

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



TÍTULO DE LA TESIS:

**"USO COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE ULTRAFILTRACIÓN Y
FLOCULACIÓN QUÍMICA PARA LA REMOCIÓN DE METALES
PRESENTES EN EL DRENAJE ÁCIDO DE LA UNIDAD MINERA LA
CIMA "**

**PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
QUÍMICO**

PRESENTADO POR:

**IDALIA ESPERANZA, CORI LAMADRID
DEMIS RICARDO DANIEL, MILIÁN GUTIÉRREZ**

Callao, Mayo 2016

Perú

PRÓLOGO DEL JURADO

La presente tesis fue sustentada por los Bachilleres Milián Gutierrez Demis Ricardo Daniel y Cori Lamadrid Idalia Esperanza, ante el JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS conformado por los siguientes Docentes Ordinarios:

Ing. LAZO CAMPOSANO ROBERTO	: Presidente
Ing. AVELINO CARHUARICRA CARMEN GILDA	: Secretaria
Ing. HERRERA SANCHEZ SONIA ELIZABETH	: Vocal
Ing. REYNA MENDOZA GLADIS ENITH	: Asesora

tal como está asentado en el Libro de Actas de Sustentación de Tesis N° 02, Folio N° 79, Acta N° 262, de fecha VEINTISEIS DE JULIO DE 2016, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico, de acuerdo a lo normado por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado por Resolución N° 082-2011-CU de fecha 29 de abril de 2011, modificada con Resolución No. 221-2012-CU de fecha 19 de setiembre 2012.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

PROVEIDO N°. 1133-2016-FIQ

**ASUNTO: CONFORMIDAD DE APROBACION DE
SUSTENTANACIÓN DE TESIS.**

**REF.: DOCUMENTO DEL PRESIDENTE DE
JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS -
INGENIERO ROBERTO LAZO CAMPOSANO.**

INGRESO: 2199

**PASE AL SEÑOR BACHILLER MILIAN GUTIERREZ
DEMIS RICARDO DANIEL Y SEÑORITA
BACHILLER CORI LAMADRID IDALIA
ESPERANZA, PARA EL TRÁMITE RESPECTIVO.**

Bellavista, 05 de agosto 2016.

Universidad Nacional del Callao
Facultad de Ingeniería Química


.....
Ing. Dr. Luis Carrasco Venegas
Decano

Pily c.

cc. ARCHIVO.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

Bellavista, 02 de Agosto del 2016.

Señor Ing.
Dr. LUIS CARRASCO VENEGAS
Decano de la Facultad de Ingeniería Química.

2199
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
Secretaría de Decanato
FECHA: 05 AGO 2016 10:40
HORA: 


Presente.-

Es muy grato dirigirme a usted a fin de hacerle llegar un cordial saludo y al mismo tiempo comunicarle lo siguiente:

Que, habiéndose realizado la sustentación de Tesis el día 26 de Julio del presente, con la presencia de todos los miembros de Jurado de Sustentación de Tesis titulado : **“ USO COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE ULTRAFILTRACIÓN Y FLOCULACIÓN QUÍMICA RARA LA REMOCIÓN DE METALES PRESENTES EN EL DRENAJE ACIDO DE LA UNIDAD MINERA LA CIMA “**, presentado por los Bachilleres **MILIAN GUTIERRES DEMIS RICARDO DANIEL** y **CORI LAMADRID IDALIA ESPERANZA**; cumpla con informar que se realizó en forma normal habiendo sido **APROBADO** por los miembros de Jurado de Sustentación de Tesis.

Por lo tanto, sugiero que se siga con los trámites correspondientes.

Aprovecho la, oportunidad para agradecerle por la atención que se sirva dar al presente y reiterarle los sentimientos de mi especial consideración.

Atentamente



Ing. Roberto Lazo Gamposano
CIP 8850

Presidente de Jurado de Sustentación
de Tesis

DEDICATORIA

La dedicatoria va para mi familia, pero en especial a mi padre Jorge, cuya determinación fue el pilar fundamental para culminar la carrera y esta tesis. También para mi abuelo Rómulo quien ya no nos acompaña físicamente pero cuya memoria y enseñanzas siguen siendo mi guía día tras día.

"Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber."

Albert Einstein

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio. A mis padres y a mi hermano, por darme las bases y herramientas para crecer e ir cumpliendo mis metas, por su amor, apoyo y compañía en todo momento.

"Solo es útil el conocimiento que nos hace mejores."

Sócrates

AGRADECIMIENTOS

La naturaleza de la vida es un constante crecimiento, es por eso que en esta oportunidad quisiéramos agradecer a nuestros padres y hermanos por su cariño y aliento

A nuestros profesores Policarpio Suero, Roberto Lazo, Oscar Taranco por su apoyo en la revisión y asesoría en el desarrollo de esta tesis.

A la Señora Pilar por su amabilidad para asesorarnos en el debido proceso administrativo de presentación e inscripción de la tesis. A José por la paciencia y ayuda en las corridas experimentales en el LOPU.

A nuestros amigos Miguel Ubillús, Antenor Torres, Maritza Quispe y Luis Pérez por habernos apoyado de manera desinteresada a concretar este peldaño de nuestro crecimiento personal, académico y profesional.

ÍNDICE	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN.....	3
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.1. Identificación del Problema.....	5
1.2. Formulación del Problema.....	6
1.2.1. Problema general.....	6
1.2.2. Problemas específicos.....	7
1.3. Objetivos.....	7
1.3.1. Objetivo general.....	7
1.3.2. Objetivos específicos.....	7
1.4. Justificación.....	7
1.5. Importancia.....	8
II. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Antecedentes.....	9
2.2. Marco teórico y conceptual.....	11
2.2.1. Conceptos Generales y Definiciones.....	11
2.2.2. Definiciones de términos básico u otros contenidos.....	18
III. VARIABLES E HIPÓTESIS.....	45
3.1. Variables de la investigación.....	45
3.1.1. Variables Dependientes.....	45

3.1.2. Variables Independientes.....	45
3.2. Operacionalización de variables.....	46
3.3. Hipótesis.....	47
3.3.1. Hipótesis General.....	47
3.3.2. Hipótesis Específicas.....	47
IV. METODOLOGÍAS.....	48
4.1. Tipo de investigación.....	48
4.2. Diseño de la Investigación.....	48
4.2.1. Floculación Química:.....	49
4.2.2. Ultrafiltración.....	50
4.3. Población y muestra.....	52
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	53
V. RESULTADOS.....	54
5.1. Floculación Química:.....	54
5.2. Ultrafiltración:.....	67
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	72
VII. CONCLUSIONES.....	76
VIII. RECOMENDACIONES.....	78
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 3.1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	46
TABLA N° 5.2: ANÁLISIS MUESTRA NÚMERO 1 DE FLOCULACIÓN QUÍMICA	54
TABLA N° 5.3: ANÁLISIS MUESTRA NÚMERO 2 DE FLOCULACIÓN QUÍMICA	57
TABLA N° 5.4: ANÁLISIS MUESTRA NÚMERO 3 DE FLOCULACIÓN QUÍMICA	60
TABLA N° 5.5: ANÁLISIS DE MUESTRAS DE FLOCULACIÓN QUÍMICA A PH 7	62
TABLA N° 5.6: ANÁLISIS DE MUESTRAS DE FLOCULACIÓN QUÍMICA CON COAGUALANTE AF8642	63
TABLA N° 5.7: ANÁLISIS DE MUESTRAS DE FLOCULACIÓN QUÍMICA CON FLOCULANTE WET 6912.....	64
TABLA N° 5.8: RESULTADOS PROMEDIO DE PARÁMETROS MEDIDOS EN FLOCULACIÓN QUÍMICA.....	65
TABLA N° 5.9: MEDIDAS PARA CALIBRACIÓN DE EQUIPO DE ULTRAFILTRACIÓN	67
TABLA N° 5.10: RESULTADOS DE ANÁLISIS PARA MUESTRAS RESULTANTES DE CADA UNO DE LOS PROCESOS E INICIAL.....	69

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

DIAGRAMA N° 5.1: MUESTRA NÚMERO 1 DE FLOCULACIÓN QUÍMICA PH VS TURBIDEZ Y CONDUCTIVIDAD.....	55
DIAGRAMA N° 5.2 : MUESTRA NÚMERO 1 DE FLOCULACIÓN QUÍMICA COAGULANTE VS TURBIDEZ Y CONDUCTIVIDAD	55
DIAGRAMA N° 5.3: MUESTRA NÚMERO 1 DE FLOCULACIÓN QUÍMICA FLOCULANTE VS TURBIDEZ Y CONDUCTIVIDAD.....	56
DIAGRAMA N° 5.4: MUESTRA NÚMERO 2 DE FLOCULACIÓN QUÍMICA PH VS TURBIDEZ Y CONDUCTIVIDAD.....	58
DIAGRAMA N° 5.5: MUESTRA NÚMERO 2 DE FLOCULACIÓN QUÍMICA COAGULANTE VS TURBIDEZ Y CONDUCTIVIDAD	58
DIAGRAMA N° 5.6: MUESTRA NÚMERO 2 DE FLOCULACIÓN QUÍMICA FLOCULANTE VS TURBIDEZ Y CONDUCTIVIDAD	59
DIAGRAMA N° 5.7: MUESTRA NÚMERO 3 DE FLOCULACIÓN QUÍMICA PH VS TURBIDEZ Y CONDUCTIVIDAD.....	61
DIAGRAMA N° 5.8: MUESTRA NÚMERO 3 DE FLOCULACIÓN QUÍMICA COAGULANTE VS TURBIDEZ Y CONDUCTIVIDAD	61
DIAGRAMA N° 5.9: MUESTRA NÚMERO 3 DE FLOCULACIÓN QUÍMICA FLOCULANTE VS TURBIDEZ Y CONDUCTIVIDAD	62
DIAGRAMA N° 5.10: ANÁLISIS DE MUESTRAS DE FLOCULACIÓN QUÍMICA A PH 7VS TURBIDEZ Y CONDUCTIVIDAD.....	63
DIAGRAMA N° 5.11: ANÁLISIS DE MUESTRAS DE FLOCULACIÓN QUÍMICA CON COAGULANTE AF8642 VS TURBIDEZ Y CONDUCTIVIDAD	64
DIAGRAMA N° 5.12: ANÁLISIS DE MUESTRAS DE FLOCULACIÓN QUÍMICA CON FLOCULANTE WET 6912 VS TURBIDEZ Y CONDUCTIVIDAD.....	65

DIAGRAMA Nº 5.13: RESULTADOS PROMEDIO DE PARÁMETROS MEDIDOS EN FLOCULACIÓN QUÍMICA VS TURBIDEZ Y CONDUCTIVIDAD	66
DIAGRAMA Nº 5.14: CAUDAL VS TURBIDEZ Y CONDUCTIVIDAD PARA CALIBRACIÓN DE EQUIPO DE ULTRAFILTRACIÓN	68
DIAGRAMA Nº 5.15: DISMINUCIÓN DEL HIERRO.....	70
DIAGRAMA Nº 5.16: DISMINUCIÓN DEL NÍQUEL	70
DIAGRAMA Nº 5.17: DISMINUCIÓN DEL MAGNESIO	71

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA Nº 2.1: DIAGRAMA DEL EQUIPO DE ULTRAFILTRACIÓN.....	14
FIGURA Nº 2.2: COAGULACIÓN	17
FIGURA Nº 2.3: ÍNDICES DE WILCOMB PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DEL FLÓCULO	19
FIGURA Nº 2.4: EQUILIBRIO DE SOLUBILIDAD DEL SiO_2	26
FIGURA Nº 2.5: DIAGRAMA DE FLUJO PARA FLOCULACIÓN QUÍMICA.....	27

RESUMEN

En la presente tesis se realizó el análisis y comparación de resultados entre los métodos de ultrafiltración y floculación química bajo las condiciones más adecuadas en cada uno de los casos, para la reducción del contenido de hierro, níquel y magnesio en el agua de drenaje ácido tomada de Cajamarca, de la Mina de oro y cobre situada en las coordenadas 6° 40' 48" S, 78° 31' 48" W.

Para éste informe tomamos como parámetros de evaluación los límites máximos permisibles del Decreto supremo número 010-2010 MINAM, la Normativa Legal de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y el DECRETO N° 32327-S de Costa Rica el cual está basado en las recomendaciones de la OMS.

Se determinó el pH, el coagulante y el floculante más adecuado para el método de floculación química teniendo en cuenta la turbidez y conductividad de las muestras obtenidas en la prueba de jarras. Para la Ultrafiltración se utilizó el caudal y presión más adecuados obtenidos mediante el análisis experimental de la muestra preparada con 50 litros de agua y 7,40 ppm de hierro, seleccionando los parámetros bajo los que se obtuvo una mayor reducción de hierro.

El estudio concluyó que el método más adecuado es el de Ultrafiltración a 5,5 gpm y 24 psi, presentó una reducción de hierro en 99,23%, de níquel en 86,70% y de magnesio en 99,01%; en comparación con el método de Floculación química, a pH 7, con coagulante AF 8642 y floculante WET 6912, aplicados en un equipo de Prueba de Jarras a 60 rpm con agitación constante durante 5 minutos que presentó la reducción de hierro en 96,70%, de níquel en 75,4% y de magnesio en 3,52%.

ABSTRACT

The present thesis made an analysis and comparison of the results between ultrafiltration and chemical flocculation method under the most appropriate conditions in each case, to reduce the content of iron, nickel and magnesium in the acid drain water taken from Cajamarca, Mine of gold and cooper located at 6° 40' 48" S, 78° 31' 48" W.

For this report it has being set as parameters for assessing: the maximum permissible limits of Supreme Decree No. 010-2010 MINAM, the legal regulations of the National Environmental Quality Standards for Water and Decree No. 32327-S of Costa Rica which is based on OMS recommendations.

The pH, the coagulant and flocculent most suitable was determined for chemical flocculation method considering turbidity and conductivity of the samples obtained in jar testing. The most suitable flow and pressure obtained by the experimental analysis of the sample prepared with 50 liters of water and 7,40 ppm of iron, selecting the parameters under which a further reduction of iron was obtained, was used for ultrafiltration.

The study concludes that the most appropriate method is ultrafiltration at 5,5 gpm and 24 psi, which presented a reduction of 99,23% iron, 86,70% of nickel and 99,01% of magnesium; in comparison to the chemical flocculation method, at pH 7 with coagulant AF 8642 and flocculent 6912 WET applied at Jar Test at 60 rpm under constant stirring for 5 minutes presented the iron reduction 96,70%, 75,4% of nickel and 3,52% of magnesium.

INTRODUCCIÓN

La propuesta del presente trabajo de investigación consistió en el uso comparativo de los métodos de Floculación química y Ultrafiltración.

Se tuvo como referencia el Decreto supremo número 010-2010 MINAM que aprueba los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero metalúrgicas y la Normativa Legal de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, contrastamos los resultados obtenidos de la experimentación mediante análisis de laboratorio de las concentraciones de hierro, níquel y magnesio de la muestra obtenida en Cajamarca, Mina de oro y cobre ubicada en Coordenadas: 6° 40' 48" S, 78° 31' 48" W

Esta comparación fue realizada teniendo en cuenta la eficiencia en la remoción de Hierro, Magnesio y Níquel, tanto de manera individual en una primera instancia, como, finalmente, una comparativa global de ambos procesos.

La ultrafiltración, o tecnología de membranas, representa la forma más absoluta de retener sólidos en suspensión. Consigue retener materia coloidal y grandes moléculas orgánicas. A través de la membrana se realiza un flujo poroso y viscoso de forma que su estructura física determinará el caudal de paso y el rechazo de partículas.

La floculación química consiste básicamente en la aglomeración de los coloides mediante la atracción de las partículas con el aglutinamiento que se logra por la presencia de sustancias conocidas como floculantes.

Aplicamos una metodología transversal y experimental, es decir, se cuantificó la concentración de hierro, níquel y magnesio en las muestras de efluentes basadas en los análisis químicos realizados en laboratorio de análisis por espectroscopía de absorción atómica, en un tiempo determinado interesando estudiar el problema en ese momento.

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del Problema

La industria de explotación minera es una de las actividades más problemáticas en todo el mundo. La extracción minera y su proceso son fuente de muchos contaminantes que están dispuestos en el ambiente, de ahí la contaminación del agua, el suelo y el aire. La exposición de los minerales sulfurosos al aire, agua, procesos microbianos y oxidación produce drenaje ácido de mina, caracterizado por su alta acidez y alta cantidad de metales pesados disueltos. Cuando esta agua contaminada alcanza los cuerpos del agua, las alteraciones del ecosistema de hecho ocurrirán. La flora y la fauna pueden ser afectadas y los recursos hídricos pueden tornarse dañinos para el consumo humano o los propósitos agrícolas e industriales. También la infiltración del drenaje ácido de la mina puede contaminar suelos y el agua subterránea. (1)

Hace alrededor de 30 años, se desarrolló una preocupación ambiental asociada al agua ácida, la cual es rica en metales disueltos, conocida como "drenaje ácido de mina" o DAM. No obstante, el drenaje ácido no ocurre únicamente en las minas, por lo que el término "drenaje ácido de roca" o DAR también es usado comúnmente.

Cualquiera sea el término empleado, DAM o DAR, el drenaje ácido se refiere a:

“Drenaje contaminado que resulta de la oxidación de minerales sulfurados y lixiviación de metales asociados, provenientes de las rocas sulfurosas cuando son expuestas al aire y al agua. El desarrollo del DAR es un proceso dependiente del tiempo y que involucra procesos de oxidación tanto químicos como biológicos y fenómenos físico-químicos asociados, incluyendo la precipitación y el encapsulamiento”.

Con el tiempo las características del drenaje pueden cambiar, de ligeramente alcalino hasta casi neutro y finalmente ácido.

