad del cobro

Cuando la EPS y la PES hayan verificado que se ha excedido uno o más de los VMA establecidos en el Anexo N° 1 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, aplicará lo dispuesto por la SUNASS. Para ello, emitirá el recibo que será remitido al Usuario No Doméstico junto con el costo de los análisis, la toma de muestra inopinada y cualquier otro costo relacionado a la labor del laboratorio acreditado ante el INDECOPI.

La SUNASS emitirá las normas correspondientes para tal efecto, debiendo precisar los temas referidos a fechas de pago, conceptos facturables, falta de entrega de recibo, entre otros.

Los prestadores de servicios distintos a las EPS y PES, tomarán como referencia lo dispuesto por la SUNASS para este caso.

Capítulo III

Inspección y Control

Artículo 13.- De la inspección y control

La inspección y control que efectuará la EPS o la entidad que haga sus veces, sin ser limitativo, consistirá en:



a) Revisión y verificación de la ubicación, acceso y características técnicas de la caja de registro de la red de alcantarillado sanitario o el dispositivo adecuado donde se tomará la muestra correspondiente.

b) Toma de muestra y análisis por un laboratorio acreditado ante el INDECOPI.

c) Levantamiento del Acta de Toma de Muestra Inopinada, de ser el caso.

d) Aplicación de sanciones.

Artículo 14.- De los laboratorios acreditados

Conforme a lo dispuesto en el artículo 7 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, sólo los laboratorios acreditados ante el INDECOPI efectuarán la toma de muestra y el análisis, a fin de verificar el cumplimiento de los VMA establecidos en los Anexos N° 1 y 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

Los laboratorios deberán encontrarse acreditados ante el INDECOPI para la toma de muestra, así como para la recolección, custodia y efectuar los análisis de la misma, de acuerdo a lo regulado por el Servicio Nacional de Acreditación del INDECOPI.

Artículo 15.- De la toma de muestra

El laboratorio acreditado ante el INDECOPI, tomará la muestra de la descarga de agua residual no doméstica cumpliendo las normas y protocolos técnicos aprobados por la mencionada entidad.

Capítulo IV

Registro de Usuarios No Domésticos

Artículo 16.- De los requisitos para registrarse

Los documentos que debe presentar el Usuario No Doméstico para su registro ante la EPS o la entidad que haga sus veces, son los siguientes:

a) Declaración Jurada de Usuario No Doméstico, de acuerdo al Anexo I del presente Reglamento.

b) Copia legalizada de la licencia de funcionamiento vigente.

c) Copia legalizada de la vigencia de poder del representante legal.

d) Ficha Registro Único de Contribuyente -Acreditación del Inicio de Actividades.

e) Copia de la Factibilidad de Servicios otorgado por la EPS o autorización de conexión del servicio de agua y saneamiento emitido por un prestador distinto de la EPS.

Artículo 17.- Del procedimiento para registro y/o actualización

17.1 Los Usuarios No Domésticos presentarán a la EPS o a la entidad que haga sus veces, los requisitos establecidos en el artículo 16 del presente Reglamento, en un plazo que no podrá exceder los treinta (30) días hábiles, contados a partir del requerimiento efectuado por la EPS o la entidad que haga sus veces.

17.2 Cuando la EPS o la entidad que haga sus veces, solicite por primera vez al Usuario No Doméstico la presentación de la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico establecida en el Anexo I del presente Reglamento, ésta deberá contener todos los parámetros establecidos en los Anexos N° 1 y 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA. Para las posteriores presentaciones de la citada Declaración Jurada, el Usuario No Doméstico presentará los parámetros solicitados por la EPS o la entidad que haga sus veces, de acuerdo a la actividad económica que por procesos productivos realice conforme al CIU.

17.3 La EPS o la entidad que haga sus veces, procederá a revisar y/o verificar, la documentación requerida en el artículo 16 del presente Reglamento y el cumplimiento de presentación de todos los parámetros de los VMA, de ser el caso, en un plazo que no podrá exceder los quince (15) días hábiles de recibida la documentación.

17.4 De encontrarse observaciones a la documentación y al cumplimiento de presentación de todos los parámetros de los VMA, la EPS o la entidad que haga sus veces, comunicará al Usuario No Doméstico dicha situación,

a fin de que proceda a subsanarla en un plazo que no excederá de diez (10) días hábiles.

17.5 Una vez subsanadas las observaciones señaladas en el numeral 17.4 del presente artículo, la EPS o la entidad que haga sus veces, procederá a evaluar la documentación y el cumplimiento de presentación de todos los parámetros de los VMA, de ser el caso, presentados por el Usuario No Doméstico, en un plazo que no excederá los diez (10) días hábiles.

17.6 En caso el Usuario No Doméstico incumpla con subsanar las observaciones efectuadas por la EPS o la entidad que haga sus veces, o las subsane fuera del plazo establecido en el presente artículo, se considerará como no presentada la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico, constituyendo infracción muy grave, establecida en el literal a) del artículo 28 del presente Reglamento.

Artículo 18.- Del registro y/o actualización de la información del usuario no doméstico

Verificado el cumplimiento de los requisitos a los que se refiere el artículo 16 del presente Reglamento, la EPS o la entidad que haga sus veces, procederá a registrar y/o actualizar la información del Usuario No Doméstico, asignándole el respectivo Código de Registro de Usuario No Doméstico.

Capítulo V

Monitoreo y Evaluación de los Valores Máximos Admisibles

Artículo 19.- Del monitoreo

Conforme a lo establecido en el artículo 7 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, la EPS o la entidad que haga sus veces, es la encargada del control de las descargas de aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario.

Artículo 20.- Del procedimiento del monitoreo

20.1 Una vez registrado el Usuario No Doméstico y asignado su Código de Registro, el área competente de la EPS o de la entidad que haga sus veces, procederá en un plazo que no excederá de diez (10) días hábiles, a evaluar los resultados de los análisis presentados en la Declaración Jurada de Usuarios No Domésticos.

20.2 Si los resultados de los análisis presentados en la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico no superan los VMA establecidos en los Anexos N° 1 y 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, la EPS o la entidad que haga sus veces, procederá a actualizar el registro y la información del Usuario No Doméstico.

20.3 Si los resultados de los análisis presentados en la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico, superan los VMA establecidos en el Anexo N° 1 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, se deberá efectuar lo siguiente:

a) La EPS o la entidad que haga sus veces, realizará el cobro del pago adicional por exceso de concentración de parámetros.

b) El Usuario No Doméstico deberá adecuar sus descargas no domésticas para no exceder los VMA, para lo cual presentará los análisis respectivos que serán remitidos a la EPS o la entidad que haga sus veces, para su revisión y evaluación correspondiente.

c) Presentados los nuevos análisis por el usuario no domésticos, la EPS o la entidad que haga sus veces, procederá a revisar y evaluar los mismos en un plazo que no debe exceder los diez (10) días hábiles.

d) De verificarse que el Usuario No Doméstico cumple con los VMA establecidos en el Anexo N° 1 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, la EPS o la entidad que haga sus veces procederá a suspender el cobro del pago adicional por exceso de concentración.

20.4 Si los resultados de los análisis presentados en la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico superan los VMA establecidos en el Anexo N° 2 del

Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, se deberá efectuar lo siguiente:

a) La EPS o la entidad que haga sus veces, procederá a realizar la suspensión del servicio de alcantarillado sanitario.

b) El Usuario No Doméstico deberá adecuar sus descargas no domésticas para no exceder los VMA, para lo cual presentará los análisis respectivos que serán remitidos a la EPS o la entidad que haga sus veces para su revisión y evaluación correspondiente.

c) Presentados los análisis, la EPS o la entidad que haga sus veces procederá a revisar y evaluar los mismos en un plazo que no debe exceder los diez (10) días hábiles.

d) De verificarse que el Usuario No Doméstico cumple con los VMA establecidos en el Anexo N° 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, la EPS o la entidad que haga sus veces procederá a realizar la reposición del servicio de alcantarillado sanitario. En caso no cumplan con dichos VMA, se mantendrá la suspensión del referido servicio.

Capítulo VI

Toma de Muestra Inopinada

Artículo 21.- De la toma de muestra inopinada

Con los resultados de los análisis presentados por los Usuarios No Domésticos, la EPS o la entidad que haga sus veces, evaluará dicha información y, de considerarlo conveniente, solicitará al laboratorio acreditado ante el INDECOPI efectúe la toma de muestra inopinada, conforme lo establece el artículo 7 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

Artículo 22.- Del acta de toma de muestra inopinada

El Acta de Toma de Muestra Inopinada conforme al Anexo II del presente Reglamento, es un documento oficial en el que constan las características físicas en las que se realiza la toma de muestra inopinada, los datos del Usuario No Doméstico, su actividad económica principal, lugar, fecha y hora en la que se realizó y las personas asistentes, entre los principales datos.