Generalmente el DAR se caracteriza por:

- Valores de pH por debajo de 7 hasta menores de 1.
- Alcalinidad decreciente y acidez creciente.
- Concentraciones elevadas de sulfato.
- Concentraciones elevadas de metales (disueltos o totales).
- Concentraciones elevadas de sólidos disueltos totales. (2)

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

- ¿Qué método, entre los procesos de floculación química y ultrafiltración, es más eficiente para la remoción de metales presentes en el drenaje ácido (DAM) de la Unidad Minera La Cima?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Qué características químicas iniciales presenta el drenaje ácido de mina de la Unidad Minera La Cima?
- ¿Bajo qué condiciones se aplican cada una de las tecnologías a comparar?
- ¿Cuál de estas metodologías presenta mayor eficiencia en la remoción de los metales presentes en el DAM?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Comparar los métodos para la remoción de metales presentes en el drenaje ácido de la Unidad Minera La Cima.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el agua de drenaje ácido presente en el área de impacto de la U.M. La Cima.
- Aplicar las tecnologías de floculación química y tecnología de membranas bajo condiciones óptimas en cada caso, evaluando la cantidad de metales presentes al final del proceso.
- Comparar los resultados y evaluar la eficiencia de cada una de las tecnologías aplicadas.

1.4. Justificación

Las razones que justificaron la presente investigación son:

- a. Legal: Los resultados de la presente investigación contribuyen al cumplimiento de las normas ambientales que regulan el grado de concentración del drenaje ácido de mina.
- b. Económico: En temas económicos, estos resultados presentan una alternativa que a la larga significará una economía más favorable que el método tradicional para el tratamiento del drenaje ácido de mina.
- c. Social: Representa una contribución a la protección de la salud de las poblaciones aledañas donde se desarrollan actividades mineras con presencia del drenaje ácido de mina.
- d. Cultural: En lo cultural esta investigación contribuye y favorece la cultura ambiental para el aporte que se da en ventaja de la ultrafiltración.
- e. Teórico: Esta investigación y sus resultados permitieron incrementar el conocimiento en el tratamiento del drenaje ácido de mina.

1.5. Importancia

Se presentó una alternativa producto de una investigación que permitió solucionar la problemática del drenaje ácido de mina que se da como parte de la actividad minera

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Los estudios que abarcan el tratamiento de Drenajes Ácidos de Minas se han encaminado hacia la búsqueda de alternativas que permitan mitigar el impacto ambiental que la actividad minera genera en los cuerpos de agua.

Las alternativas comúnmente aplicadas incluyen mecanismos biológicos y químicos que permiten la neutralización y posterior eliminación de los metales presentes en estos drenajes (3)

Una de las alternativas químicas más utilizada ha sido la precipitación utilizando neutralización con cal y un polímero floculante (4). Se observó que era posible la remoción de iones Fe y Mn en tasas superiores al 98%, solamente utilizando la neutralización, floculación y flotación (5).

Este proceso abate efectivamente iones metálicos y sulfato, adecuando los iones a las concentraciones residuales permitidas para los padrones de agua industriales, siendo posible el re-uso de DAM después de depurada (6). La mayor desventaja de este método es la elevada cantidad de lodo generado (7)

En relación al tratamiento de DAM, el proceso convencional es normalmente dividido en dos etapas:

Neutralización de agua ácida con cal y precipitación de los iones metálicos, en forma de hidróxidos seguido de espesamiento y/o filtración del lodo formado. La adición de una base es esencial en la formación del hidróxido precipitado. Los reactivos más comunes

son cal y sosa cáustica. Además, son utilizados agentes floculantes poliméricos para acelerar la separación sólido/líquido.

La alternativa a la sedimentación es la flotación por aire disuelto (FAD) de los sólidos después de la floculación o hidrofobización con "colectores" (como en la flotación de minerales) (8). Esta alternativa mostró ser la solución para el tratamiento de DAM de la empresa Metropolitana S.A. en Criciúma-SC-Brasil (9), donde varias ventajas fueron encontradas para la flotación en relación a la sedimentación: i. mejor control de los lodos generados por unidad de tiempo; ii. El proceso de separación de los sólidos es más rápido y iii. Los sólidos flotados poseen un menor contenido de agua, en orden de 30 % (10).

En la ultrafiltración, el tamaño de poro de la membrana oscila entre 0,001 y 0,1 μm , empleando fuerzas impulsoras de hasta 10 bar. La principal aplicación de este proceso es la separación de macromoléculas con un peso molecular comprendido entre 1.000 y 300.000 Da. En estas membranas, los efectos de la presión osmótica son pequeños y la presión transmembranal aplicada se utiliza fundamentalmente para compensar la resistencia del líquido para permear a través de la red porosa de la membrana.

Algunas aplicaciones de la ultrafiltración son la concentración de proteínas, enzimas, hormonas; el tratamiento de residuos y

efluentes químicos y nucleares (11); la recuperación y reciclaje de baños de pintura electrostática de automoción (12); en la industria papelera; pretratamiento de aguas salinas para su posterior tratamiento por ósmosis inversa (13), etc.

2.2. Marco teórico y conceptual

2.2.1. Conceptos Generales y Definiciones

Drenajes Ácidos de Minas (DAM)

El fenómeno de drenaje ácido proveniente de minerales sulfurosos es un proceso que ocurre en forma natural.

Hace sólo alrededor de 20 años, se desarrolló una preocupación ambiental asociada con esta agua ácida, rica en metales disueltos, así como el término "drenaje ácido de mina" o DAM. No obstante, el drenaje ácido no ocurre únicamente en las minas, por lo que el término "drenaje ácido de roca" o DAR también es usado comúnmente.

Cualquiera sea el término empleado -DAM o DAR- el drenaje ácido se refiere a: drenaje contaminado que resulta de la oxidación de minerales sulfurados y lixiviación de metales asociados, provenientes de las rocas sulfurosas cuando son expuestas al aire y al agua. El desarrollo del DAR es un proceso dependiente del tiempo y que involucra procesos de oxidación tanto química como biológica y fenómenos físico-químicos asociados, incluyendo la precipitación y el encapsulamiento.

Es importante reconocer que la definición se refiere al drenaje contaminado. El desarrollo del clásico DAR de pH bajo y rico en metales es un proceso que depende del tiempo. A lo largo del tiempo, la química del agua de drenaje cambiará, volviéndose gradualmente más ácida, con concentraciones crecientes de metales. Sin embargo, como se describe en la definición, el DAR se refiere a todo drenaje contaminado como resultado de los procesos de oxidación y lixiviación de los minerales sulfurosos. Con el tiempo las características del drenaje pueden cambiar, de ligeramente alcalino hasta casi neutro y finalmente ácido. (14)

Drenaje ácido de mina es el agua contaminada originada de la explotación minera, ya sea superficial o profunda, típicamente de alta acidez, rica en sulfato y con niveles elevados de metales pesados, principalmente hierro, manganeso y aluminio. Debido a la alta cantidad de hierro oxidado, el drenaje ácido de la mina es a menudo rojizo coloreado.

El drenaje ácido de la mina ocurre cuando los minerales del sulfuro se ponen en contacto con el oxígeno y el agua, condiciones favorables para su oxidación química o a la oxidación rápida por bacterias tales como *Thiobacillus ferrooxidans*. Algunos autotrofos de hierros oxidados tales como *Leptospirillum ferrooxidans*, *Thiobacillus thiooxidans* y *Sulfolobolus brierleyii* se pueden asociar también a la oxidación mineral biológica.

La alta acidez de DAM es causada a menudo por la oxidación de la pirita, la forma cristalina del sulfuro del hierro (FeS_2). Como resultado de esa oxidación, el ácido sulfúrico se genera dando condiciones ácidas a los efluentes de la mina. (1)

Ultra filtración

Esta tecnología de membranas representa la forma más absoluta de retener sólidos en suspensión. El tamaño de los poros de las membranas puede ser tan pequeño como de 0,001 a 0,02 micras y pueden procesar aguas con concentración de sólidos relativamente importantes. Consigue retener materia coloidal y grandes moléculas orgánicas. A través de la membrana se realiza un flujo poroso y viscoso de forma que su estructura física determinará el caudal de paso y el rechazo de partículas. Comparadas con las membranas de ósmosis inversa, son demasiado porosas para poder desalinizar y tampoco soportan una presión osmótica importante.

El tamaño de poro se caracteriza por el corte de peso molecular que puede cruzar o no la membrana. Van desde 1000 a 80.000 micras aunque influye la forma de la partícula.

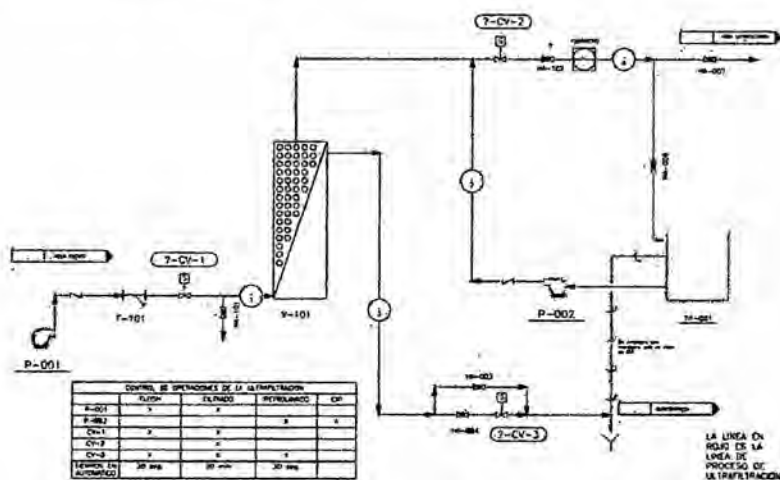
El fenómeno de polarización, que dificulta el paso, se debe a la concentración de macromoléculas y coloides sobre la superficie de la membrana, formando una capa de gel que aumenta la

resistencia al flujo. La circulación del líquido a filtrar a grandes velocidades a lo largo de la membrana, tiende a disminuir la capa de polarización y aumenta la productividad, pero representa un mayor coste de bombeo.

Las membranas se pueden fabricar con materiales diversos, siempre que sean compatibles con la solución alimentada y los agentes de limpieza que periódicamente se utilizan. Se fabrican con acetato de celulosa, PCV, poliacrilonitrilo, policarbonato y polisulfona. Por la forma de la membrana puede ser tubular, espiral o de fibra hueca. (15)

Figura N° 2.1: Diagrama del equipo de ultrafiltración

DIAGRAMA P&ID
EQUIPO DE ULTRAFILTRACION - UNAC



Fuente: Manual del usuario para el equipo de Ultrafiltración (Anexo 3).

(16)

Floculación Química

La floculación se consigue fácilmente con polímeros lineales de alto peso molecular. Aunque pueden ser no iónicos, comúnmente son polielectrolitos; las poliacrilamidas y sus derivados son ampliamente utilizados para aplicaciones prácticas. La floculación por medio de un polímero de alto peso molecular puede interpretarse mediante un mecanismo de formación de puentes, las moléculas de polímero pueden ser suficientemente largas y flexibles para ser adsorbidas sobre diversas partículas. La naturaleza exacta de la unión entre el polímero y la superficie de la partícula depende de las propiedades químicas de la disolución y de la naturaleza de las superficies de la partícula y del polímero.

Pueden considerarse varios tipos de interacción entre las superficies de los segmentos del polímero y de las partículas. En el caso de los polielectrolitos, la más fuerte de estas interacciones sería la asociación iónica entre un punto de la superficie con carga eléctrica y un segmento de polímero con carga opuesta, por ejemplo ácido poliacrílico y partículas de yoduro de plata cargadas positivamente.

Los polímeros pueden presentar una concentración de floculación óptima que depende del peso molecular y de la concentración de sólidos en la suspensión. Una dosis excesiva de floculante puede conducir de nuevo a la estabilización, al quedar la superficie de las

partículas saturada de polímero. Las concentraciones óptimas de floculante pueden determinarse mediante una serie de técnicas incluyendo los estudios de la velocidad de sedimentación, volumen de sedimentación, velocidad de filtración y claridad del líquido que sobrenada. (17)

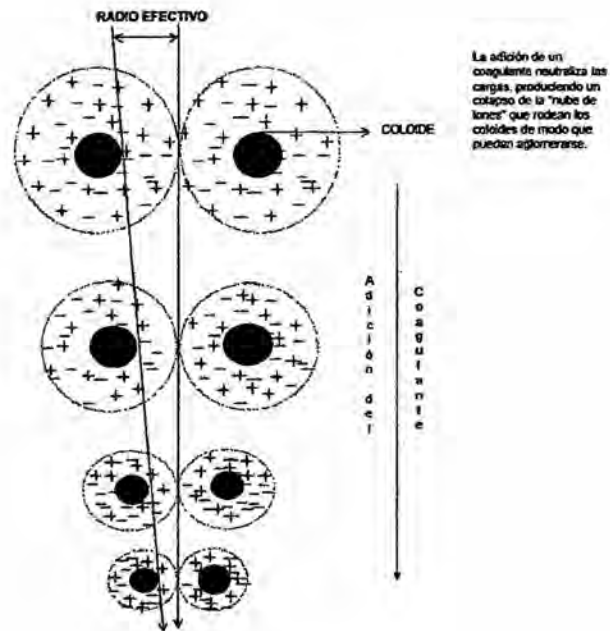
- Desestabilización.

El fenómeno mediante el cual se logra desestabilizar el coloide y su aglomeración posterior, es lo que se conoce como coagulación y floculación, de hecho es un proceso en dos etapas.

En la primera etapa de coagulación se elimina la doble capa eléctrica que caracteriza a los coloides, y la floculación se da a continuación y consiste básicamente en la aglomeración de los coloides mediante la atracción de las partículas con el aglutinamiento que se logra por la presencia de sustancias conocidas como floculantes.

En la siguiente figura 3 se muestra como las sustancias químicas anulan las cargas eléctricas de la superficie del coloide permitiendo que las partículas coloidales se aglomeren formando flóculos.

Figura N° 2.2: Coagulación



Fuente: Yolanda Andía Cárdenas TRATAMIENTO DE AGUA COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN Lima, Abril del 2000 (18)

- Mecanismos.

Los mecanismos que se presentan en el tratamiento de aguas son normalmente la coagulación-floculación.

La neutralización de la carga se logra mediante la adición de una sustancia denominada coagulante y que puede ser algún polímero inorgánico u orgánico de naturaleza catiónica.

Las cantidades que normalmente se requieren son bajas y un exceso de coagulante favorece para que la solución coloidal se haga más estable. El aglutinamiento normalmente es un mecanismo que se desea realizar una vez que las cargas eléctricas

hayan sido neutralizadas. Esto se puede lograr con la adición de un polímero que permita que los flóculos se vayan aglomerando. El entrapamiento es tal vez uno de los mecanismos más utilizados sobre todo cuando las soluciones son muy estables. Este se logra mediante la formación de un floculo de algún hidróxido de aluminio o de fierro, bajo condiciones controladas de concentración y pH. Este floculo arrastra los coloides y los entrapa dentro de su red para así eliminarlos.

- Mezclado.

En la práctica, una de las variables más importantes para lograr la floculación de los coloides es el mezclado.

En general se distinguen dos tipos de mezclado necesarios para lograr el fenómeno, primero un mezclado rápido para lograr la desestabilización de las partículas y segundo un mezclado lento que favorezca una variación gradual del gradiente del flujo. Este último es el requerido para llevar a cabo la floculación. (15)

2.2.2. Definiciones de términos básicos u otros contenidos

Floculante

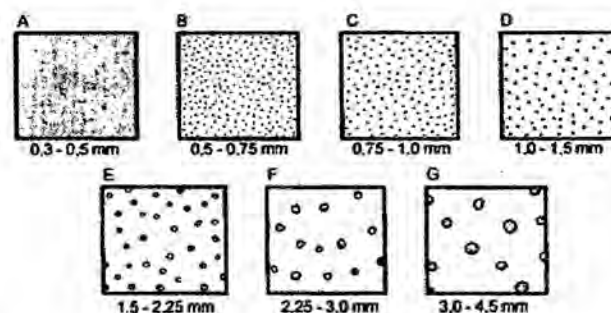
Los coadyuvantes de coagulación o floculantes no son coagulantes, pero ayudan al proceso de formación del floculo, actuando de puente o unión para captar mecánicamente las partículas en suspensión. La diferencia básica entre coagulante y floculante reside en que el coagulante anula las fuerzas repulsivas

entre las partículas coloidales, iniciando la formación de microfloculos, y el floculante engloba estos microfloculos aumentando su tamaño y densidad de modo que sedimenten más fácil y rápidamente (19).

El empleo de floculantes o polielectrólitos permite tratar mayores caudales de agua en estaciones depuradoras de aguas potables y residuales, además mejora la floculación cuando ésta es difícil por cambios de calidad, bajas temperaturas, etc.

El diámetro de los flóculos es variable desde menos de 0,001 mm hasta más de 5 mm, dependiendo de las condiciones de mezcla y floculación (gradientes de velocidad y tiempo de retención). Willcomb clasifica los flóculos por su tamaño, tal como se indica en la figura 3.

Figura N° 2.3: Índices de Wilcomb para determinar el tamaño del floculo



Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004 Tratamiento de agua para consumo humano Plantas de filtración rápida (20)

Pueden ser:

- a) Naturales (21): almidones y sus derivados, polisacáridos de compuestos celulósicos y ciertos compuestos proteínicos. Originan precipitados voluminosos que sedimentan rápidamente. Tienen la propiedad de recubrir a las partículas minerales de una película que favorece a la adhesión de éstas a los flóculos de hidróxido.
- b) Sintéticos (21): pequeñas moléculas portadoras de carga eléctrica, polimerizadas formando largas cadenas. Existen tres clases:
- No iónicos: poliacrilamidas. De tipo no iónico en disolución acuosa a pH neutro. En medio ácido o básico pueden adquirir carácter aniónico por hidrólisis parcial de los grupos amida.
 - Aniónicos: polímeros d acrilamida-acrilato. En medio ácido los grupos carboxílicos pueden no estar ionizados, de manera que no se manifiesta el carácter aniónico del polímero.
 - Catiónicos: amplio conjunto a base de poliacrilamidas catiónicas y poliaminas, con diversos pesos moleculares y grados de cationicidad. Especialmente aplicados a pH ácido.

Coagulante

Entre los coagulantes más comunes se encuentran las sales de hierro y aluminio para el proceso de desestabilización coloidal-adsorción superficial, por neutralización de cargas eléctricas, para constituir un agregado precipitante.

El coagulante ideal sería el que en primer lugar facilitara una carga para la desestabilización de los coloides y, después formará el coágulo o flóculo primario sobre el cual pudieran absorberse

fácilmente las partículas. En el caso de las aguas residuales, con cargas y contenido de materias orgánicas elevados, interesa una elevada densidad de carga para la desestabilización.