Artículo 23.- Del procedimiento de la toma de muestra inopinada

23.1 El personal del laboratorio acreditado ante el INDECOPI, a solicitud de la EPS o la entidad que haga sus veces, se apersonarán conjuntamente para proceder a tomar la muestra inopinada en la caja de registro de la red de alcantarillado sanitario o dispositivo adecuado de la descarga de las aguas residuales no domésticas.

23.2 La EPS o la entidad que haga sus veces, podrá utilizar cualquier medio fehaciente, distinto al Acta de Toma de Muestra Inopinada, que sirva para corroborar el lugar, fecha, hora y condiciones físicas en que se realizó la toma de muestra inopinada, la misma que formará parte de los informes y procedimientos de supervisión, monitoreo e implementación de la EPS o la entidad que haga sus veces.

23.3 El Usuario No Doméstico podrá presenciar la toma de muestra inopinada y suscribir el Acta de Toma de Muestra Inopinada. La no suscripción de dicha Acta por parte del Usuario No Doméstico no invalidará el acto.

23.4 Efectuada la toma de muestra inopinada, se seguirá con el procedimiento establecido en el artículo 20 del presente Reglamento, en lo que le fuere aplicable.

23.5 La EPS o la entidad que haga sus veces, procederá a cobrar al Usuario No Doméstico los costos generados por los análisis efectuados en la toma de muestra inopinada o por la reposición del servicio de alcantarillado sanitario, cuando se advierta que se superan los parámetros de los VMA establecidos en los Anexos N° 1 y 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

TÍTULO V

RECLAMOS

Capítulo I

Procedimiento de Reclamos

Artículo 24.- Del procedimiento

Los Usuarios No Domésticos podrán presentar reclamos ante la EPS o la entidad que haga sus veces.

Para el caso de las EPS y PES, la SUNASS será la encargada de establecer los procedimientos, plazos e instancias correspondientes.

Para el caso de prestadores distintos a las EPS y PES, el procedimiento de reclamos deberá estar sujeto a las disposiciones que para tal fin emita el regulador correspondiente a cada ámbito de prestación de los servicios de saneamiento.

Capítulo II

Infracciones y Sanciones

Artículo 25.- De las infracciones

Cuando la EPS o la entidad que haga sus veces, verifique que se ha cometido alguna de las siguientes infracciones por parte de los Usuarios No Domésticos, las mismas que se clasifican en leves, graves y muy graves, estará facultada para imponer las sanciones previstas en el presente Reglamento, sin perjuicio de la aplicación de sanciones establecidas en otras leyes y reglamentos.

Artículo 26.- De las infracciones leves

Se considerarán infracciones leves las siguientes:

a) La presentación extemporánea de la documentación solicitada por la EPS o la entidad que haga sus veces, excepto para el caso de la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico.

b) La omisión de los actos a los que están obligados los Usuarios No Domésticos establecidos en el presente Reglamento, siempre que no estén considerados como infracciones graves o muy graves.

Artículo 27.- De las infracciones graves

Se considerarán infracciones graves las siguientes:

a) Efectuar descargas no permitidas al sistema de alcantarillado sanitario, de acuerdo a lo establecido en el artículo 10 del presente Reglamento.

b) La alteración de las características de la descarga de las aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario que efectúe el Usuario No Doméstico, sin previo aviso, infringiendo lo establecido en el literal e) del artículo 5 del presente Reglamento.

c) Cometer dos (02) faltas leves, en un periodo de seis (06) meses.

d) No presentar los requisitos establecidos en el artículo 16 del presente Reglamento, o presentarlos fuera de los plazos establecidos en el artículo 17 del presente Reglamento.

Artículo 28.- De las infracciones muy graves

Se considerarán infracciones muy graves las siguientes:

a) La falsedad de la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico presentada a la EPS o la entidad que haga sus veces.

b) La no presentación o presentación extemporánea de la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico, en el plazo establecido.

c) Excederse en los VMA establecidos en el Anexo N° 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

d) No cumplir con efectuar el pago adicional por exceso de concentración de los VMA establecidos en el Anexo N° 1 del Decreto Supremo, por dos (02) periodos consecutivos o por dos (02) periodos no consecutivos en un periodo de cuatro (04) meses.

e) Cometer dos (02) faltas graves, en un periodo de seis (06) meses.

f) Incumplir las acciones previstas para los casos de emergencia, establecidas en el artículo 33 del presente Reglamento.

g) Retrasar y/o impedir, de cualquier forma, la toma de muestra o la toma de muestra inopinada por el laboratorio acreditado ante el INDECOPI.

h) Reponer el servicio de alcantarillado sanitario cerrado o habilitar una conexión clandestina para la descarga de las aguas residuales no domésticas.

Artículo 29.- De las sanciones

Para el caso de las EPS y PES, los procedimientos de sanciones serán establecidos por la SUNASS. Para los demás prestadores de servicios de saneamiento, se deberá tomar como referencia el procedimiento establecido por la SUNASS.

Capítulo III

Actualización de los Valores Máximos Admisibles

Artículo 30.- De la actualización y modificación de los Valores Máximos Admisibles

En caso que la EPS o la entidad que haga sus veces, verifique que algún parámetro especificado o no en los Anexos N° 1 y 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, afecte al sistema de alcantarillado sanitario o los sistemas de tratamiento de aguas residuales, deberán presentar una solicitud al MVCS adjuntando, al menos, lo siguiente:

a) Análisis de la caracterización de las aguas residuales no domésticas descargadas al sistema de alcantarillado sanitario.

b) Identificación de los problemas que la descarga ocasiona al sistema de alcantarillado sanitario y/o al sistema de tratamiento de aguas residuales.

c) Informe técnico que sustente el motivo por el cual debe de actualizarse y/o modificar el parámetro y/o su valor.

Capítulo IV

Denuncias

Artículo 31.- De la participación de otros usuarios

Todos los usuarios domésticos y no domésticos, podrán denunciar ante la EPS o la entidad que haga sus veces, los hechos, actos u omisiones que dañen el sistema de alcantarillado sanitario, de forma verbal o escrita, conteniendo lo siguiente:

a) Identificación completa de quién realiza la denuncia.

b) Identificación del Usuario No Doméstico que efectúa la descarga al sistema de alcantarillado sanitario.

c) Breve descripción del hecho, acto u omisión que se presume cometido.

Asimismo, podrá interponer las quejas y/o denuncias ante las instancias que considere necesarias.

TÍTULO VI

SITUACIÓN DE EMERGENCIAS

Artículo 32.- De la situación de emergencia

Si bajo una situación de emergencia, por caso fortuito o fuerza mayor, se incumplieran alguno o algunos de los preceptos contenidos en el presente Reglamento, se deberá comunicar inmediatamente dicha situación por cualquier medio a la EPS o la entidad que haga sus veces.

Una vez producida la situación de emergencia, el Usuario No Doméstico utilizará todos los medios a su alcance para reducir al máximo los efectos de la descarga por situación de emergencia, en coordinación con la EPS o la entidad que haga sus veces.

Artículo 33.- Del procedimiento a seguir en caso de emergencia

33.1 En un plazo máximo de dos (02) días calendario de producido el hecho, el Usuario No Doméstico deberá informar por escrito a la EPS o la entidad que haga sus veces, la situación de emergencia, señalando su identificación y los siguientes datos: causas que originaron la situación, hora en que se produjo y duración del mismo, volumen y características de la descarga, medidas correctivas adoptadas, hora y forma en que se comunicó el suceso a la EPS o la entidad que haga sus veces.

33.2 La EPS o la entidad que haga sus veces, previa evaluación de la información remitida por el Usuario No Doméstico, en un plazo no mayor de dos (02) días calendario de recibido, podrá exonerar del cobro por el pago por exceso de concentración o de la suspensión del servicio de alcantarillado sanitario por las descargas de aguas residuales no domésticas que superen los VMA detallados en los Anexos N° 1 y 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, otorgándoles como máximo el plazo de tres (03) días calendario, contados desde la comunicación del pronunciamiento efectuado por la EPS o la entidad que haga sus veces, para reponer su sistema de tratamiento de aguas residuales cuando se ha producido un caso fortuito y/o cuando ocurra un evento por fuerza mayor.

33.3 Sin perjuicio de otras responsabilidades en que pudiera haber incurrido el Usuario No Doméstico, los costos en que las EPS o las entidades que hagan sus veces que incurran como producto de las acciones correctivas por las descargas accidentales, serán asumidas por el Usuario No Doméstico, de acuerdo al procedimiento establecido por la entidad reguladora.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- El presente Reglamento entrará en vigencia a los treinta (30) días calendario contados desde su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Segunda.- Corresponde a las entidades señaladas en el presente Reglamento, su difusión por los medios más adecuados para su conocimiento y aplicación, debiendo, además, ser publicado en la página web de cada institución.

Tercera.- Las EPS o las entidades que hagan sus veces, implementarán campañas y programas de difusión, a fin de que los Usuarios No Domésticos en el plazo establecido en la Segunda Disposición Complementaria Final del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, adecúen sus descargas a las disposiciones establecidas en el presente Reglamento.

Cuarta.- Las EPS o las entidades que hagan sus veces, deberán implementar actividades de capacitación y otras que considere pertinentes, al interior de su organización, durante el plazo de adecuación que tienen los Usuarios No Domésticos para la implementación de los VMA, de acuerdo a la Segunda Disposición Complementaria Final del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

Quinta.- La metodología para el pago adicional por exceso de concentración establecida por la SUNASS está referida a las EPS y PES. Para determinar la metodología de prestadores de servicios de saneamiento distintos a las EPS y PES, se podrá hacer uso referencial a aquélla.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.- En un plazo no mayor de treinta (30) días calendario, contados desde la publicación del presente Reglamento en el Diario Oficial El Peruano, la SUNASS deberá aprobar la metodología para el cálculo de conceptos facturables, mecanismos de atención de reclamos, procedimiento para aplicación de sanciones, suspensión y reposición del servicio de alcantarillado sanitario, así como mecanismos y procedimientos para la supervisión, fiscalización y monitoreo, las cuales serán complementarias a lo establecido en el presente Reglamento.



ANEXO II
"ACTA DE TOMA DE MUESTRA ENOPINADA"
(Ficha debe ser llenada por el prestador de servicio)

Código de Usuario No Doméstico: _____
(Llenado por el prestador de servicios)

1. DATOS GENERALES

A. Razón Social:

B. Actividad:

C. Ubicación oficina administrativa:

D. Ubicación Planta:

E. Otra instalación:

F. Número de CIUU:

Descripción:	_____
Descripción:	_____
Descripción:	_____

2. CARACTERÍSTICAS DE LA TOMA DE MUESTRA

Nombre del Laboratorio:	_____
Fecha:	_____
Hora:	_____
Responsable de toma de muestra:	_____

Anexo N° 1			
Parámetro	VMA	N° de muestras	Tipo de muestra
(DBO ₅)	500 mg/lh		
(DQO)	1000 mg/lh		
Sólidos Suspendedos Totales	500 mg/lh		
Aceites y Grasas	100 mg/lh		

Anexo N° 2			
Parámetro	VMA	N° de muestras	Tipo de muestra
Aluminio	10 mg/lh		
Arsénico	0.5 mg/lh		
Boro	4 mg/lh		
Cadmio	0.2 mg/lh		
Cianuro	1 mg/lh		
Cobre	3 mg/lh		
Cromo hexavalente	0.5 mg/lh		
Cromo total	10 mg/lh		
Manganeso	4 mg/lh		
Mercurio	0.02 mg/lh		
Níquel	4 mg/lh		
Plomo	0.5 mg/lh		
Sulfatos	500 mg/lh		
Sulfuros	5 mg/lh		
Zinc	10 mg/lh		
Nitrogeno Amoniacal (2)	80 mg/lh		
PH (2)	6-9		
Sólidos Sedimentables (2)	8.5 ml/hh		
Temperatura (2)	<35 ° C		

(2) Estos parámetros, serán tomadas de muestras puntuales. El valor de los demás parámetros se son determinados a partir del análisis de una muestra compuesta.

Observaciones:

3. UBICACIÓN DEL DISPOSITIVO(S) PARA LA TOMA DE MUESTRA

Ubicación	
1	_____
2	_____
3	_____

Observaciones:

4. DOCUMENTOS QUE ACREDITEN LA TOMA DE MUESTRA

a. _____

b. _____

c. _____

d. _____

Firma Representante del Laboratorio

Firma del técnico/especialista del prestador de servicio de agua y saneamiento

Firma Usuario No Doméstico

ANEXO N° 3

**PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE AGENTES COAGULANTES Y
FLOCULANTES POR PRUEBA DE JARRA**

MA-MIN-003	PROCEDIMIENTO	VIG. DESDE: 05/01/2010
VERSIÓN: 001	EVALUACIÓN DE AGENTES COAGULANTES Y FLOCULANTES POR PRUEBA DE JARRA	PÁGINA : 5 de 2

1. PROPOSITO

Con este procedimiento evaluamos la acción de los agentes coagulantes y/o floculantes sobre pulpas, líquidos, y otros; en el objetivo de clarificar y/o realizar separación sólido/líquido. Además, este procedimiento permite optimizar el nivel de uso de estos reactivos.

2. EQUIPOS

- Equipo de prueba de Jarra (Jar Test de 6 vasos)
- Turbidímetro
- pH metro
- Vasos de precipitado
- Probeta graduada de 1000 ml
- Jeringas de 5, 10 y 20 cc
- Reactivos químicos: coagulantes y floculantes

3. PROCEDIMIENTO

a) Se mide el pH y la turbiedad de la muestra a analizar

b) Se regula el pH si fuera necesario las muestras de agua o pulpa, la regulación va depender del medio que se requiere hacer el ensayo, generalmente el medio apropiado es a pH neutro.

c) Se vierte las muestras de agua (o pulpa) a analizar, en los vasos del equipo Jar Test. El volumen puede varias de 1 a 2 litros, esto depende de la cantidad de muestra de solución que se disponga y la cantidad de pruebas a realizar.

d) Una vez vertidos las muestras de agua en los vasos del equipo de prueba de jarra se mantendrá un orden ascendente en las dosis de los químicos (ppm) con el fin de visualizar rápidamente el efecto de formación del floc en la etapa de coagulación - floculación.

e) Se enciende el equipo y se procede a homogenizar cada una de las muestras contenidas en cada vaso.

f) Regulando la velocidad de agitación a 300 rpm para la etapa de coagulación se procede a agregar el coagulante manteniendo la agitación por un tiempo de 5min, luego se detiene la agitación para observar la formación del floc. Se escogerá la mejor dosis de coagulante donde se formó el floc de mayor tamaño.

g) Se procede a la etapa de floculación, para ello se regula la velocidad de agitación a 30 rpm manteniendo la agitación por un tiempo de 1 min, se detiene la agitación y se deja sedimentar por un tiempo de 10 min.

h) Medir con el equipo turbidímetro la turbiedad de cada vaso del equipo de prueba de jarra.

i) El vaso que presente la menor turbidez y se visualice la mayor aglomeración de los floc formados lográndose la sedimentación inmediata en fondo del vaso, será la mejor dosificación de floculante.

4. FUENTE

Procedimiento según manual del equipo Phipps & Bird.

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ANEXO N° 4

Tabla 9.1 Procedencia y tipo de efluente

Evaluación	Producto(s)	Area de Producción	Equipo	Procedencia	Lavado del Reactor(es)	
					Fecha	Hora
1	Ligante ET, Butilacrilato, Estireno, Emulphor	Textil	R-50	Primer lavado del reactor (Ligante ET) más el resto de otros productos.	05-mar	06:40
2	Acronal 18D, Ligante Helizarin ET-ECO, Vinofan BA 610 SA, Sokalan PA 30	Textil, Pinturas	R-40, R-50, R-70, R-80	Primer lavado del reactor R-50 (Acronal 18D) más el resto de otros productos.	12-mar	08:45
3	Acronal 18D	Pinturas	R-50	Primer lavado del reactor.	13-mar	08:30
4	Vinofan BA610, Acronal 18D	Pinturas	R-50, R-80	Primer lavado del reactor R-80 (Vinofan BA610) y del reactor R-50 (Acronal 18 D).	06-abr	07:00
5	Vinofan BA739	Pinturas	R-50	Primer lavado del reactor.	19-mar	09:15
6	Vinofan BA739	Pinturas	R-50	Primer lavado del reactor.	16-abr	09:05
7	Vinofan BA739, Kieralon LH Jet B Conc	Pinturas	R-50	Primer lavado del reactor.	17-abr	08:45
8	Vinofan BA739, Estireno	Pinturas	R-50	Primer lavado del reactor.	30-abr	11:00

Evaluación N°1

Tabla 9.2 Parámetros de control para el proceso de coagulación-floculación

Proceso	Coag./Flocul.	Concentración	RPM	Tiempo	Reposo
Coagulación	FeCl ₃	10 % (100 ppm)	300	5min.	
Floculación	CF-305	0.1 % (10 ppm)	30	1 min.	10 min.

Tabla 9.3 Condición inicial y final del proceso de coagulación-floculación

Condición	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	% Sólidos
Inicial	8.28	24.5	615.1	0.075
Final	5.43	24.5	2.41	0.018



Figura 9.1 Fotos de la evaluación N°1

Evaluación N°2

Tabla 9.4 Parámetros de control para el proceso de coagulación-floculación

Proceso	Coag./Flocul.	Concentración	RPM	Tiempo	Reposo
Coagulación 1	FeCl ₃	10 % (1100 ppm)	300	5 min.	
Floculación 1	AF-900	0.1 % (40 ppm)	70	1min.	10 min.
Coagulación 2	FeCl ₃	10 % (1100 ppm)	300	5 min.	
Floculación 2	AF-205	0.1 % (40 ppm)	70	1min.	10 min.