Pueden ser:

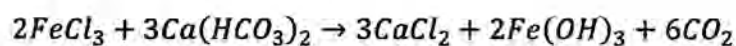
a. Coagulante Férrico

Los coagulantes inorgánicos basados en el hierro como elemento metálico tienen una gran aplicabilidad en el campo del tratamiento de aguas, en concreto el cloruro férrico se emplea masivamente en la depuración de efluentes urbanos e industriales al igual que otras sales de hierro (22).

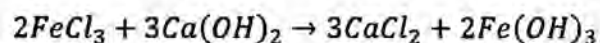
El cloruro férrico suele presentarse en forma de disolución acuosa conteniendo un 40-45% de $FeCl_3$ y raramente en forma sólida ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$). En forma de disolución acuosa presenta color parduzco, algo viscoso, mientras que en forma sólida aparece en forma cristalina, granular o en polvo. Se obtiene al oxidar con cloro líquido (Cl_2) el cloruro ferroso ($FeCl_2$), subproducto de la operación de decapado de acero con ácido clorhídrico, o fruto de la acción del ácido clorhídrico sobre chatarra.

Reacciones del cloruro férrico en el agua:

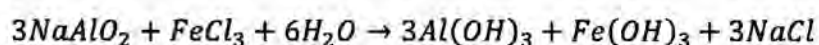
1) Con la alcalinidad



2) Con la cal

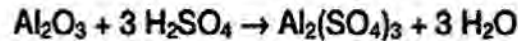


3) Con el aluminato sódico



b. Coagulante Aluminico

Otro de los coagulantes inorgánicos más utilizados es el sulfato de aluminio. El sulfato de aluminio es un producto que, tanto en su forma sólida como en disolución, se produce a partir de un mineral rico en aluminio, atacado por ácido sulfúrico según la reacción:



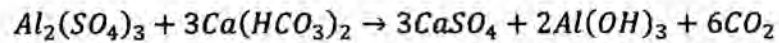
Al evaporar el exceso de agua se obtiene el producto comercial seco, cuya fórmula es $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$, que posterior y convenientemente molido proporciona un producto con una granulometría idónea, según exigencias del mercado.

Los efectos del tratamiento de aguas con sulfato de aluminio son los siguientes:

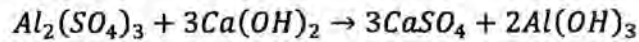
- Eliminación de la turbidez: Los complejos polinucleares desempeñan un importante papel en la neutralización del potencial Zeta y por tanto en la reducción de la turbidez existente en el agua.
- Reducción de la coloración: Se manifiesta a través de un incremento de la movilidad eléctrica, variando el pH de modo que normalmente el óptimo es algo inferior al necesario para que se produzca la eliminación deseable de color.
- Reducción de olores y sabores: Por medio de la coagulación se reducen sabores y olores, si bien pueden disponerse de tratamientos más específicos o enérgicos, como son el carbón activo, la oxidación con cloro, permanganato potásico y ozono.

Principales reacciones del sulfato de aluminio con la alcalinidad:

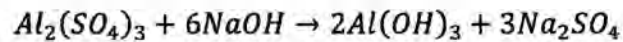
1) Sulfato de aluminio (líquido o sólido):



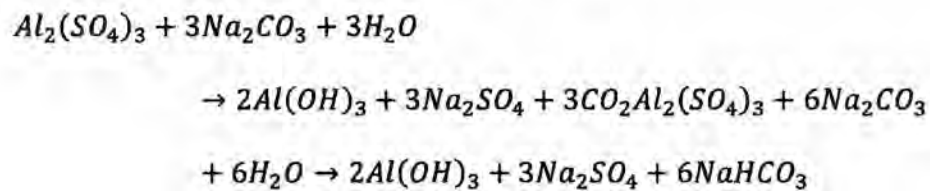
2) Sulfato de aluminio + cal:



3) Sulfato de aluminio + soda cáustica:



4) Sulfato de aluminio + carbonato sódico:



c. Coagulante Polimérico

Su uso es bastante generalizado en los países desarrollados; para ser usados, deben ser aprobados, previa evaluación, por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) a partir de datos toxicológicos confidenciales presentados por las industrias productoras.

Son polímeros aniónicos, catiónicos (de polaridad muy variable) o neutros, los cuales pueden presentar forma sólida (polvo) o líquida.

Son sustancias de un alto peso molecular, de origen natural o sintético. Requieren ensayos de coagulación y floculación antes de su elección.

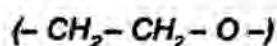
Los polímeros en polvo se usan bajo la forma de suspensión, que puede contener entre 2 y 10 g/L; la duración de las suspensiones

es inferior a una semana. Por lo general, requieren un tiempo de contacto entre 30 y 60 minutos. Por lo general, se usan dosis pequeñas (0,1 a 1 g/L). Para los polímeros líquidos, la distribución se hace a las mismas concentraciones, expresadas en producto seco. La solubilidad de los polímeros es variable y su viscosidad elevada (hasta 100 poises para concentraciones de 5 g/L). La masa volumétrica aparente varía de 300 a 600 kg/m³.

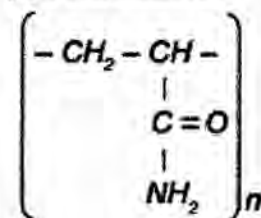
Los polímeros generalmente ejercen acción sobre el acero no protegido. Si un polímero contiene grupos ionizantes, se lo conoce como polielectrolito. Los polímeros sólidos son generalmente poliacrilamida o poliacrilamida hidrolizada y son no iónicos. Los líquidos son generalmente soluciones catiónicas, que contienen de 10 a 60% de polímero activo.

1. Polímeros no iónicos

(a) Óxido de polietileno

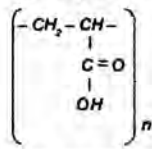


(b) Poliacrilamida

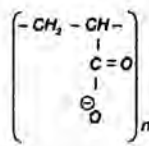
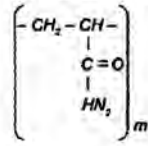


2. Polielectrolitos aniónicos

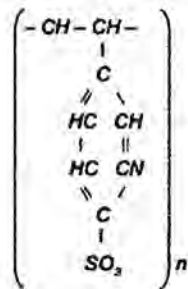
(a) Ácido poliacrílico



(b) Poliacrilamida hidrolizada

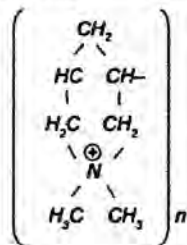


(c) Sulfonato de poliestireno

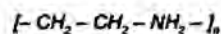


Poliectrolitos catiónicos

(d) Cat-floc (polidialildimetilamonio)



(e) Imina de polietileno

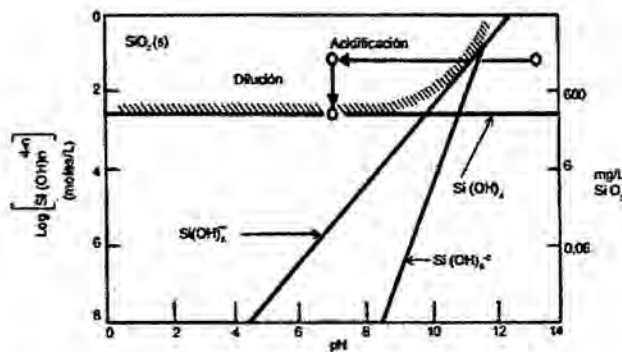


Los polielectrolitos pueden usarse, según el tipo, como coagulantes primarios o como ayudantes de coagulación. Como coagulantes primarios, la concentración empleada generalmente oscila entre 1 y 5 mg/L, mientras que como ayudantes de coagulación la concentración es menor: entre 0,1 y 2 mg/L.

La sílice activada es un polímero especial que se ha utilizado en el tratamiento de agua por algún tiempo. La figura 4-18 muestra la relación que existe entre las especies de sílice y el pH.

La sílice activada se prepara neutralizando soluciones comerciales de silicato y sodio (pH cerca de 12 en concentraciones en exceso de 2×10^{-3} molar) con ácido hasta alcanzar un pH menor de 9. La figura 4-18 muestra cómo la solución está sobresaturada en relación con la precipitación de sílice amorfa. Los silicatos poliméricos formados son intermediarios cinéticos en la formación de precipitado amorfo.

Figura N° 2.4: Equilibrio de solubilidad del SiO_2



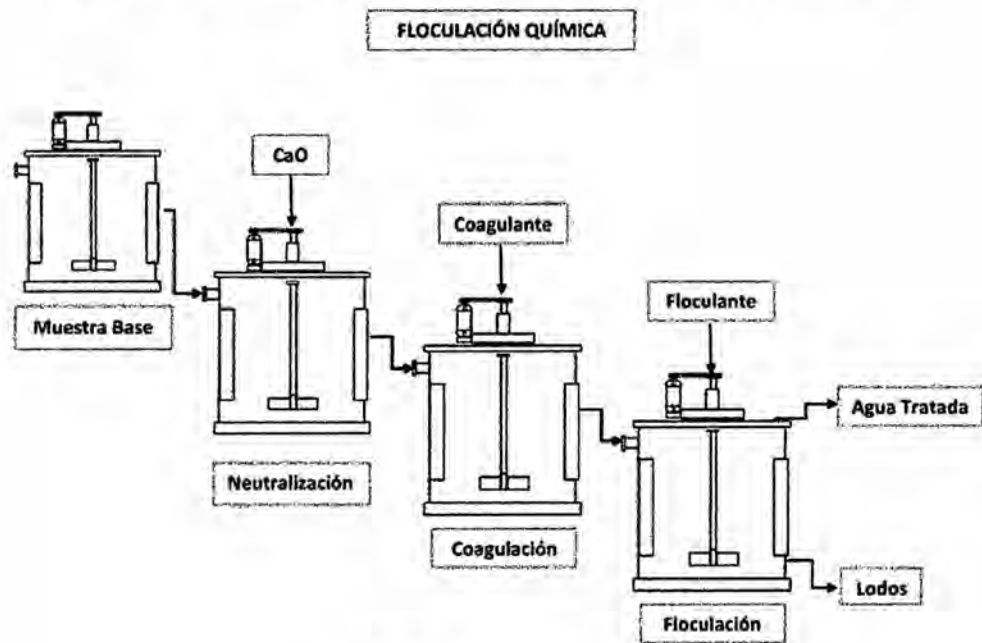
Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004 Tratamiento de agua para consumo humano Plantas de filtración rápida Manual I: Teoría Tomo I CAPÍTULO 4 COAGULACIÓN Quím. Ada Barrenechea Martel. (20)

La precipitación se evita diluyendo la solución a una concentración aproximada de $2 \times 10^{-3}\text{M}$ (120 mg/L como SiO_2). Los polímeros aniónicos formados en este proceso son dosificados al agua que va a ser tratada. Se ha demostrado que bajo ciertas condiciones, la sílice activada puede funcionar como único coagulante para coloides con carga positiva o negativa.

1. Es posible volver a estabilizar con sílice activada coloides con carga positiva o negativa.
2. La concentración de sílice activada que se requiere para desestabilizar un coloide está en relación directa con la concentración del coloide. (20)

Diagrama de flujo para Floculación Química

Figura N° 2.5: Diagrama de flujo para floculación química.



Fuente: Elaboración propia

Filtración

La filtración consiste en la remoción de partículas suspendidas y coloidales presentes en una suspensión acuosa que escurre a través de un medio poroso. En general, la filtración es la operación final de clarificación que se realiza en una planta de tratamiento de agua y, por consiguiente, es la responsable principal de la producción de agua de calidad coincidente con los estándares de potabilidad.

En la filtración de partículas convencionalmente se han empleado medios tales como: lechos de grava y arena, filtros de diatomáceas y filtros de materiales como tela y lona.

En estos sistemas de filtración, simplemente por el efecto de la gravedad o por la aplicación de un gradiente de presión, el fluido a tratar es forzado a pasar a través del medio poroso. En su paso por dicho medio, el sólido es retenido en la superficie del material filtrante y el fluido pasa a través del medio hasta un punto de colección de donde es conducido a un siguiente paso de tratamiento o se consume directamente. (23)

Filtración de Partículas: de 1 a 1000 m

Microfiltración

La microfiltración (MF) es una técnica de filtración por membrana que permite retener partículas en el rango de 0,02-10 mm (24). El proceso puede ser llevado a cabo al igual que la ultrafiltración, en dos tipos de configuraciones: frontal y tangencial. Las presiones suelen ser mucho más bajas que hace unos años, no superando los 2 bares y, a menudo, están alrededor de 0,5 bar (25). La MF separa esencialmente partículas en suspensión que forman una torta sobre la pared de la membrana.

Backwash.

Es una operación de limpieza que consiste en el paso inverso del agua por la membrana, lo que posibilita la limpieza.

Cip (clean in place).

Es un procedimiento de limpieza química de membranas que puede ser aplicado a membranas de ultrafiltración y osmosis inversa.

Flux.

Es la cuantificación del paso de un fluido sobre un área determinada, las unidades convencionales son L/m²h

Ratio de flujos.

El volumen de solución que pasa a través de la unidad en un determinado tiempo, el flujo usualmente es expresado en términos de galones por minuto (GPM) o como litros por minuto (LPM)

Membrana.

Una barrera, para el caso del UF es Capilar, que permite solo el paso de partículas que cumplan un determinado tamaño o de una naturaleza específica.

Oxidación

Cualquier proceso que incrementa la proporción de oxígeno en una solución.

Permeado

El efluente filtrado de una membrana de Ultrafiltración.

Pretratamiento

El proceso aplicado al agua fuente antes de ser procesado por la unidad de Ultrafiltración, típicamente consiste de filtración gruesa y/o dosificación química.

Absorción atómica

Técnica empleada principalmente para la determinación de metales en diferentes tipos de muestras. Generalmente la muestra debe ser tratada de forma que se liberen los metales en una forma soluble previa al análisis. Cuando se trata de alimentos esto se logra comúnmente empleando ácidos y calor, lo que se conoce como digerir la muestra

Límite de Detección Instrumental (LDI) Es la concentración del elemento que producirá un cociente de la señal/ruido de 3. Así, el límite de detección considera la amplitud de la señal y el ruido de la línea de fondo, además la concentración más baja que se puede distinguir claramente a partir del cero. Límite de Cuantificación Instrumental (LCI)- El límite instrumental de cuantificación, es la cantidad más pequeña de un analito que se pueda cuantificar confiablemente por el instrumento. Generalmente se acuerda la cuantificación como la señal para una concentración igual a 10 veces la desviación estándar del blanco. Esto se llama el límite de la cuantificación o límite de la determinación y se define como:
Límite de cuantificación = $LQ = 10s_b / m$ cal bajas concentraciones

Curva de Calibración: se construye la curva de calibración Absorbancia (en las ordenada) vs. Concentración (en la abscisa) previo ajuste de los datos por mínimos cuadrados revisando que el coeficiente de correlación sea estadísticamente significativo. La gráfica de la recta de calibración debe incluir los puntos experimentales. La recta ajustada también se conoce con el nombre de curva de trabajo. La sensibilidad de un método analítico es su capacidad para discernir pequeñas variaciones en la concentración de analito. Así, la pendiente de la recta de calibración (Respuesta / Concentración) es la medida de la sensibilidad denominada sensibilidad de calibrado. La sensibilidad de calibrado es pues constante en todo el intervalo de linealidad. Se ha definido también una sensibilidad analítica equivalente a la de calibrado dividida por la desviación tipo de las respuestas. De dos técnicas analíticas con igual sensibilidad de calibrado, la que tenga la sensibilidad analítica mayor será la más precisa. Puesto que la desviación tipo de las respuestas (precisión de la recta de calibrado) aumenta generalmente al aumentar la concentración de analito, la sensibilidad analítica no es constante en todo el intervalo de linealidad, a diferencia de la sensibilidad de calibrado y, así, se pueden definir tres sensibilidades analíticas: la correspondiente al extremo inferior del intervalo de linealidad, la correspondiente al extremo superior y la denominada sensibilidad analítica media, correspondiente a la zona central de dicho intervalo. Para el cálculo de esta última se toma como desviación tipo media, la desviación

tipo residual de la regresión. La unidad de medida de la sensibilidad analítica es el inverso de la concentración de analito. Por esta razón puede ser preferible conocer la llamada capacidad discriminante, definida como la menor diferencia de concentraciones que puede ponerse de manifiesto con una determinada probabilidad y calculada como el inverso de la sensibilidad analítica multiplicado por el valor de t (Student) correspondiente a un umbral de probabilidad de 0,05 y a los grados de libertad de la muestra estudiada. De esta forma la unidad de medida de la capacidad discriminante es la misma que la utilizada para expresar la concentración de analito.

Espectrofotometría de absorción atómica

Es una técnica muy relacionada con la fotometría de llama ya que se utiliza una llama para atomizar la disolución de la muestra de modo que los elementos a analizar se encuentran en forma de vapor de átomos. Ahora bien, en absorción atómica existe una fuente independiente de luz monocromática, específica para cada elemento a analizar y que se hace pasar a través del vapor de átomos, midiéndose posteriormente la radiación absorbida.

Solución coloidal

Las soluciones coloidales se caracterizan por estar constituidas por una dispersión de partículas sólidas o líquidas en agua y que son difíciles de eliminar utilizando procedimientos como pueden ser gravedad, filtración y otros. El tamaño de las partículas oscila entre

0,01 a 5 micras y son bastante estables de tal forma que pueden permanecer en dicha condición por bastante tiempo.

Esta estabilidad se logra mediante un fenómeno físico-químico de cargas eléctricas entre las partículas dispersas y se explica de acuerdo a la teoría de doble capa conocida como Teoría DLVO (Derjaguin, Landau Verwey y Oberbeek Theory. Of Stability Of Lyophobic Colloids, 1987).

Prácticamente en la mayor parte de las industrias se pueden presentar este tipo de soluciones sobre todo cuando existen compuestos del tipo emulsificantes, los que favorecen la formación de soluciones coloidales que en el caso de ser de partículas líquidas se conocen como emulsiones. (26)

La turbidez

Es la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y adsorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra.

La turbidez en el agua puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos, tanto orgánico como inorgánicos, plancton y otros organismos microscópicos. En el agua puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limo, material orgánico e inorgánico finamente dividida, plancton y otros organismos microscópicos (27).