Tabla 9.5 Condición inicial y final del proceso de coagulación-floculación

Condición	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	% Sólidos
Inicial	7.83	24.7	> 1000	1.44
Final 1	3.82	22.9	7.17	0.38
Final 2	3.75	22.8	27.02	0.46

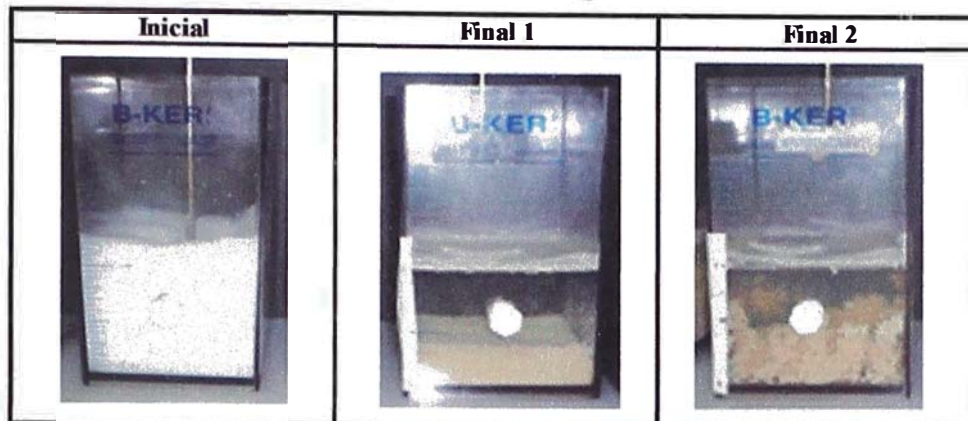


Figura 9.2 Fotos de la evaluación N°2

Evaluación N°3

Tabla 9.6 Parámetros de control para el proceso de coagulación-floculación

Proceso	Coag./Flocul.	Concentración	RPM	Tiempo	Reposo
Coagulación 1	FeCl ₃	10 % (2000 ppm)	300	5 min.	
Floculación 1	CF-305	0.1 % (30 ppm)	70	1 min.	10 min.
Coagulación 2	FeCl ₃	10 % (2000 ppm)	300	5 min.	
Floculación 2	AF-205	0.1 % (30 ppm)	70	1 min.	10 min.

Tabla 9.7 Condición inicial y final del proceso de coagulación-floculación

Condición	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	% Sólidos
Inicial	7.56	24.3	> 1000	1.49
Final 1	3.27	25.0	12.11	0.033
Final 2	3.38	25.3	9.94	0.016

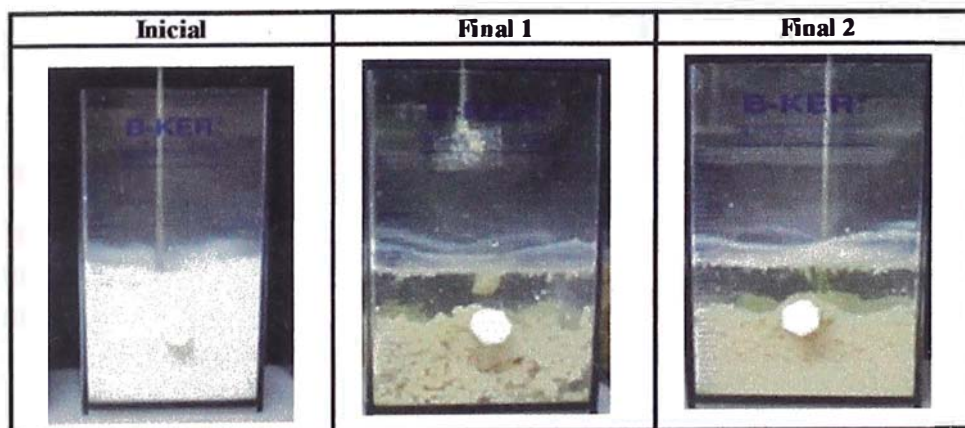


Figura 9.3 Fotos de la evaluación N°3

Evaluación N°4

Tabla 9.8 Parámetros de control para el proceso de coagulación-floculación

Proceso	Coag./Flocul.	Concentración	RPM	Tiempo	Reposo
Coagulación 1	FeCl ₃	10 % (800 ppm)	300	5 min.	
Floculación 1	CF-305	0.1 % (7.5 ppm)	30	1 min.	10 min.
Coagulación 2	FeCl ₃	10 % (800 ppm)	300	5 min.	
Floculación 2	AF-205	0.1 % (7.5 ppm)	30	1 min.	10 min.
Coagulación 3	FeCl ₃	10 % (800 ppm)	300	5 min.	
Floculación 3	AF-900	0.1 % (7.5 ppm)	30	1 min.	10 min.
Coagulación 4	FeCl ₃	10 % (800 ppm)	300	5 min.	
Floculación 4	AF-404	0.1 % (7.5 ppm)	30	1 min.	10 min.

Tabla 9.9 Condición inicial y final del proceso de coagulación-floculación

Condición	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	% Sólidos
Inicial	8.07	23.2	13.7	0.44
Final 1	4.32	24.2	13.02	0.52
Final 2	4.29	24.0	7.99	0.38
Final 3	3.99	23.8	7.51	0.32
Final 4	4.30	24.0	10.97	0.40

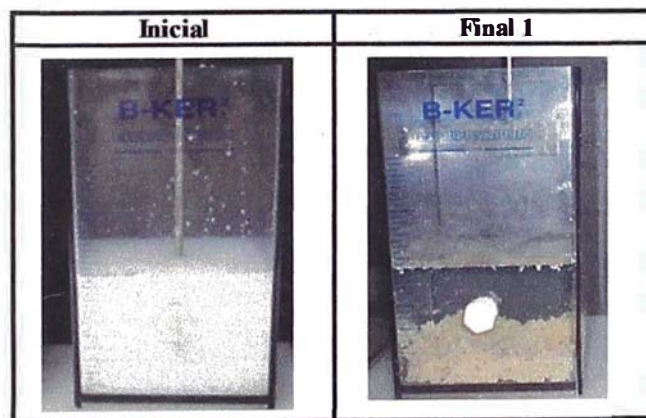


Figura 9.4 Fotos de la evaluación N°4

Evaluación N°5

Tabla 9.10 Parámetros de control para el proceso de coagulación-floculación

Proceso	Coag./Flocul.	Concentración	RPM	Tiempo	Reposo
Coagulación	FeCl ₃	10 % (1500 ppm)	300	5 min.	
Floculación	AF-205	0.1 % (4 ppm)	30	1 min.	10 min.

Tabla 9.11 Condición inicial y final del proceso de coagulación-floculación

Condición	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	% Sólidos
Inicial	7.23	24.5	> 1000	0.33
Final	2.92	21.1	15.52	0.05

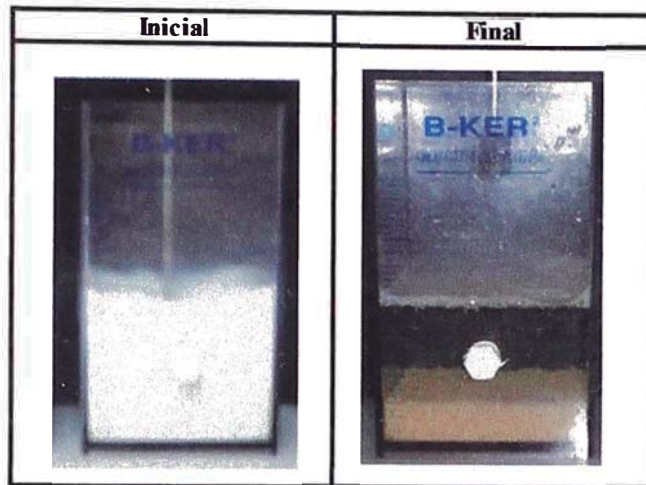


Figura 9.5 Fotos de la evaluación N°5

Evaluación N°6

Tabla 9.12 Parámetros de control para el proceso de coagulación-floculación

Proceso	Coag./Flocul.	Concentración	RPM	Tiempo	Reposo
Coagulación 1	FeCl ₃	10 % (300 ppm)	300	5 min.	
Floculación 1	CF-305	0.1 % (8 ppm)	30	1 min.	10 min.
Coagulación 2	FeCl ₃	10 % (300 ppm)	300	5 min.	
Floculación 2	AF-205	0.1 % (8 ppm)	30	1 min.	10 min.
Coagulación 3	FeCl ₃	10 % (300 ppm)	300	5 min.	
Floculación 3	AF-900	0.1 % (8 ppm)	30	1 min.	10 min.
Coagulación 4	FeCl ₃	10 % (300 ppm)	300	5 min.	
Floculación 4	AF-404	0.1 % (8 ppm)	30	1 min.	10 min.