La medición de la turbidez, es una manera rápida que nos sirve para saber cuándo, cómo y hasta qué punto debemos tratar el agua para que cumpla con las especificaciones requeridas (28)

Conductividad

Es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones, de su concentración total, de su movilidad valencia y concentración relativa así como de la temperatura de medición. El agua pura, prácticamente no conduce la corriente, y en su totalidad es el resultado del movimiento de los iones de las impurezas presentes. En la mayoría de las soluciones acuosas, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad, este efecto continúa hasta que la solución está tan llena de iones que se restringe la libertad de movimiento y la conductividad puede disminuir en lugar de aumentar, dándose casos de dos diferentes concentraciones con la misma conductividad.

El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de estos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos (28).

Algunas sustancias se ionizan en forma más completa que otras y por lo mismo conducen mejor corriente. Cada ácido, base o sal

tienen una curva característica de concentración contra conductividad. Son buenos conductores: los ácidos, bases y sales inorgánicas: HCl, NaOH, NaCl, Na₂CO₃. Son malos conductores las moléculas de sustancias orgánicas que por la naturaleza de sus enlaces son no iónicas: como la sacarosa, el benceno, los hidrocarburos, los carbohidratos. etc., estas sustancias, se ionizan en el agua y por lo tanto no conducen la corriente eléctrica. Un aumento en la temperatura, disminuye la viscosidad del agua y permite que los iones se muevan más rápidamente, conduciendo más electricidad. Este efecto de la temperatura es diferente para cada ion, pero típicamente para soluciones acuosas diluidas, la conductividad varía de 1 a 4% (29).

Potencial de Hidrógeno, pH

El pH se define como el logaritmo negativo de la concentración molar de los iones hidrógenos. La determinación del pH en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o alcalinidad. Un pH menor de 7,0 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un valor mayor que 7,0 muestra una tendencia hacia lo alcalino

El pH óptimo de las aguas debe estar entre 6,5 y 8,5, es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 9. Las aguas de pH menor de 6,5, son corrosivas, por el anhídrido carbónico disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos, por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, por ácidos

húmicos disueltos del mantillo del suelo. La principal sustancia básica en el agua natural es el carbonato cálcico que puede reaccionar con el CO₂ formando un sistema tampón carbonato / bicarbonato. Las aguas contaminadas con vertidos mineros o industriales pueden tener pH muy ácido o básico (28).

Sólidos Suspendidos

Los Sólidos Suspendidos Totales hacen referencia al material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de agua superficial y/o residual. Se determinan mediante método gravimétrico.

La determinación de esta variable, se realiza mediante el Método sólidos totales secados a 103 – 105°C, 2540-B Procedimiento estándar Standard Methods for Examination of water and Wastewater 21th Ed (30)

Los sólidos suspendidos en la solución pueden ser en muchos casos un obstáculo para utilizar los equipos en forma eficiente. Esto es aplicable a bombas y mezcladores en línea.

En algunos casos la presencia de sólidos puede ayudar a obtener una floculación más efectiva, por lo que se deberá considerar la opción de manejarlo con sólidos. En caso de ser atractiva esta situación, el sistema deberá diseñarse con equipo específico para el manejo de sólidos, el cual por lo general tiene un costo mayor. Para cualquier otra situación es necesario eliminar los sólidos

mediante trampas de sólidos, separadores de placa, mallas, tambores con mallas o filtros. (26)

Sedimentación

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. Está relacionada exclusivamente con las propiedades de caída de las partículas en el agua. Cuando se produce sedimentación de una suspensión de partículas, el resultado final será siempre un fluido clarificado y una suspensión más concentrada. A menudo se utilizan para designar la sedimentación los términos de clarificación y espesamiento. Se habla de clarificación cuando hay un especial interés en el fluido clarificado, y de espesamiento cuando el interés está puesto en la suspensión concentrada (31).

Membrana

Es una barrera de tipo físico, que separa dos fases, siendo permeable a algunos de los componentes de dichas fases, pero impermeable a otros, de manera que permite realizar una separación selectiva (32).

Adsorción

Consiste en eliminar materia disuelta o coloidal mediante su unión a la superficie de un material adecuado (adsorbente) (32)

Hierro, Fe

El ion hierro se presenta como ion ferroso, (Fe^{+2}), o en la forma más oxidada del ion férrico, (Fe^{+3}). La estabilidad de las distintas formas químicas depende del pH, condiciones oxidantes o reductoras del medio, composición de la solución, presencia de materia orgánica acomplejante. La presencia de hierro puede afectar a la potabilidad del agua y, el hierro del agua puede ocasionar manchas en la ropa de lavado y en la porcelana. Algunas personas son capaces de detectar el gusto astringente dulce-amargo a niveles por encima de mg/L. en muestras de agua puede estar en forma de solución auténtica, en estado coloidal que puede ser pectinado por materia orgánica, en complejos inorgánicos y orgánicos de hierro o en partículas suspendidas relativamente gruesas. Puede estar en forma ferrosa o férrica suspendida o disuelta.

La concentración suele estar entre 0 y 10 ppm de Fe^{+2} , pero al airear el agua precipita $\text{Fe}(\text{OH})_3$ de color pardo-rojizo, y el contenido de ion disuelto se reduce a menos de 0,5 ppm. Sólo las aguas de pH ácido pueden tener contenidos en hierro de varias decenas de ppm (28).

Níquel:

El Níquel (Ni) se encuentra en el aire, suelo, agua, alimentos y utensilios domésticos, es un micronutriente esencial para mantener la salud en ciertas especies de plantas y animales. La ingesta o inhalación de Níquel es común, al igual que la exposición dérmica. La contaminación por Níquel a partir de actividades antropogénicas ocurre localmente por emisiones de minas, procesos y operaciones de refinera, quema de combustibles fósiles, niquelado de metales y manufactura de aleaciones (33).

Los efectos tóxicos de Níquel para humanos y animales de laboratorio producen daño en diversos sistemas como el respiratorio, cardiovascular, gastrointestinal, hematológico, músculo esquelético, hepático, renal, dérmico, ocular, inmunológico, neurológico y sistema reproductivo. La toxicidad de Níquel en mamíferos está gobernada por la forma química del Níquel, dosis y ruta de exposición.

Los efectos tóxicos y carcinogénicos de los compuestos del Níquel están asociados con un daño en el DNA, proteínas y la inhibición de defensas celulares antioxidantes (34).

El níquel puro es un metal duro, blanco-plateado, que tiene propiedades que lo hacen muy deseable para combinarse con otros metales y formar mezclas llamadas aleaciones. Algunos de los metales con los cuales se combina el níquel son el hierro, cobre, cromo y zinc. Símbolo Ni, número atómico 28, metal duro, blanco plateado, dúctil y maleable, con masa atómica del níquel es 58,71 (35).

El níquel es un elemento abundante, constituye cerca de 0.008% de la corteza terrestre y 0,01% de las rocas ígneas. En algunos tipos de meteoritos hay cantidades apreciables de níquel, y se piensa que existen grandes cantidades en el núcleo terrestre. Dos minerales importantes son los sulfuros de hierro y níquel, pentlandita y pirrotita $(Ni, Fe)_xS_y$; el mineral garnierita, $(Ni, Mg)SiO_3 \cdot nH_2O$, también es importante en el comercio. El níquel se presenta en pequeñas cantidades en plantas y animales. Está presente en pequeñas cantidades en el agua de mar, el petróleo y en la mayor parte del carbón (36).

Las descargas de diferentes industrias, principalmente de metalurgias, baterías, pinturas entre otras, a los cuerpos de agua ocasionan efectos negativos sobre la vida acuática y los usos posteriores; un cuerpo de agua contaminado disminuye el valor de su uso como agua para bebida o para fines agrícolas e industriales, afecta la vida acuática. Por otra parte, si su uso es indispensable, los costos de tratamiento se tornan muy altos. En el agua las sales solubles, son muy tóxicas y acumulables por los organismos que

las absorben, los cuales a su vez son fuente de contaminación de las cadenas alimenticias.

En aguas con alto contenido de ácidos es más fácil la contaminación de metales ya que se movilizan, es decir de un estado insoluble inicial a un estado soluble final. Las formas solubles generalmente son iones, quelatos o complejos organometálicos no ionizables. La solubilidad de trazas de metales en las aguas superficiales está controlado predominantemente por el pH, por el tipo de concentración de los ligandos en los cuales el metal puede absorberse, y por el estado de oxidación de los componentes minerales el ambiente rédox del sistema (37).

En los suelos, los metales pesados, pueden quedar retenidos o disueltos en la solución del suelo por procesos de adsorción, complejación y precipitación o estar absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas; pasar a la atmósfera por volatilización o moverse a las aguas superficiales o subterráneas (38).

La peligrosidad de los metales pesados es mayor al no ser química ni biológicamente degradables. Una vez vertidos, pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años. Todo el proceso y persistencia de los metales pesados en el ambiente, desencadena un sin número de efectos nocivos para todos los seres vivos que dependen de las plantas y animales, y así sucesivamente hasta llegar a los niveles más altos de la cadena

trófica, donde las concentraciones de metal pesado son mayores (36).

Según la FAO/OMS en 1972 el cadmio puede ingerirse como máximo semanalmente 0.4-0.5mg por persona y en el agua de 10ug/l, debido a su toxicidad, mientras que para el plomo es de 3mg/Kg por persona y la concentración de níquel es de 4.8mg/l de agua bebida por una persona. Las concentraciones de estos metales van a generar efectos agudos y crónicos. Entre los efectos agudos, en el hombre, las principales manifestaciones son la aparición de trastornos gastrointestinales tras la ingestión y las neumonitis químicas, mientras por último los efectos crónicos, se relacionan con la disfunción renal y los trastornos pulmonares, neurológicos, sobre el sistema cardiovascular, reproductor y carcinogenicidad (39)

Magnesio

El cuerpo humano contiene alrededor de 25 g de magnesio, del cual el 60% está presente en los huesos y el 40% está presente en los músculos y en otros tejidos. Se trata de un mineral alimenticio para los seres humanos, es uno de los elementos que son responsables de la función de las membranas, transmisión de estímulos nerviosos, contracción de músculos, construcción de proteínas y de réplica de ADN. El magnesio es un ingrediente principal para la mayor parte de las enzimas. El calcio y el

magnesio en muchas ocasiones realizan las mismas funciones en el cuerpo humano, y en muchos casos son antagónicos.

No se conocen casos de envenenamiento por magnesio. Con grandes dosis de magnesio se producen vómitos y diarrea. Las altas dosis de magnesio en medicinas y suplementos alimenticios pueden causar distensiones musculares, problemas nerviosos, depresiones y cambios de personalidad.

Como se mencionó anteriormente, no es frecuente introducir límites legales de magnesio en agua potable, ya que no hay una evidencia científica de la toxicidad del magnesio. En otros compuestos, por ejemplo asbestos, el magnesio resulta ser muy dañino.

Los problemas ambientales provocados directamente por la presencia de magnesio en agua, hacen necesaria la utilización de ablandadores. Como se citó anteriormente, la dureza es causada, en parte, por el magnesio. Los iones de calcio y magnesio (especialmente de calcio) influyen negativamente la capacidad de limpieza de los detergentes, ya que en el agua que contiene altas concentraciones de iones calcio y magnesio en disolución, cuando éstos se ponen en contacto con el jabón se forman precipitados en forma de sales insolubles, esto hace que el jabón no se disuelva totalmente en el agua, y por lo tanto se pierde cierta capacidad de limpieza. Debido a esta razón, se añade alrededor de un 40% de ablandador al jabón. Estos jabones solían ser fosfatos,

pero se descubrió que estos compuestos eran difícilmente biodegradables, y causaban eutrofización.

Hoy en día se aplican agentes químicos alternativos, principalmente agentes acomplejantes como citrato de sodio, AEDT y ANT, o intercambiadores iónicos como zeolita A. Estas sustancias no provocan eutrofización y no son tóxicos. El ácido nitroacético (ANT) puede ser mutagénico, y es difícil de eliminar durante la purificación. La zeolita A aumenta la cantidad de lodo. Adicionalmente otros agentes acomplejantes como el AEDT tienen la capacidad de eliminar metales de compuestos que de otro modo serían difíciles de descomponer. Los metales pesados pueden finalizar en agua porque el AEDT es difícil de eliminar en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

La dureza del agua difiere de una región a otra, por lo tanto la adición de ablandadores a los detergentes no es necesario en regiones que tienen aguas blandas. En regiones que tienen aguas de elevada dureza, deben aplicarse mayores cantidades de detergente, de esta forma se están añadiendo cierto poder ablandador. Como consecuencia, otras sustancias presentes en los detergentes, se adicionan también en dosis más altas al aplicar detergentes en grandes cantidades, esto hace que se compliquen los procesos de tratamiento de aguas residuales.

III. VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1. Variables de la investigación

3.1.1. Variables Dependientes

X = Cantidad removida (%) de cada uno de los metales presentes en el agua del DAM de la Unidad Minera La Cima (hierro, magnesio y níquel).

3.1.2. Variables Independientes

Y = Características iniciales de la muestra

Z = Medio y Caudal

W= Comparación de la eficiencia de los resultados, teniendo como base los LMPs.

3.2. Operacionalización de variables

Tabla N° 3.1: Operacionalización de variables

VARIABLES DEP.	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
X = Cantidad removida (%) de cada uno de los metales presentes en el agua del DAM de la U.M. La Cima. (hierro, magnesio y níquel)	-Condiciones de salida	-ppm de metales presentes	-Relacionando la variable Y así como la variable Z con la variable X
VARIABLES IND.	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
Y = Características iniciales de la muestra	-Condiciones de entrada	-ppm de metales presentes	Medición en laboratorio
Z = Medio y Caudal	-Condiciones de aplicación	-Medio (Tecnología de Floculación Química) y caudal. (Tecnología de Membranas).	Medición en laboratorio
W= Comparación de la eficiencia de los resultados, teniendo como base los LMPs.	-Comparativo de resultados cuantitativos	-LMPs	-Comparación

Fuente: Elaboración Propia.

3.3. Hipótesis

3.3.1. Hipótesis General

- El método más eficiente para la remoción de metales presentes en el drenaje ácido de mina (DAM) de la U.M. La Cima entre los métodos comparados, es el método de Ultrafiltración, con un caudal de 10 Litros/min.

3.3.2. Hipótesis Específicas

- El agua del DAM de la U.M. La Cima presenta concentraciones de hierro, magnesio y níquel fuera de los límites máximos permisibles.
- La metodología de Floculación Química es aplicada en medio ácido y con floculantes catódicos y la metodología de Ultrafiltración con un caudal de 10 Litros/min.
- La Ultrafiltración evidenciará mayor eficiencia en la disminución de la concentración de los metales presentes en el agua del DAM de la U.M. La Cima en comparación con la Tecnología de Floculación Química.

IV. METODOLOGÍAS

4.1. Tipo de investigación

Transversal: Debido a que se cuantificará la concentración de los metales totales y disueltos en las muestras de efluentes en un tiempo determinado interesando estudiar el problema en ese momento.

Experimental: Ya que los resultados se basan en los análisis químicos realizados en laboratorio de análisis por absorción atómica.

4.2. Diseño de la Investigación

Se procederá a obtener la muestra de la zona, la cual será transportada con los preservantes adecuados para alargar el tiempo de vida de la muestra. Esta muestra será analizada por absorción atómica en un laboratorio particular.

Se adecuarán los equipos necesarios para las pruebas de floculación química y Ultrafiltración.

Para la floculación química se realizaron pruebas secuenciales de descarte, realizando 3 etapas con 3 variables, las etapas y sus variables fueron:

1. Etapa de Neutralización

❖ Variable: pH 6

- ❖ Variable: pH 7
- ❖ Variable: pH 8

2. Etapa de Coagulación

- ❖ Variable: Coagulante Polimérico
- ❖ Variable: Coagulante Férrico
- ❖ Variable: Coagulante Aluminico

3. Etapa de Floculación

- ❖ Variable: Floculante Aniónico.
- ❖ Variable: Floculante Catiónico
- ❖ Variable: Floculante Neutro

4.2.1. Floculación Química:

En la primera etapa se usará el equipo de pruebas de jarras con 500 mL de muestra en cada vaso, en los cuales se aumentará el pH con Óxido de calcio, llevando a pH **6,7** y **8** en 3 vasos distintos. Una vez alcanzados los pH deseados, se dejará sentar la muestra por 5 minutos y se medirá la turbidez y conductividad en cada uno de los vasos. Se elegirá la muestra con menor nivel de turbidez y conductividad.

En la segunda etapa se usará el equipo de pruebas de jarras con 500 ml de muestra en cada vaso, en los cuales se aumentará el pH con Óxido de calcio, hasta el pH elegido en la etapa anterior, luego se agregará 1 mL de **AF 8642**, 1mL de **AF 8630** y un 1 mL de **AF**

8830 en 3 vasos distintos. Se agitará a 60 rpm por 5 minutos luego se dejara sentar 5 minutos y se medirá la turbidez y conductividad en cada uno de los vasos. Se elegirá la muestra con menor nivel de turbidez y conductividad.

En la tercera etapa se usará el equipo de pruebas de jarras con 500 ml de muestra en cada vaso, en los cuales se aumentará el pH con Óxido de calcio, hasta el pH elegido en la primera etapa, luego se agregará 1 mL del coagulante elegido en la segunda etapa y se agregará 1 mL de **WET 750**, 1ml de **WET 8030** y un 1 ml de **WET 6912** en 3 vasos distintos. Se agitará a 60 rpm por 5 minutos luego se dejara sentar 5 minutos y se medirá la turbidez y conductividad en cada uno de los vasos. Se elegirá la muestra con menor nivel de turbidez y conductividad.

Se analizará cuantitativamente los metales: Hierro, Níquel y Magnesio, presentes en la muestra con menor turbidez y conductividad de la última prueba.

4.2.2. Ultrafiltración.

Calibración: Se preparará una muestra de agua desionizada + sulfato ferroso a 7,40 ppm, luego se tomarán 5 parámetros de presión/caudal a los que se harán ultrafiltrar el agua. Las muestras de agua ultrafiltrada que se obtendrán se llevarán a laboratorio para realizar un análisis cuantitativo del hierro presente determinando

así el parámetro de presión/caudal con el cual se obtendrá una mayor reducción en la concentración de Hierro.