Tabla 9.13 Condición inicial y final del proceso de coagulación-floculación

Condición	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	% Sólidos
Inicial	6.94	24.2	1628.0	0.245
Final 1	5.09	24.5	20.80	0.029
Final 2	5.08	24.3	13.40	0.025
Final 3	4.99	24.2	17.30	0.028
Final 4	4.98	23.8	15.30	0.024

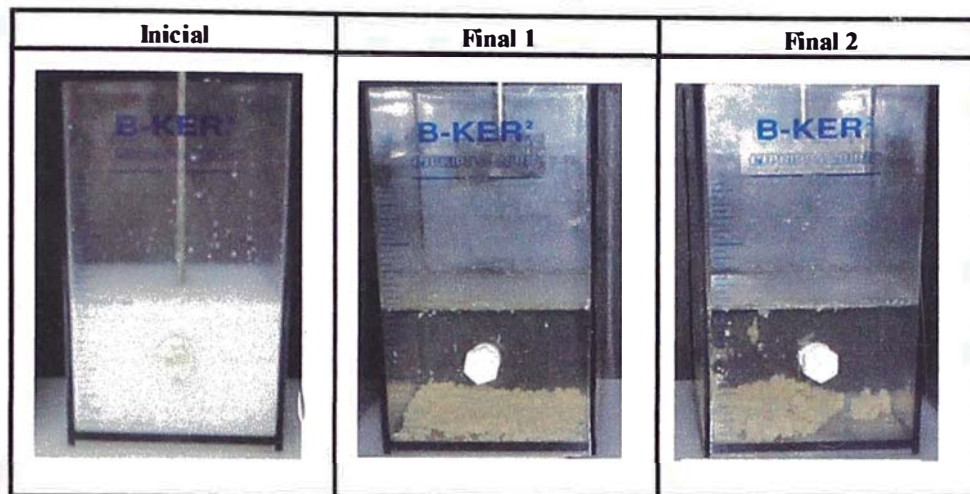


Figura 9.6 Fotos de la evaluación N°6

Evaluación N°7

Tabla 9.14 Parámetros de control para el proceso de coagulación-floculación

Proceso	Producto	Concentración	RPM	Tiempo	Reposo
Coagulación 1	FeCl ₃	40 % (4400 ppm)	300	5 min.	
Floculación 1	CF-305	0.1 % (17.5 ppm)	70	1 min.	10 min.
Coagulación 2	FeCl ₃	40 % (4400 ppm)	300	5 min.	
Floculación 2	AF-205	0.1 % (17.5 ppm)	70	1 min.	10 min.

Tabla 9.15 Condición inicial y final del proceso de coagulación-floculación

Condición	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	% Sólidos
Inicial	7.08	23.6	> 4000	1.32
Final 1	3.05	24.6	18.70	0.027
Final 2	2.94	24.3	16.50	0.019

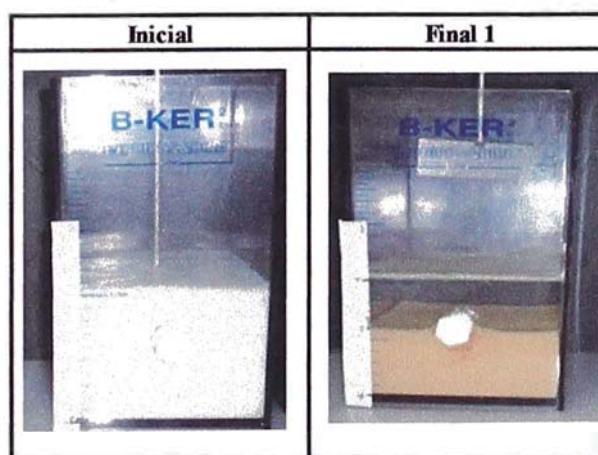


Figura 9.7 Fotos de la evaluación N°7

Evaluación N°8

Tabla 9.16 Parámetros de control para el proceso de coagulación-floculación

Proceso	Coag./Flocul.	Concentración	RPM	Tiempo	Reposo
Coagulación 1	FeCl ₃	40 % (12000 ppm)	300	5 min.	
Floculación 1	CF-305	0.1 % (25 ppm)	30	1 min.	10 min.
Coagulación 2	FeCl ₃	40 % (12000 ppm)	300	5 min.	
Floculación 2	AF-205	0.1 % (25 ppm)	30	1 min.	10 min.

Tabla 9.17 Condición inicial y final del proceso de coagulación-floculación

Condición	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	% Sólidos
Inicial	7.03	22.9	> 4000	1.63
Final 1	3.38	23.4	47.80	0.043
Final 2	3.36	23.4	73.90	0.053

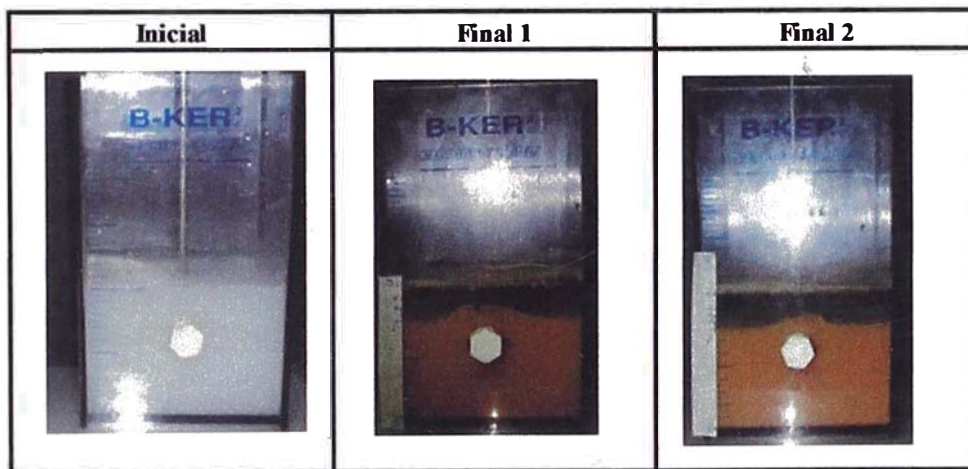


Figura 9.8 Fotos de la evaluación N°8

Tabla 9.18 Procedencia y tipo de efluente

Evaluación	Producto(s)	Area de Producción	Equipo	Procedencia	Lavado del Reactor(es)	
					Fecha	Hora
1	Acronal 18D	Pintura	R-50	Primer lavado del reactor.	31-ago	15:45
2	Acronal 296, Basoplast 4118	Papel	R-50, R-10	Primer lavado de cada reactor.	03-sep	13:30
3	Acronal 296, Basoplast 4118	Papel	R-70, R-10	Proviene del lavado del filtro Sweco, Proviene del lavado de líneas	02-sep	11:15
4	Acronal 295, Basoplast 4118	Papel	R-40, R-30	Primer lavado de cada reactor.	11-sep	13:30

Evaluación N°1

Tabla 9.19 Parámetros de control para el proceso de coagulación-floculación

Proceso	Coag./Flocul.	Concentración	RPM	Tiempo	Reposo
Coagulación 1	FeCl ₃	10 % (600 ppm)	300	5 min.	
Floculación 1	CF-305	0.1 % (8 ppm)	30	1 min.	10 min.
Coagulación 2	MT-8834	10000 ppm	300	5 min.	
Floculación 2	MT-FLOC-6506	0.1 % (5 ppm)	30	1 min.	10 min.

Tabla 9.20 Condición inicial y final del proceso de coagulación-floculación

Condición	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)
Inicial	7.32	20.7	1756.0
Final 1	3.02	20.5	20.7
Final 2	4.10	20.5	49.1

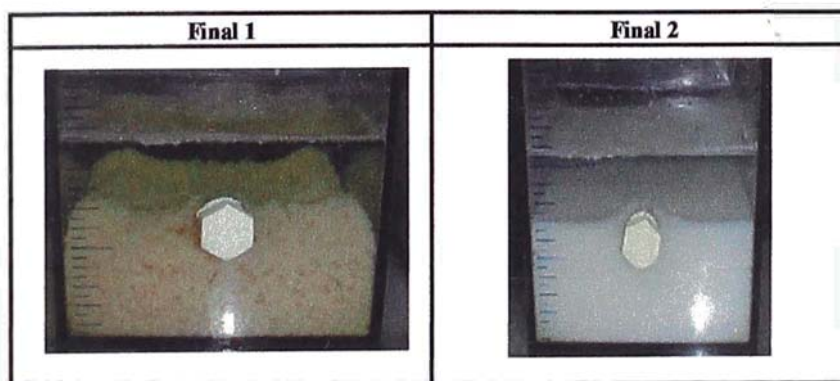


Figura 9.9 Fotos de la evaluación N°1

Evaluación N°2

Tabla 9.21 Parámetros de control para el proceso de coagulación-floculación

Proceso	Producto	Concentración	RPM	Tiempo	Reposo
Coagulación	FeCl ₃	10 % (300 ppm)	300	5 min.	
Floculación	CF-305	0.1 % (15 ppm)	30	1 min.	10 min.

Tabla 9.22 Condición inicial y final del proceso de coagulación-floculación

Condición	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)
Inicial	7.49	20.4	> 4000
Final	3.02	20.3	31.1

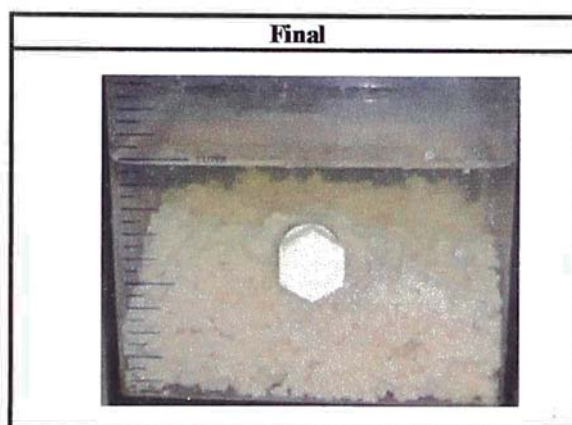


Figura 9.10 Fotos de la evaluación N°2

Evaluación N°3

Tabla 9.23 Parámetros de control para el proceso de coagulación-floculación

Proceso	Producto	Concentración	RPM	Tiempo	Reposo
Coagulación	FeCl ₃	10 % (260 ppm)	300	5 min.	
Floculación	CF-305	0.1 % (17 ppm)	30	1 min.	10 min.

Tabla 9.24 Condición inicial y final del proceso de coagulación-floculación

Condición	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)
Inicial	7.48	19.5	3925.0
Final	3.18	20.0	27.5



Figura 9.11 Fotos de la evaluación N°3

Evaluación N°4

Tabla 9.25 Parámetros de control para el proceso de coagulación-floculación

Proceso	Producto	Concentración	RPM	Tiempo	Reposo
Coagulación 1	FeCl ₃	10 % (160 ppm)	300	5 min.	
Floculación 1	CF-305	0.1 % (5 ppm)	30	1 min.	10 min.
Coagulación 2	FeCl ₃	10 % (160 ppm)	300	5 min.	
Floculación 2	M-1011	0.1 % (10 ppm)	30	1 min.	10 min.

Tabla 9.26 Condición inicial y final del proceso de coagulación-floculación

Condición	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)
Inicial	7.48	23.9	> 4000
Final 1	3.84	22.6	45.3
Final 2	4.05	22.0	50.4

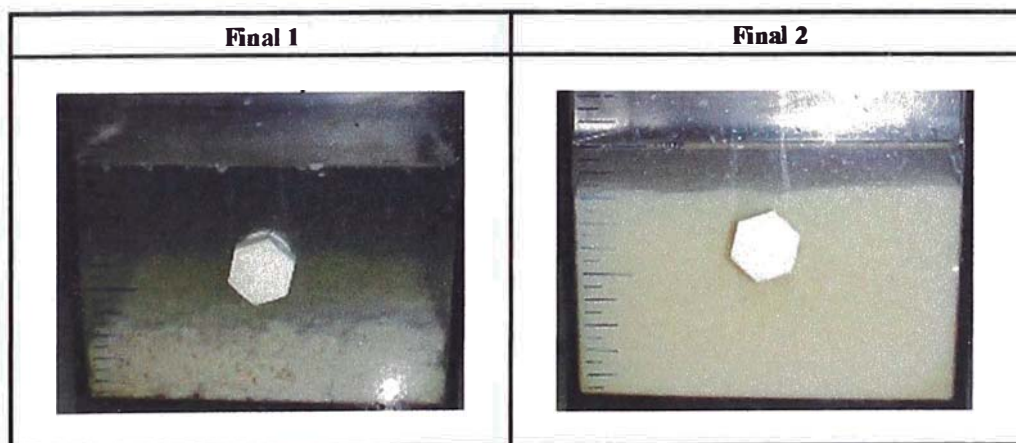


Figura 9.12 Fotos de la evaluación N°4

ANEXO N° 5

Evaluación N°1

Tabla 9.27 Dosis de coagulante y floculante

Floculante	Dosis	Coagulante	Dosis
MT-FLOC-6506 0.1%	5 ppm	MT 8834	10000 ppm
CF305 al 0.1%	8 ppm	FeCl ₃ al 10%	600 ppm

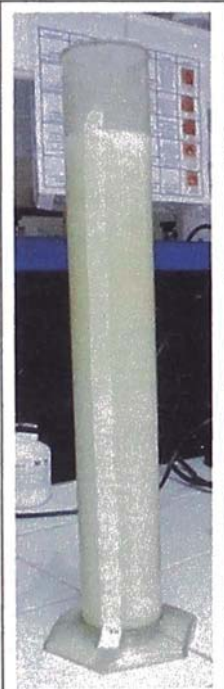


Blanco	MT 8834 10000ppm MT-FLOC-6506 0.1% 5 ppm	FeCl ₃ al 10% 600ppm CF305 al 0.1% 8ppm
		