Prueba: La muestra será tratada previamente con un equipo de filtración de 5 micras para disminuir la carga de sólidos en suspensión presentes. La muestra no será basificada antes del proceso para evitar la formación de cristales que puedan obstruir las membranas del equipo*.

La muestra pre-tratada será trasvasada al tanque de alimentación del equipo de ultrafiltración, calibrado con los parámetros definidos en la calibración para la mayor eliminación de Hierro presente.

Para la correcta operación del sistema lo primero es cebar la bomba de alimentación, luego abrir totalmente la válvula de regulación del rotámetro y asegurarse que estén cerradas las válvulas de limpieza tanto de la alimentación como la de concentrado y permeado.

Luego de energizar el tablero, levantar la llave termo magnética y girar el switch a modo manual y activar la opción ultrafiltrado.

En modo automático la primera operación a realizar es el denominado FLUSH, esta consiste en encender la bomba de alimentación, apertura la válvula solenoide de concentrado, esto se

realiza para eliminar partículas que hayan quedado impregnadas en la membrana o en la tubería; esta operación se realiza por un tiempo de 20 segundos.

La segunda operación es el ULTRAFILTRADO, esta consiste mantener encendida la bomba de alimentación, cerrar la solenoide de concentrado, mantener abierta la solenoide de permeado y encender la bomba dosificadora de cloro, esto implica que el flujo de agua de alimentación al equipo es el mismo flujo de agua ultrafiltrada, esta operación se realiza por un espacio de 25 minutos.

Luego del proceso, esta será analizada en un laboratorio certificado para el análisis cuantitativo de Hierro, Níquel y Magnesio.

Una vez obtenido los resultados de ambos análisis, se procederá a realizar trabajo de gabinete para obtener la comparativa de eficiencia en remoción de metales.

4.3. Población y muestra

Muestra puntual de 1 galonera (50L) de agua de drenaje ácido tomada de Cajamarca, Mina de oro y cobre ubicada en Coordenadas: 6° 40' 48" S, 78° 31' 48" W.

Población: drenaje ácido de mina de la U.M. La Cima vertido en febrero del 2015.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la toma de las muestras de agua se siguieron los siguientes pasos:

- Preparación del muestreo
- Preparación de los envases para la toma de muestra
- Preparación de las hojas de cadena de custodia
- Calibración y preparación de los equipos para análisis "in situ"
- Preparación del equipo de muestreo (guantes, cámara fotográfica, etc.)
- Preparación de los equipos de seguridad
- Organización de la logística para la campaña de muestreo

Se obtuvieron datos en campo de pH, turbidez y conductividad en los ensayos de pruebas de jarras posteriores a la floculación química realizados en los laboratorios de Química de la Facultad de Ingeniería Química de la UNAC.

Para obtener los datos de concentración de metales (ppm) se realizaron análisis en laboratorios certificados teniendo en cuenta los métodos de ensayo SMEWW.APHA.AWWA.WEF, 22st Edition 2012 part 3111 B, Pag. 3-17 luego de la separación por membranas para filtración, microfiltración y ultrafiltración. Los análisis fueron realizados en los laboratorios de Minlab e Hidroquímica Industrial (por auspicio de la empresa PETROPERÚ)

V. RESULTADOS

5.1. Floculación Química:

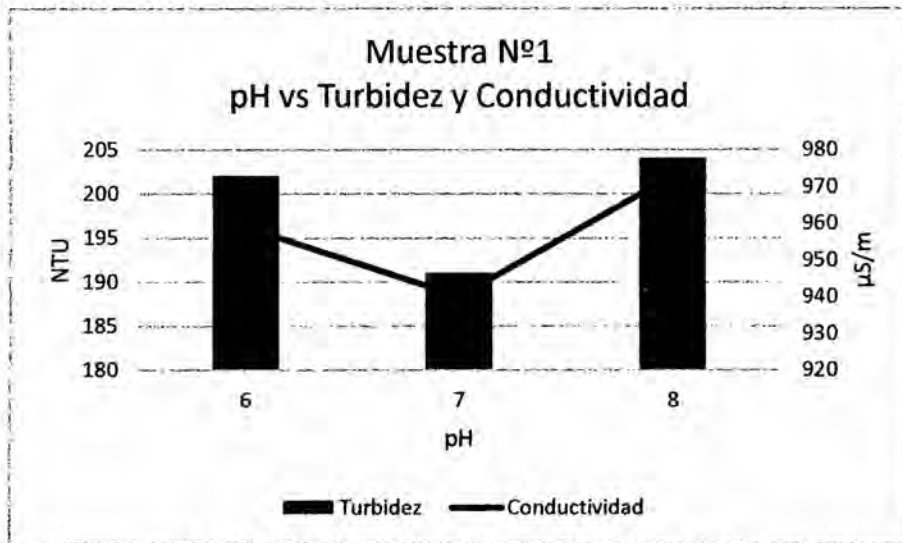
Para el tratamiento del agua de drenaje ácido de mina mediante la técnica convencional de floculación química se obtuvieron los siguientes resultados luego de aplicar la metodología previamente descrita en el capítulo III por triplicado.

Tabla N° 5.2: Análisis muestra número 1 de floculación química

Muestra	PH	Turbidez	Conductividad
INICIAL 1	3.1	215 NTU	890 μ S/m
Muestra	PH	Turbidez	Conductividad
1	6	200 NTU	960 μ S/m
2	7	190 NTU	940 μ S/m
3	8	205 NTU	970 μ S/m
Muestra	Coagulante	Turbidez	Conductividad
4. Sulfato férrico	AF 8642	19 NTU	116 μ S/m
5. Polímeros	AF 8630	32 NTU	129 μ S/m
6. Sulfato de Al	AF 8830	28 NTU	130 μ S/m
Muestra	Floculante	Turbidez	Conductividad
7. Aniónico	WET 750	6 NTU	110 μ S/m
8. Catiónico	WET 8030	17 NTU	110 μ S/m
9. No iónico Poliacrilamida	WET 6912	6 NTU	109 μ S/m

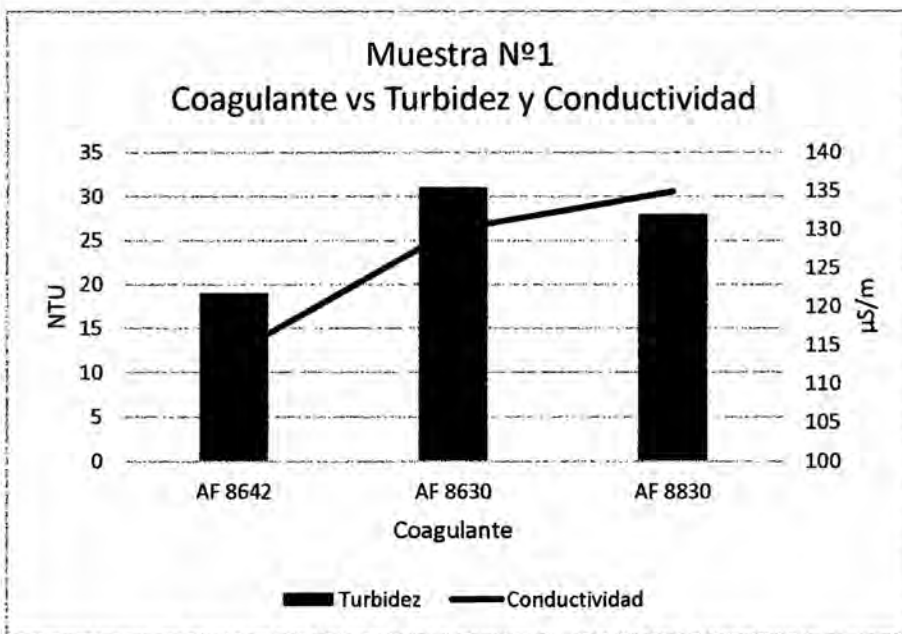
Fuente: Realizado en laboratorio de operaciones y procesos unitarios.
UNAC. 05 de Mayo del 2015. Basados en el Anexo N° 4

Diagrama N° 5.1: Muestra número 1 de floculación química pH vs turbidez y conductividad



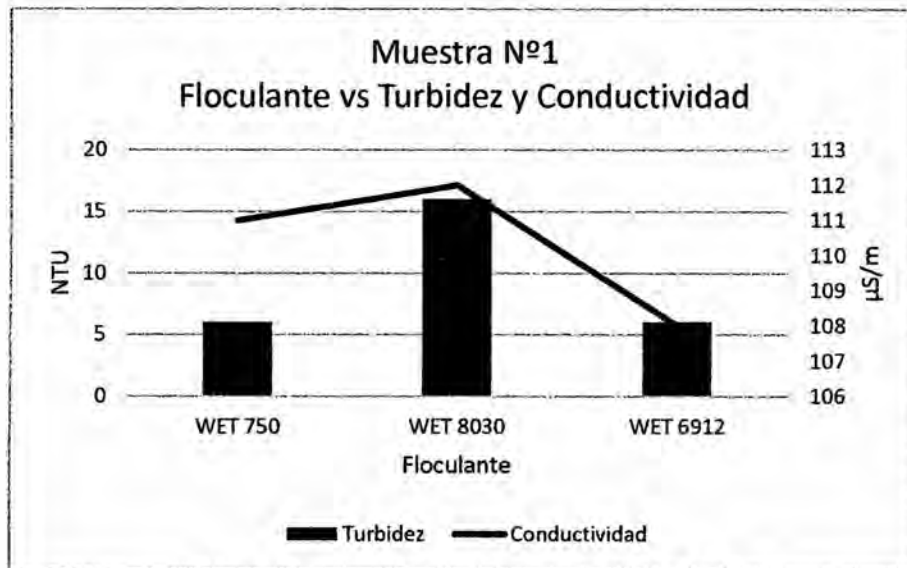
Fuente: Elaboración propia de tabla N°5.2

Diagrama N° 5.2 : Muestra número 1 de floculación química Coagulante vs Turbidez y conductividad



Fuente: Elaboración propia de tabla N°5.2

Diagrama N° 5.3: Muestra número 1 de floculación química Floculante vs Turbidez y conductividad



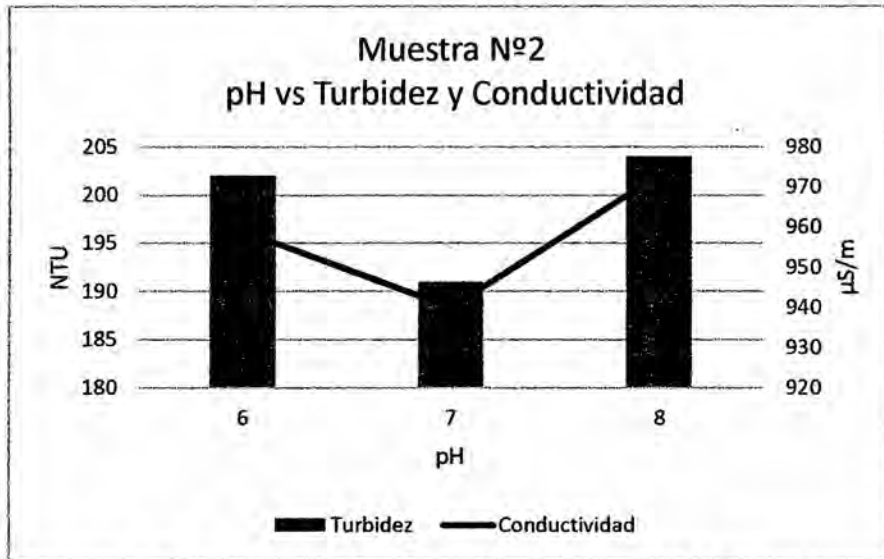
Fuente: Elaboración propia de tabla N°5.2

Tabla N° 5.3: Análisis muestra número 2 de floculación química

Muestra	PH	Turbidez	Conductividad
INICIAL 2	3,1	215 NTU	890 $\mu\text{S/m}$
Muestra	PH	Turbidez	Conductividad
1	6	203 NTU	960 $\mu\text{S/m}$
2	7	190 NTU	939 $\mu\text{S/m}$
3	8	204 NTU	971 $\mu\text{S/m}$
Muestra	Coagulante	Turbidez	Conductividad
4. Sulfato férrico	AF 8642	19 NTU	114 $\mu\text{S/m}$
5. Polímeros	AF 8630	32 NTU	130 $\mu\text{S/m}$
6. Sulfato de Al	AF 8830	28 NTU	132 $\mu\text{S/m}$
Muestra	Floculante	Turbidez	Conductividad
7. Aniónico	WET 750	6 NTU	110 $\mu\text{S/m}$
8. Catiónico	WET 8030	17 NTU	112 $\mu\text{S/m}$
9. No iónico Poliacrilamida	WET 6912	5 NTU	108 $\mu\text{S/m}$

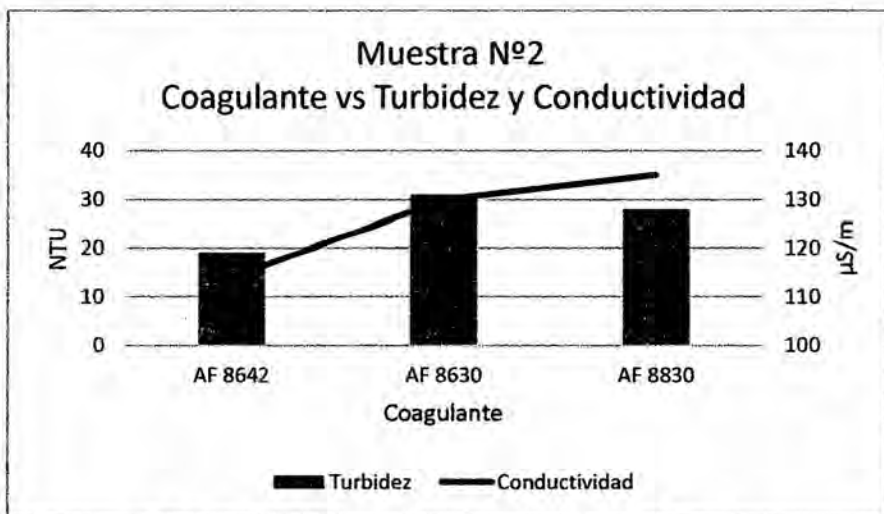
Fuente: Realizado en laboratorio de operaciones y procesos unitarios.
UNAC. 05 de Mayo del 2015. Basados en el Anexo N° 4

Diagrama N° 5.4: Muestra número 2 de floculación química pH vs turbidez y conductividad



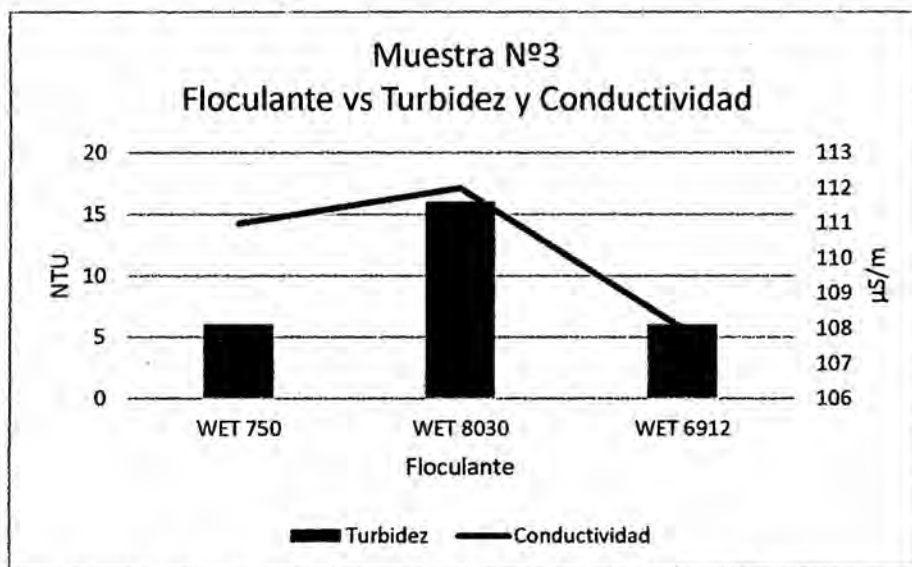
Fuente: Elaboración propia de tabla N°5.3.

Diagrama N° 5.5: Muestra número 2 de floculación química Coagulante vs turbidez y conductividad



Fuente: Elaboración propia de tabla N°5.3.

Diagrama N° 5.9: Muestra número 3 de floculación química floculante vs turbidez y conductividad



Fuente: Elaboración propia de tabla N°5.4.

Se eligen los resultados que presentan los menores rangos de turbidez y conductividad pues nos dan un indicio de que la carga iónica en cada muestra obtenida es relativamente menor a las otras 2 muestras en la prueba de jarras por cada etapa.

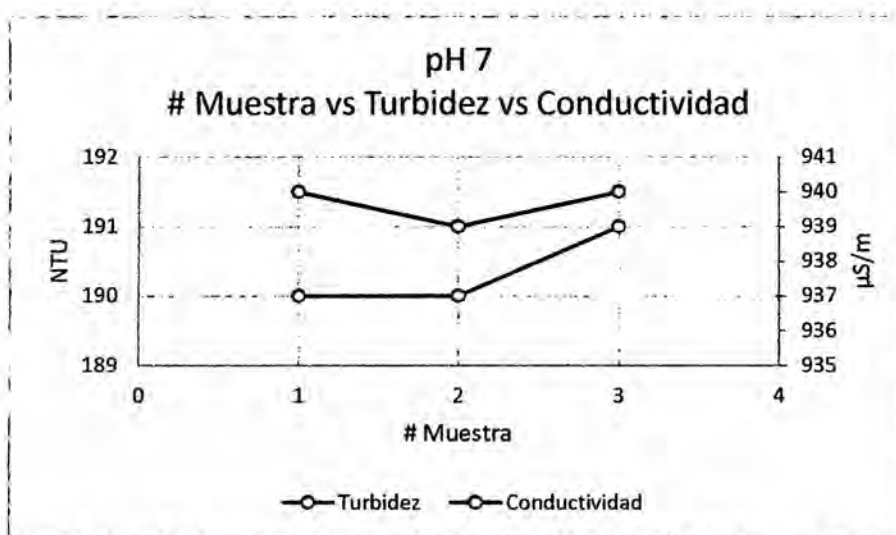
Las variaciones en las medidas se deben a fallas humanas.