pH	7.32	4.10
Turbidez (NTU)	1756	20.7

Figura 9.13 Evaluación en probetas

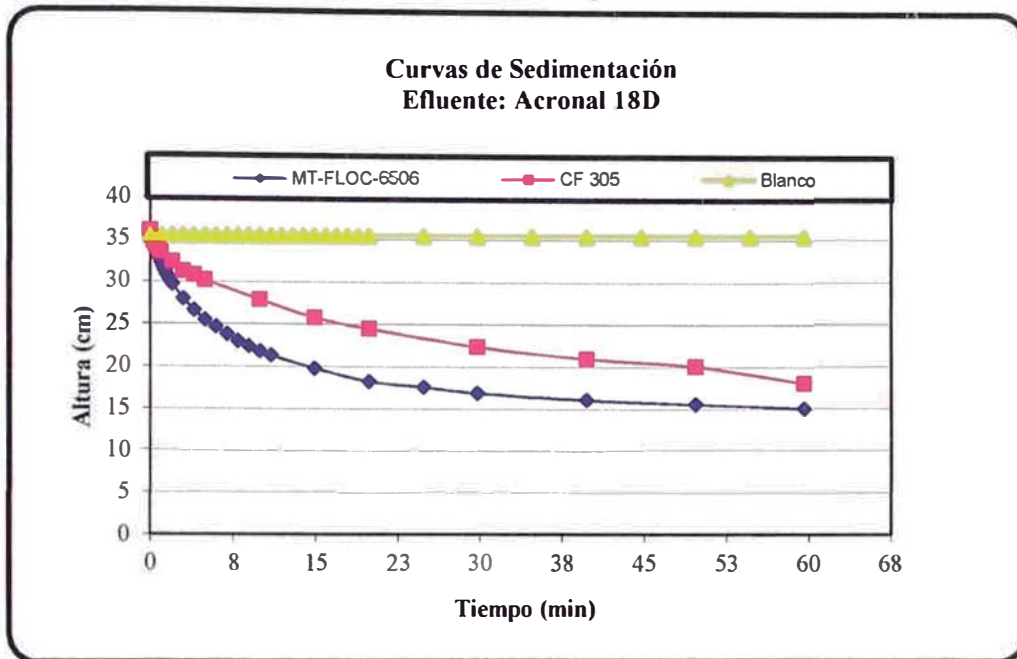


Figura 9.14 Gráficas de velocidad de sedimentación

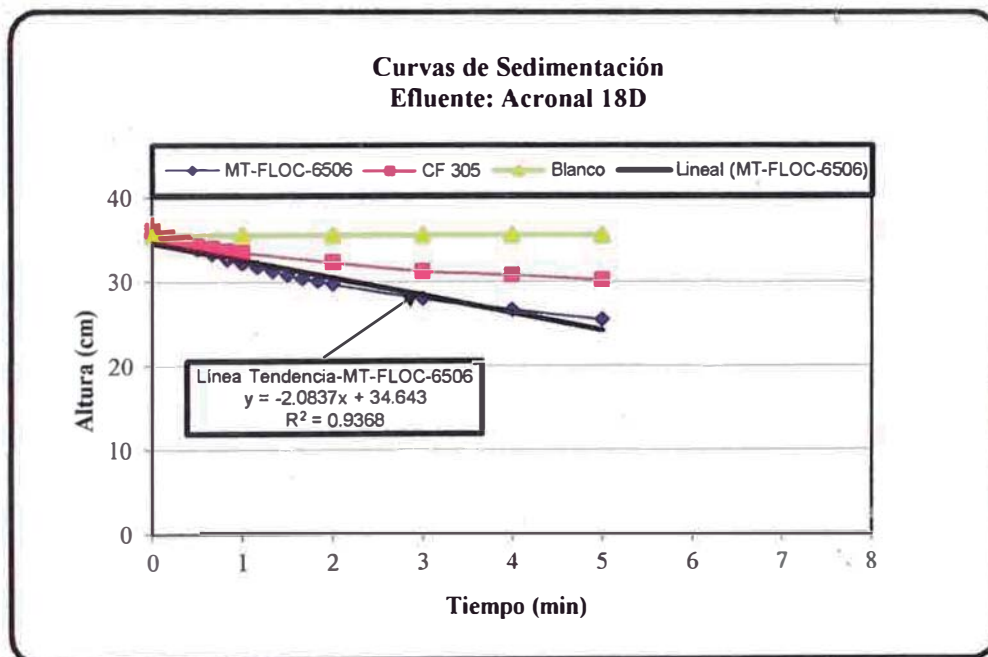


Figura 9.15 Líneas tendencia de las curvas de velocidad de sedimentación

Evaluación N°2

Tabla 9.28 Dosis de coagulante y floculante

Floculante	Dosis	Coagulante	Dosis
CF305 al 0.1%	15 ppm	FeCl ₃ al 10%	300 ppm



Blanco	FeCl ₃ al 10% CF305 al 0.1%	300ppm 15ppm
		
pH	7.49	3.02
Turbidez (NTU)	>4000	20.3

Figura 9.16 Evaluación en probetas

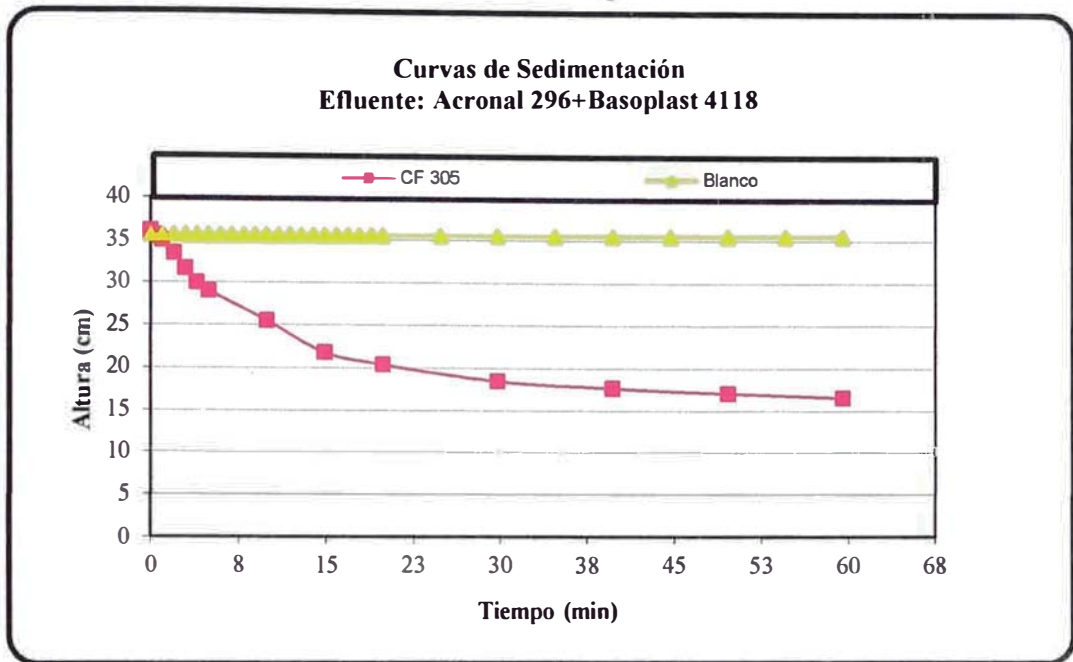


Figura 9.17 Gráficas de velocidad de sedimentación

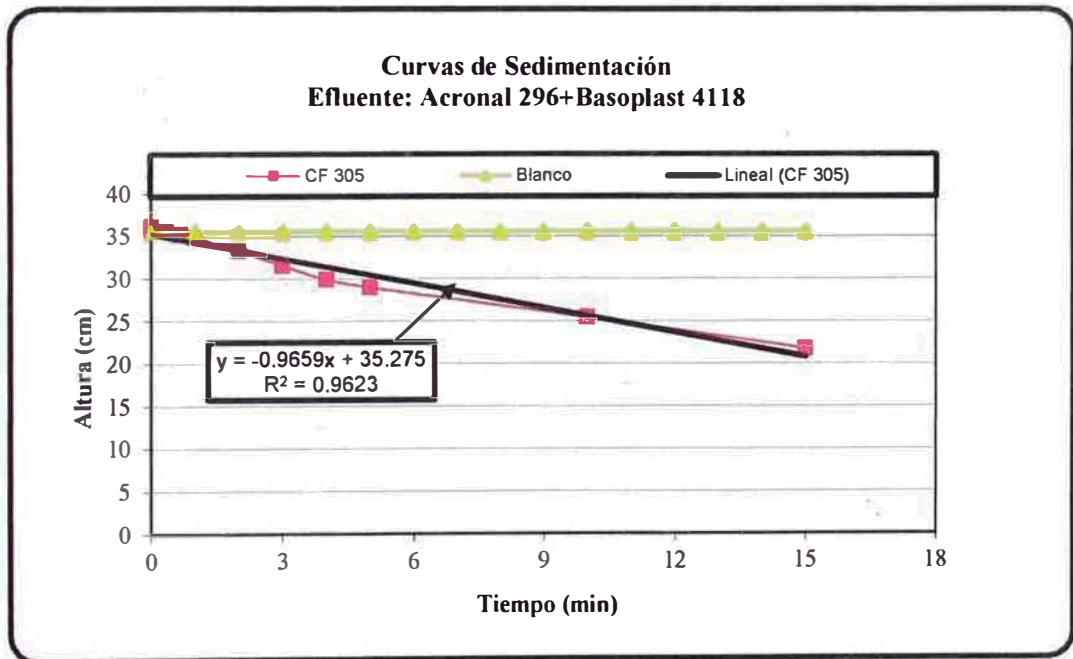


Figura 9.18 Líneas tendencia de las curvas de velocidad de sedimentación

Evaluación N°3

Tabla 9.29 Dosis de coagulante y flocula

Floculante	Dosis	Coagulante	Dosis
CF305 al 0.1%	17ppm	FeCl ₃ al 10%	260 ppm

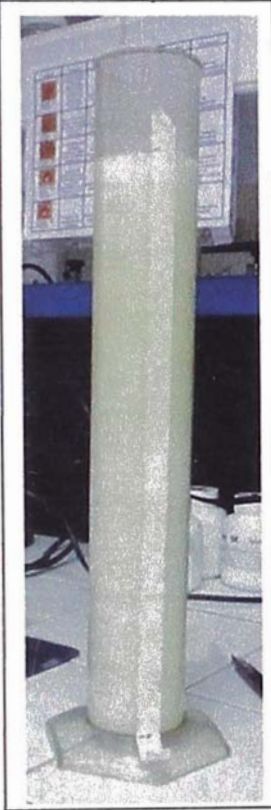

Blanco	FeCl ₃ al 10% CF305 al 0.1%	260ppm 17ppm
		
PH	7.48	3.18
Turbidez (NTU)	3925	27.5

Figura 9.19 Evaluación en probetas

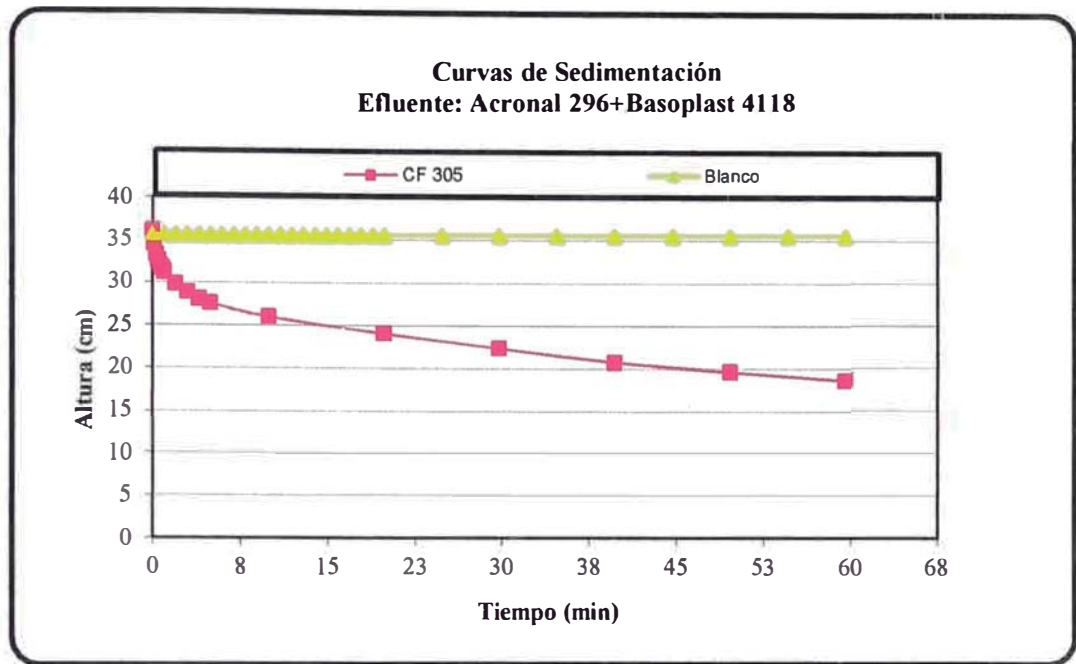


Figura 9.20 Gráficas de velocidad de sedimentación

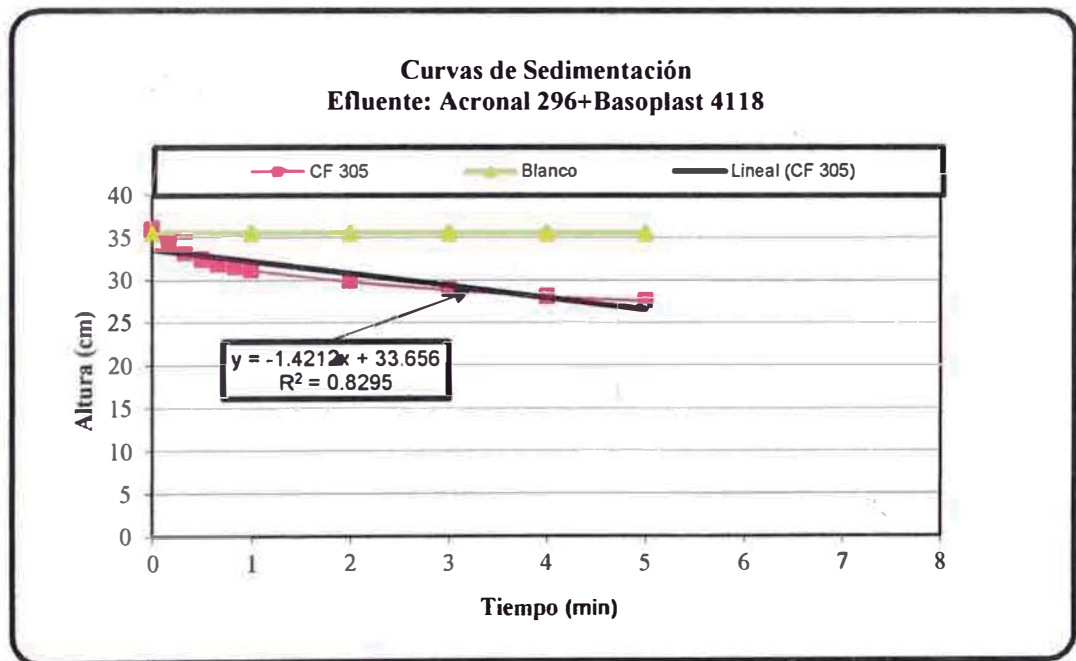


Figura 9.21 Líneas tendencia de las curvas de velocidad de sedimentación

Evaluación N°4

Tabla 9.30 Concentración de coagulante y floculante

Floculante	Dosis	Coagulante	Dosis
CF-305 al 0.1%	10 ppm	Polifloc PAC 100	2000 ppm