Tabla N° 5.5: Análisis de muestras de floculación química a PH 7

PH 7		
N° Muestra	Turbidez (NTU)	Conductividad (µS/m)
1	190	940
2	190	939
3	191	940
Promedio	190	940

Fuente: Elaboración propia de tablas N° 5.2, 5.3 y 5.4.

Diagrama N° 5.10: Análisis de muestras de floculación química a PH 7vs turbidez y conductividad



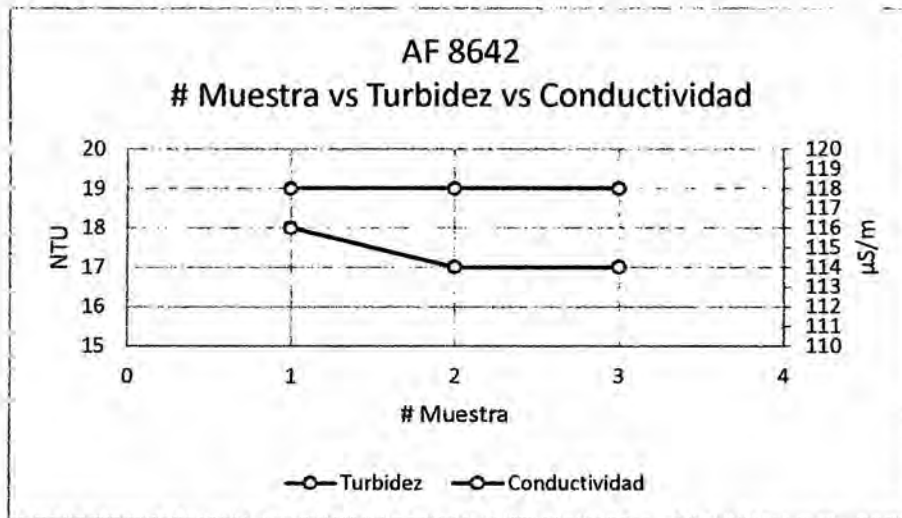
Fuente: Elaboración propia de tabla N° 5.5.

Tabla N° 5.6: Análisis de muestras de floculación química con coagulante AF8642

AF 8642		
N° Muestra	Turbidez (NTU)	Conductividad (µS/m)
1	19	116
2	19	114
3	19	114
Promedio	19	115

Fuente: Elaboración propia de tablas N° 5.2, 5.3 y 5.4.

Diagrama N° 5.11: Análisis de muestras de floculación química con coagulante AF8642 vs turbidez y conductividad



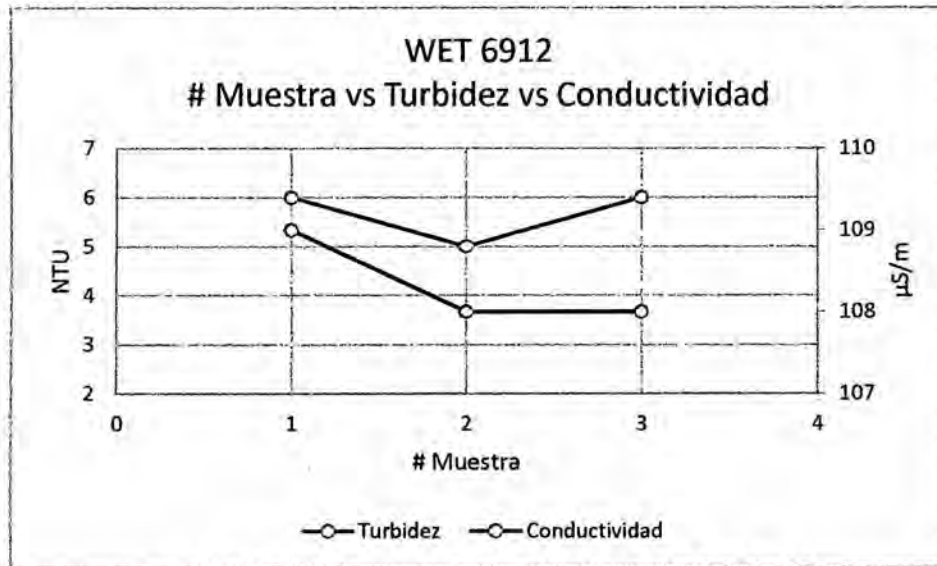
Fuente: Elaboración propia de tabla N° 5.6.

Tabla N° 5.7: Análisis de muestras de floculación química con floculante WET 6912

WET 6912		
N° Muestra	Turbidez (NTU)	Conductividad (µS/m)
1	6	109
2	5	108
3	6	108
Promedio	6	108

Fuente: Elaboración propia de tablas N° 5.2, 5.3 y 5.4.

Diagrama N° 5.12: Análisis de muestras de floculación química con floculante WET 6912 vs turbidez y conductividad



Fuente: Elaboración propia de tabla N° 5.7.

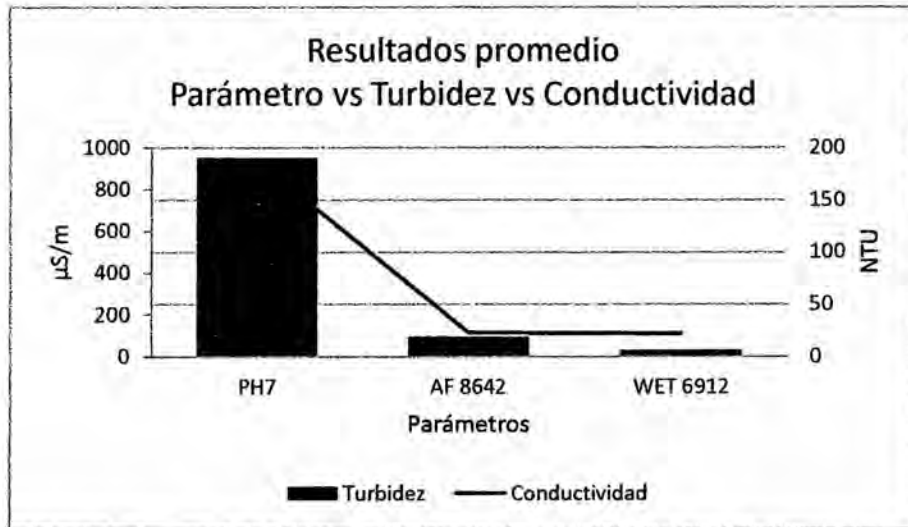
Como se puede observar en los gráficos, la variación de los valores no es significativa, por lo que se toma un promedio de los valores resultantes para cálculos de eficiencia:

Tabla N° 5.8: Resultados promedio de parámetros medidos en floculación química.

Resultados Promedio		
Parámetro	Turbidez (NTU)	Conductividad (µS/m)
PH7	190	940
AF 8642	19	115
WET 6912	6	108

Fuente: Elaboración propia de tablas N° 5.5, 5.6 y 5.7.

Diagrama N° 5.13: Resultados promedio de parámetros medidos en floculación química vs turbidez y conductividad



Fuente: Elaboración propia de tabla N° 5.8.

Se puede observar la reducción en el grado de Turbidez así como en la conductividad progresiva durante los pasos del método de Floculación Química.

5.2. Ultrafiltración:

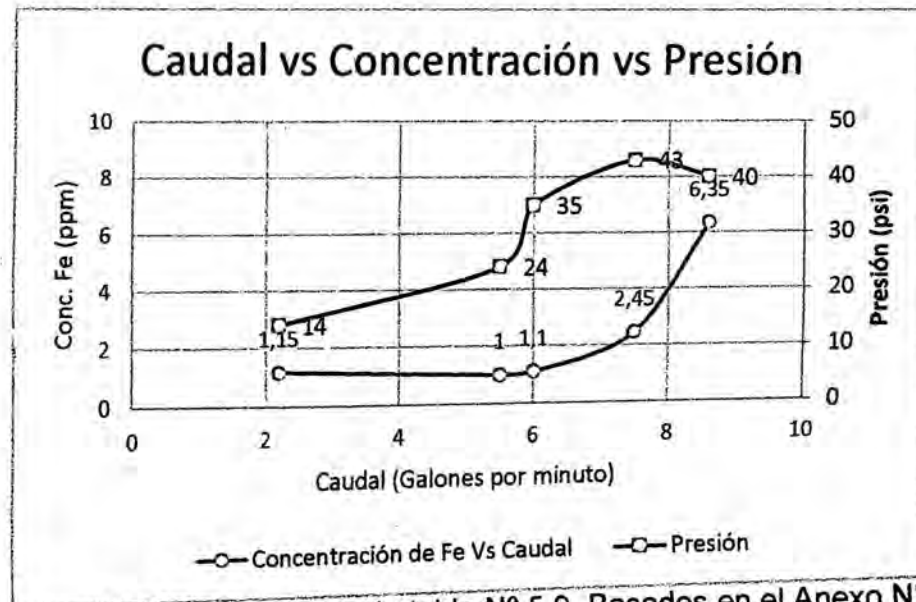
Determinación de condiciones presión/caudal óptimas

Tabla N° 5.9: Medidas para calibración de equipo de Ultrafiltración

Muestra	Concentración ppm Fe		
Inicial	7,40		
Muestra	Presión	Caudal	Concentración Fe
Filtrado 1	40 psi	7,5 gpm	6,35 ppm
Filtrado 2	43 psi	8,6 gpm	2,45 ppm
Filtrado 3	35 psi	6,0 gpm	1,10 ppm
Filtrado 4	24 psi	5,5 gpm	1 ppm
Filtrado 5	14 psi	2,2 gpm	1,15 ppm

Fuente: Realizado en laboratorio de operaciones y procesos unitarios. UNAC. 05 de Mayo del 2015. Resultados obtenidos en el Basados en el laboratorio HIDROQUÍMICA INDUSTRIAL Anexo N°2.

Diagrama N° 5.14: Caudal vs turbidez y conductividad para calibración de equipo de Ultrafiltración



Fuente: Elaboración propia de tabla N° 5.9. Basados en el Anexo N° 3

En la cual observamos que el caudal óptimo para la ultrafiltración de es de 5,5 gpm a 24 psi de presión. Parámetros con los cuales usamos el equipo de Ultrafiltración para tratar la muestra luego de la microfiltración.

Resultados de las pruebas con agua de drenaje ácido de mina:

Tabla N° 5.10: Resultados de análisis para muestras resultantes de cada uno de los procesos e inicial.

DETERMINACION	Unidades	Límite de Detección	RESULTADOS		
			01	02	03
Determinación de Cobre	mg/L	0.014	<0.014	0.014	<0.014
Determinación de Plomo	mg/L	0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Determinación de Zinc	mg/L	0.011	0.383	0.026	<0.011
Determinación de Hierro	mg/L	0.013	25.228	0.195	0.832
Determinación de Cadmio	mg/L	0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Determinación de Níquel	mg/L	0.012	0.173	0.023	0.043
Determinación de Cobalto	mg/L	0.015	0.045	<0.015	0.021
Determinación de Magnesio	mg/L	0.010	103.598	1.023	99.948
Determinación de Molibdeno	mg/L	0.070	<0.070	<0.070	<0.070

Fuente: Laboratorio Minlab. Callao 06 de Mayo del 2015. Basados en el Anexo N° 1

01: Agua de drenaje ácido de mina (concentración inicial)

02: Agua de drenaje ácido de mina tratada por Ultrafiltración

03: Agua de drenaje ácido de mina tratada por Floculación

Química

A continuación los cuadros comparativos de disminución de los metales presentes en la muestra inicial de mina y los resultados obtenidos en remoción luego de cada proceso de tratamiento de aguas.

Diagrama N° 5.15: Disminución del hierro

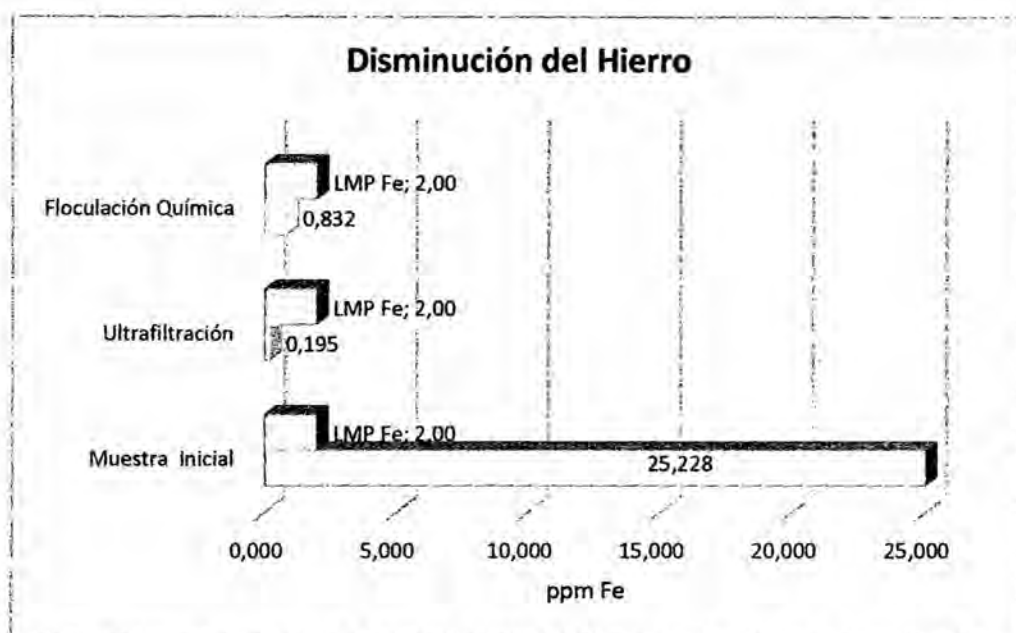


Tabla comparativa de disminución de hierro por cada proceso y la referencia con los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas

Fuente: Elaboración propia de tabla N° 5.10.

Diagrama N° 5.16: Disminución del níquel

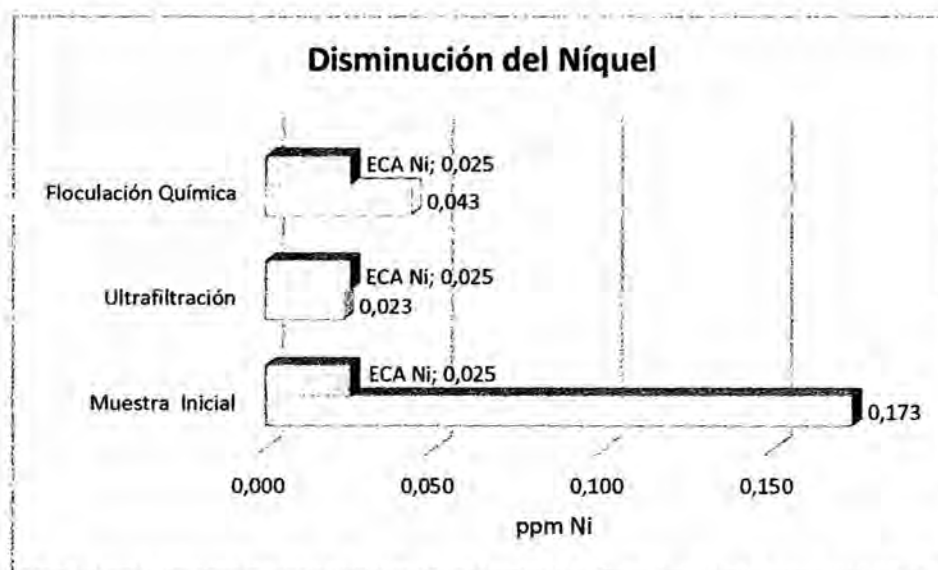
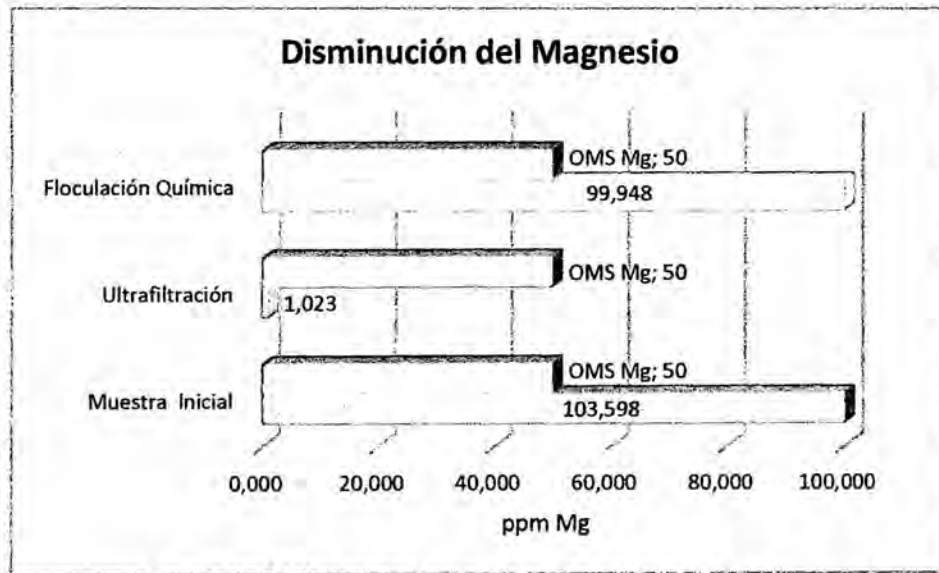


Tabla comparativa de disminución de Níquel por cada proceso y la referencia con los Estándares de Calidad ambiental para agua, Categoría I –A2

Fuente: Elaboración propia de tabla N° 5.10.

Diagrama N° 5.17: Disminución del magnesio



Fuente: Elaboración propia de tabla N° 5.10.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El propósito fundamental de esta investigación fue desarrollar y comparar los métodos de Ultrafiltración y Floculación química en el tratamiento de aguas de drenaje ácido de la Unidad Minera La Cima respecto a la reducción de metales presentes, enfocándonos en hierro, níquel y magnesio presentes en concentraciones por encima de lo estipulado, bajo las condiciones más adecuadas en cada uno de los casos.

De los resultados obtenidos en esta investigación, se puede deducir que el método de Ultrafiltración es más adecuado para la remoción de hierro, níquel y magnesio bajo las condiciones determinadas mediante ensayos con la muestra preparada de solución de sulfato de hierro a 7,40 ppm, 5,5 gpm y 24 psi, siendo la reducción de hierro en 99,23%, de níquel en 86,70% y de magnesio en 99,01%; en comparación con el método de Floculación química, a pH 7, con coagulante AF 8642 y floculante WET 6912, aplicados en un equipo de Prueba de Jarras a 60 rpm con agitación constante durante 5 minutos que presentó la reducción de hierro en 96,70%, de níquel en 75,4% y de magnesio en 3,52%.

Si bien ambos métodos presentan un alto porcentaje de reducción para el hierro y el níquel, se puede observar que para el magnesio hay una gran variación en la reducción.

A continuación, se estarán discutiendo en detalle aquellos aspectos convergentes y divergentes reportados en las hipótesis con los datos obtenidos. También, se discutirán posibles explicaciones relativas a los hallazgos de esta investigación.

Hipótesis específica 1: Las características iniciales del agua del DAM de la Unidad Minera La Cima presentan concentraciones fuera de los límites permisibles de metales presentes.

Basándonos en los resultados de laboratorio de la muestra inicial de agua de drenaje ácido de mina, pudimos observar que la cantidad de hierro, 25,228mg/L, es muy superior a lo establecido en el Decreto Supremo número 010-2010-MINAM referente a los Límites Máximos Permisibles para la descarga de Efluentes líquidos de actividades Minero - Metalúrgicas, 2mg/L.

Así también, la cantidad de níquel encontrado, 0,173mg/L está fuera del rango de aceptación según la Normativa Legal de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional que es de 0,025 mg/L para el níquel.

Para el magnesio presente en la muestra con 103, 598 mg/L, si bien es cierto que no existe un límite máximo de concentración en la normatividad peruana de calidad de agua, se conoce que en Holanda el agua potable tiene una concentración promedio de 1 y

5 mg de magnesio por litro (Magnesio y agua, Lenntech 2004), en Costa Rica el valor máximo admisible para el magnesio en agua potable es de 50 mg/L (DECRETOS N° 32327-S, Costa Rica 2005) y que la OMS recomienda que su concentración no sea superior a los 30 mg/L.

Hipótesis específica 2: La metodología de Floculación Química es aplicada en medio ácido y con floculantes catódicos y la metodología de Ultrafiltración con un caudal de 10 Litros/min.

Se comprobó que la floculación química obtiene mejores resultados en un pH cercano a 7 usando coagulantes AF 8642 y floculante WET 6912, en el caso de la metodología de ultrafiltración, se utilizó la presión de 24 psi y un caudal de 5,5 Gal/min después de realizar una filtración para remoción de partículas mayores a las 5 micras para obtener los mejores resultados sin saturar las membranas.

Hipótesis específica 3: La Ultrafiltración tendrá una mayor disminución de la concentración de los metales presentes en el agua del DAM de la Unidad Minera La Cima en comparación con la Tecnología de Floculación Química.

Según los resultados de laboratorio que se muestran, se puede apreciar que la mayor reducción en la concentración de hierro, níquel y magnesio se logró a través del método de Ultrafiltración. En comparación con el método de Floculación Química, la diferencia entre reducción de hierro de ambos métodos fue en 0,637mg/L; para el níquel, fue de 0,02mg/L; y para el magnesio fue de 98,925mg/L.

Hipótesis general: El método más eficiente para la remoción de metales presentes en el drenaje ácido de mina (DAM) de la Unidad Minera La Cima entre los métodos comparados, es el método de Ultrafiltración, con un caudal de 10 Litros/min.

La revisión de resultados obtenidos nos lleva a confirmar la convergencia con esta hipótesis.

La disminución en la concentración de hierro, níquel y magnesio se pudo observar en la aplicación de ambos métodos, sin embargo, el método de Ultrafiltración presentó valores finales de concentración de hierro, níquel y magnesio más pequeños bajo condiciones similares a las indicadas en la Hipótesis general, 5,5 gpm y 24 psi.

VII. CONCLUSIONES.

- Luego de la comparación de los métodos de Floculación Química y Ultrafiltración, concluidos que el método más adecuado para la remoción de los metales: hierro, níquel y magnesio, presentes en el drenaje ácido de mina tomado de Cajamarca, Mina de oro y cobre ubicada en Coordenadas: 6° 40' 48" S, 78° 31' 48" W, es el método de Ultrafiltración por membranas, con un prefiltro de membranas de 5 micras, a una presión de 24 psi y con un caudal de 5,5 gpm.
- El drenaje ácido de mina tomado de Cajamarca, Mina de oro y cobre ubicada en Coordenadas: 6° 40' 48" S, 78° 31' 48" W, presenta como características químicas iniciales: pH ácido de 3.1, turbidez de 215 NTU y conductividad de 890 μ S/m. Para los metales, la concentración de Hierro es de 25,228 mg/L, Níquel 0,173 mg/L y de Magnesio 103,598 mg/L. Contrastando estos resultados con los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero metalúrgicas presentes en el Decreto supremo número 010-2010 MINAM y la Normativa Legal de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, concluimos que las características iniciales de la muestra no cumplen para la descarga sin tratamiento previo según las normativas actuales que se aplican.

- El método de Floculación química obtuvo mejores resultados con pH 7, neutro, empleando el coagulante AF 8642 y el floculante WET 6912, aplicados en agitación continua durante 5 minutos a 60 rpm en el equipo de Prueba de Jarras. En el caso de la metodología de Ultrafiltración, se calibró a la presión de 24 psi y un caudal de 5,5 Gal/min después de una filtración previa para la remoción de partículas mayores a las 5 micras en la muestra, para obtener mejores resultados sin saturar las membranas del equipo.
- Bajo las condiciones más adecuadas, a las que se obtuvieron mejores resultados, el método de Ultrafiltración presentó remoción de hierro en 99,23%, de níquel en 86,70% y de magnesio en 99,01%; y el método de Floculación química que presentó remoción de hierro en 96,70%, de níquel en 75,4% y de magnesio en 3,52%. Contrastando estos resultados, la diferencia entre reducción de hierro de ambos métodos fue en 0,637mg/L; para el níquel, fue de 0,02mg/L; y para el magnesio fue de 98,925mg/L. Por lo cual, el método que presenta una mayor remoción de hierro, níquel y magnesio es el método de Ultrafiltración.

VIII. RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis de factibilidad económica para la implementación de una planta de ultrafiltración para el tratamiento del drenaje ácido de mina, teniendo en cuenta la disposición de los lodos producidos en la floculación química y la salmuera de la ultrafiltración.
- Replicar la comparación de métodos para la remoción de metales contaminantes en las aguas de drenaje ácido vertidos a los ríos en otras zonas del País.
- Replicar la comparación de métodos ampliando la gama de metales a analizar, sobre todo con metales pesados como el Pb, Ar, Cr, Cu, Mg y Zn.
- Ampliar la aplicación de la tecnología de ultrafiltración para tratamiento de efluentes en las industrias textiles, curtiembres y galvanizados, pues su carga iónica y de sólidos sedimentables es alta.
- Realizar un estudio ambiental sobre la contaminación del agua de la zona producto de la actividad minera y su impacto en flora y fauna del lugar. Así como un plan de monitoreo ambiental continuo y de remediación.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pajares, Ing. Priscila Gamonal. *Tratamiento de drenaje de ácidos de minas en humedales construidos*. Perú : SEDAPAL, 2001.
2. E&E Perú. *Plan Integral de Adecuación e Implementación a los Límites Máximos Permisibles y Estándares de Calidad Ambiental para agua Unidad Minera Coricancha NYRSTAR*. Perú : E&E Perú, 2012.
3. Johnson, D. B. *Acid mine drainage remediation options: a review*. Bangor, UK : Elsevier, 2004.
4. Cadorin, Luciana Müller. *Desenvolvimento de técnicas de remoção de ions sulfato de efluentes ácidos de minas por precipitação química e flotação por ar dissolvido*. Porto Alegre, BR-RS : Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Minas, Metalúrgica e de Materiais., 2008.
5. Piarpuzán, Evelyn Tiffany Pantoja. *Aplicación de la electrocoagulación y floculación sobre el tratamiento del drenaje ácido de minas de carbón*. Santiago de Cali, Colombia : Universidad del Valle, 2012.
6. Smit, J. / Sibilski, U. E. *Pilot Plant Study to Treat Typical Gold Mine Minewater Using the Savmin Process*. Carlton South, Australia : Metadata, 2003.

7. *Treatment of Acid Mine Drainage Through Chemical Precipitation*.
C: Lausbscher, F. Petersen, J. Smith. Cape town, South Africa :
XXII International Mineral Processing Congress, 2003. Octubre,
2003. págs. 1814-1820.

8. **J. Rubio*, E. Carissimi and J.J. Rosa.** *Flotation in water and
wastewater treatment and reuse: recent trends in Brazil*. Porto
Alegre, Brazil : Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.
págs. 193-208.

9. **Menezes C.B., Lattuada R. M, Pavei P. T.** *ESTUDO DA
REMOÇÃO DE TOXICIDADE DE EFLUENTES DE DRENAGEM
ÁCIDA DE MINA TRATADOS POR NEUTRALIZAÇÃO E
FLOTAÇÃO COM AR DISSOLVIDO RELACIONADO COM A
PRESENÇA DE HPAs*. Florianópolis, SC : Universidade do Extremo
Sul Catarinense, 2004.

10. **Luciana Candorín, Elvis Carissimi, Jorge Rubio.** *AVANCES
EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS ÁCIDAS DE MINAS*. Risaralda.
Colombia : Universidad Tecnológica de Pereira, 2007.

11. *Removal of radionuclides by membrane permeation combined
with complexation*. **Zakrzewska-Trznadel, Grażyna.** Toulouse,
France : Elsevier, 2002. págs. 207-212. Presented at the
International Congress on Membranes and Membrane Processes .

12. **Stern, Richard D. Noble and S. Alexander.** *Membrane
Separations Technology: Principles and Applications*. Amsterdam :
Elsevier, 1995.

13. *Improving total water cost of desalination by membrane pretreatment* . **C. Bartels, G. Pearce and M. Wilf**. Las Palmas, España : Proceedings of IDA Desalination Conference, 2007.
14. **Ministerio de Energía y Minas del Perú**. <http://www.minem.gob.pe/>. *Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Ácido de Minas*. [En línea] [Citado el: 12 de Diciembre de 2015.]
<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/manedrenaje.pdf>.
15. **Lapeña, Miguel Rigola**. *Tratamiento de aguas industriales: agua de proceso y residuales*. España : Marcombo S.A., 1990.
16. **Eco Innovation Perú**. *Manual del usuario para el equipo de Ultrafiltración*. Lima, Perú : Eco Innovation Perú, 2013.
17. **Richardson, J. M. Coulson y J. F.** *Ingeniería Química, Operaciones Básicas Tomo II*. España : Reverté, 2003.
18. **Cárdenas., Ing. Yolanda Andía**. *Tratamiento de agua Coagulación y Floculación*. SEDAPAL. Lima, Perú : s.n., 2000.
19. **Sanchez, Francisco**. *Tratamientos combinados físico-químicos y de oxidación para la depuración de aguas residuales de la industria corchera*. Bajadoz, España : Universidad de Extremadura, 2007.
20. **Barrenechea, Ada**. *Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I: Teoría Tomo I*. Lima,

Perú : Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004. pág. Capítulo 4 Coagulación.

21. *Floculación mecanismo y clasificación de los diferentes tipos de floculantes*. **González, José**. 19675, Madrid, España : CSIC, 1983, Vol. II.

22. *El cloruro férrico: Alternativa o complemento en el tratamiento de aguas potables*. **Río, Dewisme y Del**. 10, Madrid, España : CSIC, 1986, Tecnología del Agua.

23. **Maldonado, Víctor**. *Filtración*. Lima, Perú : CEPIS UNI, 2004.

24. **Bailey, A. D., Hansford, G.S. y Dold, P.L.** *The enhancement of upflow anaerobic sludge bed reactor performance using crossflow microfiltration*. Toronto, Canadá : Elsevier, 1994.

25. **Elmaleh, S.** *Cross-flow filtration of an anaerobic methanogenic suspension*. Montpellier Cedex 5, France : Elsevier, 1997.

26. **Ruiz Carmona, Oscar**. *Tratamiento Físico-Químico De Aguas Residuales*. D. F., México : Servi Aqua Móvil, S.A. de C.V., 2010.

27. **Miller, G. Tyler Jr.** *Ecología y Medio Ambiente*. México : Editorial Iberoamericana, 1992.

28. **APHA (American Public Health Association), AWWA (American water works Association), WPCF (Water Pollution Control Federation)** . *Métodos normalizados para el análisis de*

aguas potables y residuales. Madrid, España : Díaz de Santos S.A., 1996.

29. **Romero Rojas, Jairo Alberto.** *Romero Rojas, Jairo Alberto*. México D. F. : Alfaomega, 1999.

30. **Orjuela, Luz Consuelo y Castillo Forero, María.** *Sistema de indicadores Ambientales*. República de Colombia : Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, 2005.

31. **Maldonado Yataco, Víctor.** Cap 7: Sedimentación. [aut. libro] Lidia de Vargas. *Tratamiento de agua para consumo humano Plantas de filtración rápida Manual I: Teoría Tomo I*. Lima, Perú : Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004.

32. **García Roman, Miguel.** *Tratamiento de Aguas Residuales Industriales*. Granada, España : Universidad de Granada, Facultad de Ciencias, 2009.

33. **Quilodrán, B.** *Caracterización de Polímeros con Capacidad Extractiva de Síntesis*. Concepción, Chile : Universidad de Concepción, 2002.

34. **Eisler, Ronald.** *Handbook of Chemical Risk Assessment: Health Hazards to Humans, Plants, and Animals, Three Volume Set*. Minnesota, USA : CRC Press, 2000.

35. **Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades, ASDR.** *Reseña Toxicológica del Níquel*. Atlanta,

USA : Departamento de Salud y Servicios Humanos de EEUU, Servicio de Salud Pública, 2003.

36. **LENNTECH.** *Agua Residual & Purificación del Aire.* Holanda : Holding B.V., 2007.

37. **Anaya, M. Encinas.** *Determinación de Metales Pesados en Agua Residual en Proceso de Galvanoplastia.* Guadalajara, México : Escuela Politécnica de Guadalajara, SEMS, 2006.

38. **Hu, Howard.** HUMAN HEALTH AND HEAVY METALS EXPOSURE. [aut. libro] Michael McCally. *Life Support: The Environment and Human Health.* Cambridge, MA : MIT Press, 2002.

39. **Organización Mundial de la Salud, OMS.** *Límites de exposición profesional de los metales pesados que se recomiendan por razones de salud: informe de un grupo de estudio de la OMS.* Ginebra, Suiza : Organización Mundial de la Salud, 1980.

ANEXOS

ANEXO 1:

INFORME DE ENSAYO N° AM-069.15 DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES. MINLAB S.A. LIMA 02 DE JUNIO DE 2015

ANEXO 2:

ANÁLISIS DE CALIBRACIÓN EQUIPO DE ULTRAFILTRACIÓN. HIDROQUÍMICA INDUSTRIAL S.A. 17 DE JUNIO DE 2015

ANEXO 3:

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPO DE ULTRAFILTRACIÓN. ECO INNOVATION PERÚ

ANEXO 4:

PROCESO DE DISEÑO DE ANÁLISIS DE FLOCULACIÓN QUÍMICA. PLAN INTEGRAL DE ADECUACIÓN E IMPLEMENTACIÓN A LOS 2 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES Y ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA UNIDAD MINERA CORICANCHA. NYRSTAR.

ANEXO 5:

WET 750. FICHA TÉCNICA. WET CHEMICAL PERÚ.

ANEXO 6:

WET 6912 FICHA TÉCNICA. WET CHEMICAL PERÚ.

ANEXO 7:

WET 8630 FICHA TÉCNICA. WET CHEMICAL PERÚ.

ANEXO 8:

ANCOFLOC 8030-V2 FICHA TÉCNICA. AQA QUÍMICA

ANEXO 9:

ANCOFLOC 842-V1 FICHA TÉCNICA. AQA QUÍMICA

ANEXO 10:

ANCOFLOC 8830-V8 FICHA TÉCNICA. AQA QUÍMICA

ANEXO 11:

DECRETO No 32327-S DE COSTA RICA

ANEXO 12:

NORMATIVA LEGAL DE LOS ESTÁNDARES NACIONALES DE
CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA

ANEXO 13:

DECRETO SUPREMO NÚMERO 010-2010 MINAM

ANEXO 14:

MATRÍZ DE CONSISTENCIA

ANEXO 1:

INFORME DE ENSAYO N° AM-069.15 DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES.

MINLAB S.A. LIMA 02 DE JUNIO DE 2015

INFORME DE ENSAYO N° AM-069.15

Emitido en Lima, el 02 de Junio del 2015

Pág. 1 de 3

Nombre del Solicitante : DEMIS MILIAN GUTIERREZ
Dirección de la Empresa : Jr. Mexico 165 - Chorrillos
Asunto : Análisis Físico-Químicos
Tipo de Muestra : Agua de Bocamina // Agua Tratada
Cantidad de Muestras : 03
Fecha de Recepción : 06-05-2015
Características de la muestra : Frascos de PVC x 1L c/u. Sin Preservar
Fecha de realización del ensayo : Del 06-05-2015 Hasta 01-06-2015

DESCRIPCION DE MUESTRAS

CODIGO	DESCRIPCION
01	Agua de Bocamina
02	Agua Tratada
03	Agua Tratada

Nota: Las muestras fueron enviadas por el Cliente/Datos proporcionados por el cliente.

Los ensayos se han realizado en los Laboratorios de Minlab SRL, sito en el Jr. España N°931 -La Perla- Callao y si el servicio lo considera las contramuestra (a) del producto serán conservadas por un período de tiempo declarado y/o acordado con el cliente, luego del cual se eliminarán según nuestros procedimientos internos. Los resultados de los ensayos pertenecen sólo a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Este Informe de Ensayo no podrá ser reproducido, excepto en su totalidad, sin aprobación de Minlab SRL.