Magnafloc 1011 al 0.1%	10 ppm	Polifloc PAC 100	2000 ppm

Tabla 9.31 Reporte de la altura de sedimentación de los floculos en función del tiempo

pH del Efluente 7.86			
Polifloc PAC100 2000ppm Sedipur CF305 10ppm		Polifloc PAC100 2000ppm Magnafloc 1011 10ppm	
Tiempo (min)	Altura (cm)	Tiempo (min)	Altura (cm)
0.0	36.5	0.0	36.60
0.3	34.5	0.3	36
0.7	33.2	0.7	35.20
1.0	32.2	1.0	34.40
2.0	27.1	2.0	30.30
3.0	24.7	3.0	26.00
4.0	23.3	4.0	22.20
5.0	20.8	5.0	20.10
10.0	15.4	10.0	14.50
15.0	13.9	20.0	11.10
20.0	12.9	30.0	9.90
30.0	11.5		

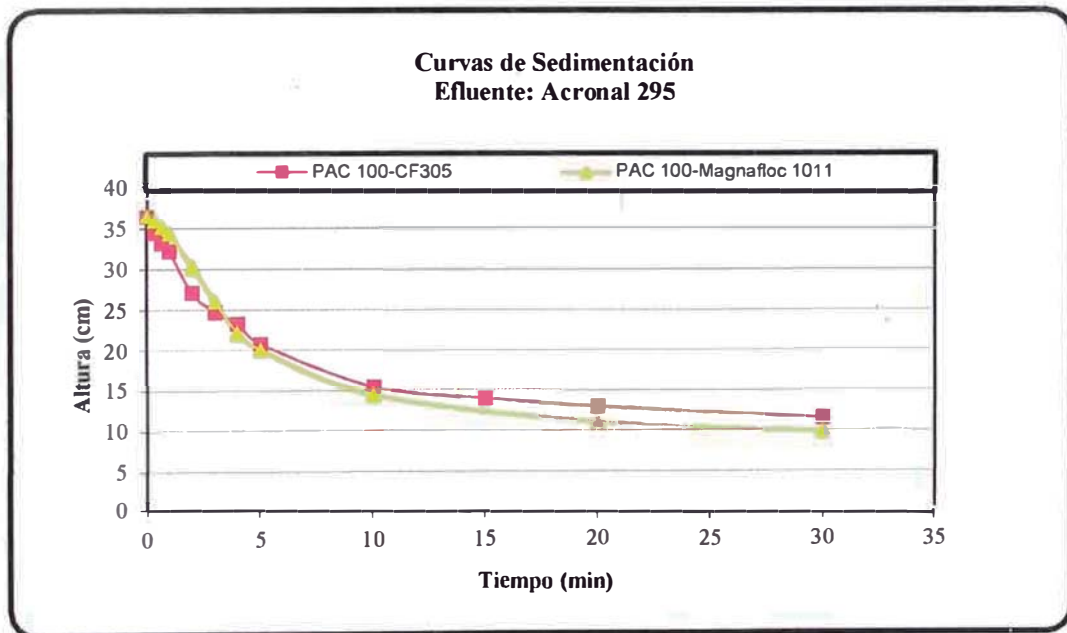


Figura 9.22 Gráficas de velocidad de sedimentación

Evaluación N°5

Tabla 9.32 Concentración de coagulante y floculante

Floculante	Dosis	Coagulante	Dosis
CF-305 al 0.1%	5 ppm	Polifloc PAC 100	2400 ppm
Magnafloc 1011 al 0.1%	5 ppm	Polifloc PAC 100	2400 ppm

Tabla 9.33 Reporte de la altura de sedimentación de los floculos en función del tiempo

pH del Efluente 7.12			
Polifloc PAC100 2400ppm Sedipur CF305 5ppm		Polifloc PAC100 2400ppm Magnafloc 1011 5ppm	
Tiempo (min)	Altura (cm)	Tiempo (min)	Altura (cm)
0.0	36.6	0.0	36.50
0.3	35.1	0.3	34.8
0.7	34.0	0.7	32.60
1.0	33.1	1.0	31.40
2.0	29.9	2.0	28.10
3.0	27.6	3.0	25.30
4.0	25.7	4.0	22.90
5.0	24.0	5.0	21.10
10.0	19.3	10.0	16.60
20.0	15.4	20.0	13.10
30.0	13.9	30.0	11.90

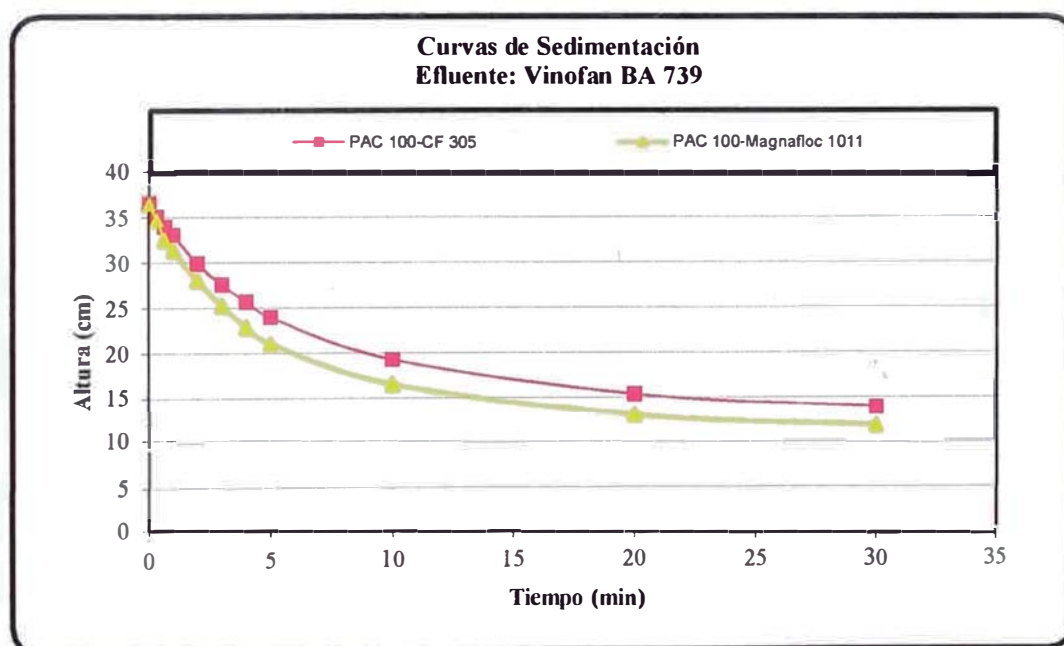


Figura 9.23 Gráficas de velocidad de sedimentación