INFORME DE ENSAYO N° AM-069.15

Emitido en Lima, el 02 de Junio del 2015

Pág. 2 de 3

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACION	METODOLOGIA
Determinación de Cobre	SMEWW.APHA.AWWA.WEF, 22 nd Edition 2012 part 3111 B, Pag. 3-17
Determinación de Plomo	SMEWW.APHA.AWWA.WEF, 22 nd Edition 2012 part 3111 B, Pag. 3-17
Determinación de Zinc	SMEWW.APHA.AWWA.WEF, 22 nd Edition 2012 part 3111 B, Pag. 3-17
Determinación de Hierro	SMEWW.APHA.AWWA.WEF, 22 nd Edition 2012 part 3111 B, Pag. 3-17
Determinación de Cadmio	SMEWW.APHA.AWWA.WEF, 22 nd Edition 2012 part 3111 B, Pag. 3-17
Determinación de Niquel	SMEWW.APHA.AWWA.WEF, 22 nd Edition 2012 part 3111 B, Pag. 3-17
Determinación de Cobalto	SMEWW.APHA.AWWA.WEF, 22 nd Edition 2012 part 3111 B, Pag. 3-17
Determinación de Bismuto	SMEWW.APHA.AWWA.WEF, 22 nd Edition 2012 part 3111 B, Pag. 3-17
Determinación de Magnesio	SMEWW.APHA.AWWA.WEF, 22 nd Edition 2012 part 3111 B, Pag. 3-17
Determinación de Molibdeno	SMEWW.APHA.AWWA.WEF, 22 nd Edition 2012 part 3111 B, Pag. 3-17

Los ensayos se han realizado en los Laboratorios de Minlab SRL. sito en el Jr. España N°931 -La Perla- Callao y si el servicio lo considera las contramuestra (a) del producto serán conservadas por un período de tiempo declarado y/o acordado con el cliente, luego del cual se eliminarán según nuestros procedimientos internos. Los resultados de los ensayos pertenecen sólo a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Este Informe de Ensayo no podrá ser reproducido, excepto en su totalidad, sin aprobación de Minlab SRL.

**INFORME DE ENSAYO
N° AM-069.15**

Emitido en Lima, el 02 de Junio del 2015

Pág. 3 de 3

RESULTADO DE ENSAYOS

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES:

DETERMINACION	Unidades	Límite de Detección	RESULTADOS		
			01	02	03
Determinación de Cobre	mg/L	0.014	<0.014	0.014	<0.014
Determinación de Plomo	mg/L	0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Determinación de Zinc	mg/L	0.011	0.383	0.026	<0.011
Determinación de Hierro	mg/L	0.013	25.228	0.195	0.832
Determinación de Cadmio	mg/L	0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Determinación de Níquel	mg/L	0.012	0.173	0.023	0.043
Determinación de Cobalto	mg/L	0.015	0.045	<0.015	0.021
Determinación de Bismuto	mg/L	0.020	0.049	0.060	0.058
Determinación de Magnesio	mg/L	0.010	103.598	1.023	99.948
Determinación de Molibdeno	mg/L	0.070	<0.070	<0.070	<0.070

**Ing. Jesús Iglesias Zolezzi
Sub-gerencia de Medio Ambiente**

**Ing. Martin Rivadeneyra Asanza
Jefe de Laboratorio**

Los ensayos se han realizado en los Laboratorios de Miniab SRL sito en el Jr. España N°931 -La Perla- Callao y si el servicio lo considera las contramuestra (a) del producto serán conservadas por un periodo de tiempo declarado y/o acordado con el cliente, luego del cual se eliminarán según nuestros procedimientos internos. Los resultados de los ensayos pertenecen sólo a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Este Informe de Ensayo no podrá ser reproducido, excepto en su totalidad, sin aprobación de Miniab SRL.

ANEXO 2:

ANÁLISIS DE CALIBRACIÓN EQUIPO DE ULTRAFILTRACIÓN. HIDROQUÍMICA
INDUSTRIAL S.A. 17 DE JUNIO DE 2015



HIDROQUIMICA INDUSTRIAL S.A.

OFICINA: Av. La Encalada 1420 oficina 803 C.Montemico – Surco
Telfs.: (51-1) 711 – 9585 / 711-9586 Fax: 437-3426 Web: www.hidroquimica.com
FABRICA: Zona Industrial Ventanilla – Telf.: 653-8415



INF - LAB – 042- 2015 – HISA RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE	Blanca Mena
EMPRESA	Petroperú Conchán

Fecha de ingreso a laboratorio: 17/06/2015

Fecha de análisis: 17/06/15

N° de muestras: 06

Parametros	Inicial	1 7.5 gpm	2 86 gpm	3 6 gpm	4 5.5 gpm	5 2.2 gpm
Hierro ferroso (ppm Fe ⁺²)	0.14	0.20	0.11	0.08	0.08	0.09
Hierro soluble (ppm Fe)	1.66	0.94	0.74	0.84	0.83	0.86
Hierro total (ppm Fe)	7.40	6.35	2.45	1.10	1.00	1.15
Manganeso (Mn)	0.98	0.66	0.60	0.55	0.80	0.82
Zinc (ppm Zn)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Cobre (ppm Cu)	0	0	0	0	0	0

Cynthia Cáceres
Responsable del análisis

Cynthia Cáceres Rivero
Jefe de Laboratorio
HIDROQUIMICA

Formato	F-LAB2-03
Revisión	00

ANEXO 3:

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPO DE ULTRAFILTRACIÓN.
ECO INNOVATION PERÚ



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ULTRAFILTRACION

CLIENTE: CESAM UNAC FIQ



INDICE

1. Introducción
2. Terminología.
3. Diseño del sistema y descripción.
4. Distribución del sistema.
5. Calidad de agua
6. Cronograma de Mantenimiento Preventivo
7. Locación de Averías
8. Lista de componentes principales

Apéndices

- Plano P&ID
- Plano Eléctrico



EQUIPO DE ULTRAFILTRACION

1. Introducción

El presente manual de operación y mantenimiento contiene información técnica para el servicio del equipo UFXM1 y sus componentes accesorios, ha sido preparado específicamente para un operador con conocimientos técnicos mínimos de mecánica y electricidad básica.

Características Principales:

- Ser una unidad compacta
- Ser fácilmente transportable.
- Fácil instalación y desmontaje.

Parámetros técnicos

	UFXM1
Capacidad de procesamiento de agua (gpm)	3.0 -7.0
Dimensiones (mm) LxWxH	1200x1000x1800
Material de la estructura	Acero inox 304
Peso Seco (kg)	250 Kg
Suministro de energía	220Vx 60Hz



2. Terminología.

BACKWASH. Es una operación de limpieza que consiste en el paso inverso del agua por la membrana, lo que posibilita la limpieza.

CIP (CLEAN IN PLACE). Es un procedimiento de limpieza química de membranas que puede ser aplicado a membranas de ultrafiltración y osmosis inversa.

FLUX. Es la cuantificación del paso de un fluido sobre un área determinada, las unidades convencionales son L/m²h

RATIO DE FLUJOS. El volumen de solución que pasa a través de la unidad en un determinado tiempo, el flujo usualmente es expresado en términos de galones por minuto (GPM) o como litros por minuto (LPM)

MEMBRANA. Una barrera, para el caso del UF es Capilar, que permite solo el paso de partículas que cumplan un determinado tamaño o de una naturaleza específica.

OXIDACIÓN. Cualquier proceso que incrementa la proporción de oxígeno en una solución.

PERMEADO. El efluente filtrado de una membrana de Ultrafiltración.

PH. Una expresión de la acidez de una solución, el logaritmo negativo de la concentración del ion Hidrogeno (pH 1 muy ácido; pH 14 muy básico; pH 7 neutral)

PRETRATAMIENTO. El proceso aplicado al agua fuente antes de ser procesado por la unidad de Ultrafiltración, típicamente consiste de filtración gruesa y/o dosificación química.



ULTRAFILTRACIÓN. Un método de filtración cruzada (similar a la osmosis inversa pero a bajas presiones) que usa una membrana para separar pequeños coloides y grandes moléculas del agua y otros líquidos.

SDI (SILT DENSITY INDEX). Una medida de la cantidad de sólidos suspendidos presentes en la alimentación a una unidad de osmosis inversa

3. Diseño del sistema y descripción

El equipo de ultrafiltración cuenta con membranas del tipo LH0360 presurizadas de material PVC, estas fueron introducida por la compañía Litree en el 2007, se emplea el sistema In-Outside con fibras huecas, con poro nominal de 0.01 y absoluto de 0.1 micrones. El tamaño de los poros excluye material particulado que incluye Giardia Lamblia y Cryptosporidim del agua.

Características de la membrana Litree

- Apertura de 0.01 micrones y corte de peso molecular de 50,000 Dalton
- Flux en el rango de 60 – 160 L/m²/h.
- Bajo consumo de energía.
- Material Hidrofilico con buena capacidad anti-ensuciamiento.
- El tiempo de vida va entre 5 – 7 años
- Alta Eficiencia.

Como parte de los accesorios de protección figura el filtro de discos para retener partículas grandes en el agua fuente, además que posee la función Auto Wash (Backwash Superior, Flush, backwash Inferior y Flush) que regularmente limpia la membrana de Ultrafiltración.

La capacidad de la planta de filtración es de 7 GPM en 01 unidad, las funciones del equipo están programadas en el PLC y son visibles en el Panel View que se encuentra en el contenedor de Osmosis Inversa.

3.1. Requerimientos de instalación.

Dentro de los requerimientos de instalación se necesitan:

- Tanque de almacenamiento de agua fuente con conexiones instaladas para succión.
- Canaleta de drenaje en el área de instalación.

3.2. Tuberías e Instrumentación

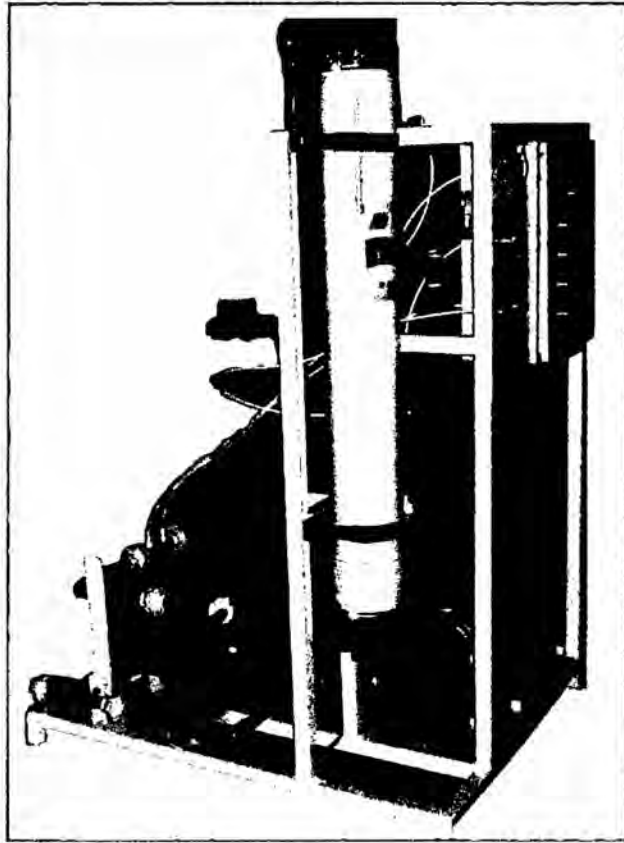
El equipo cuenta con sensores de flujo y presión. La calibración de los instrumentos es de fábrica del proveedor.

Tipo	Posición	Descripción
Flujometro Tipo rotámetro	Permeado	Permite visualizar la capacidad de flujo en la línea de permeado, cuenta con una válvula de regulación incorporada.
Manómetros	Prefiltro	Verifica la presión antes del filtro tipo disco
	Postfiltro	Verifica la Presión después del filtro tipo disco
	Permeado	Verifica la presión en la línea de permeado
	Concentrado	Verifica la presión de en la línea de concentrado.

El sistema cuenta con las tuberías siguientes:

Línea	Conexión	Diámetro	Material
Ingreso al módulo de bombas UF	Rosca NPT	1"	PVC SCH 80
Permeado de Ultrafiltración	Rosca NPT	1"	PVC SCH 80
Concentrado de Ultrafiltración	Rosca NPT	1"	PVC SCH 80

6



UFMX-1

4. Descripción de la operación del sistema

El equipo de ultrafiltración de Merinsac presenta 01 switch manual/automático para controlar las funciones del equipo, el cual es controlado por un PLC en la forma automática.

En el modo manual tenemos las siguientes opciones:

- ✓ Modo Ultrafiltrado
- ✓ Modo Flush
- ✓ Modo Retrolavado
- ✓ Modo CIP

En el modo ultrafiltrado el agua es bombeada desde el tanque de alimentación, pasa por el filtro malla, es inyectado de hipoclorito de sodio a 1.5ppm, pasa a través de la membrana y se puede cuantificar el flujo de permeado por medio de un rotámetro.

En el modo flush, se sigue el recorrido anterior excepto que el agua sale por la línea de concentrado y no por la línea de permeado; este modo ayuda a limpiar la membrana depurando partículas que se hayan adherido a esta.

En el modo retrolavado, se succiona agua del tanque producto, la cual pasa por la membrana desde la línea de permeado y se descarga en la línea de concentrado.

En modo CIP, responde a la necesidad de limpiar la membrana luego de detectar que esta se ha obstruido ya sea por ensuciamiento orgánico o inorgánico. (Los pasos para la limpieza CIP los encontramos en la sección Limpieza CIP)

OPERACIÓN AUTOMÁTICA

Para la correcta operación del sistema lo primero es cebar la bomba de alimentación, luego abrir totalmente la válvula de regulación del rotámetro y asegurarse que estén cerradas las válvulas de limpieza tanto de la alimentación como la de concentrado y permeado.

Luego de energizar el tablero, levantar la llave termo magnética y girar el switch a modo manual y activar la opción ultrafiltrado.

En modo automático la primera operación a realizar es el denominado FLUSH, esta consiste en encender la bomba de alimentación, aperturar la válvula solenoide de concentrado, esto se realiza para eliminar partículas que hayan quedado impregnadas en la membrana o en la tubería; esta operación se realiza por un tiempo de 20 segundos.

La segunda operación es el ULTRAFILTRADO, esta consiste mantener encendida la bomba de alimentación, cerrar la solenoide de concentrado, mantener abierta la solenoide de permeado y encender la bomba dosificadora de cloro, esto implica que el flujo de agua de alimentación al equipo es el mismo flujo de agua ultrafiltrada, esta operación se realiza por un espacio de 25 minutos.

Luego de 25 minutos de ultrafiltrado el equipo vuelve a la operación de Flush, posterior a esto se activa la función de RETROLAVADO, esta consiste en apagar la bomba de alimentación, mantener abierta la válvula solenoide de concentrado y cerrar la válvula de permeado, lo que ocurre en esta operación es que el agua presurizada, en el tanque hidroneumático, retorne por la línea de permeado y atraviese los capilares de ultrafiltración para que de esta manera puedan limpiarse las cavidades, esta agua sale únicamente por el concentrado (tomar en cuenta que en la alimentación tenemos una válvula check antiretorno que evita que este flujo pase a la bomba).

Luego del retrolavado, se realiza nuevamente la operación de flush y luego regresa a modo ultrafiltrado.

2.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN

	Flujo	Presión de Alimentación	Presión de concentrado
ULTRAFILTRADO	3.0 - 7 gpm	22 psi	22psi
FLUSH	10.0 gpm	20 psi	0 psi
RETROLAVADO	15.0 gpm	20 psi (decreciente)	0 psi

LA PRESION DE PERMEADO EN ULTRAFILTRADO NUNCA DEBE EXCEDER LOS 40 PSI

Tiempos

Operación	Tiempo (seg.)
Filtrado	1500
Backwash superior	20
Flush	10
Backwash inferior	20
Flush	10



5. Calidad de agua

El objetivo del sistema de ultrafiltración es acondicionar el agua para retirar los sólidos en suspensión y/o turbidez del agua.

Parámetros	Valor Origen	Valor Esperado
Turbidez	-----	Menor a 0.1NTU
Sólidos en Suspensión	-----	Menor a 0.01 ppm
SDI	-----	2

Adicional permite retener partículas de óxido de Hierro, Manganeso, Arsénico entre otros metales.
Ver Apendice.

Detalle de los trabajos

EQUIPOS Y/O INSTRUMENTOS		ACTIVIDADES		
Electrobombas	Medición de Amperaje		Revisión de Sellos	Revisión de Cabezal
	X		X	X
Membrana	Limpieza Química		Revisión de Burbujas de aire Permeado	
	X		X	
Filtro	Limpieza de disco		Revisión de Fugas de agua	Cambio de disco
	X		X	Luego de Evaluación
Manómetros	Limpieza		Calibración	
	X		X	
Válvulas solenoides	Limpieza		Revisión de sellos	Revisión de motor.
	X		X	X
Instrumentación	Limpieza		Calibración	
	X		X	

7. LOCALIZACION DE AVERIAS

LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS		
PROBLEMA	POSIBLES CAUSAS	SOLUCIÓN
Bajo Flujo de Ultrafiltrado	Taponamiento del filtro tipo malla	Limpiar o reemplazar el filtro
	Ensuciamiento de la membrana	Limpieza química (sujeto a evaluación del proveedor)
	Fallo en el cabezal de la bomba de alimentación	Realizar un mantenimiento del cabezal o revisar averías en el motor
Baja presión de permeado en el retrolavado	Fuga de aire en el tanque hidroneumático	Cargar de aire el tanque hidroneumático y revisar fugas
	Ensuciamiento de la membrana	Limpieza química (sujeto a evaluación del proveedor)
	Membrana sucia	Enjuague y/o limpieza del equipo
Paso de agua con sólidos en la línea de permeado	Perforación de la membrana de Ultrafiltración	Reemplazar la membrana de ultrafiltración
	No hay energía para el equipo.	Asegurar que el equipo este enchufado.

ON/OFF Switch en automatcio: Equipo no funciona	Se encuentra en nivel alto el tanque de agua ultrafiltrada	Revisar el nivel del tanque de almacenamiento de agua ultrafiltrada
	Se encuentra en nivel bajo el tanque de agua de alimentación	Revisar el nivel del tanque de almacenamiento de agua de alimentación
Excesiva perdida de presión de la membrana (15 psi)	Membrana sucia	Enjuague y/o limpieza de la membrana

8. LISTA DE COMPONENTES PRINCIPALES

EQUIPO UFMX1

Código AXIOM	Descripción
42R7010601	Membranas y portamembranas de UF
7790111403	VALVULA SOLENOIDE PLASTICO, 220/240 (50-60HZ) 8,5VA, CLASS-H, 1" FNPT – N.C
6896111406	VÁLVULA SOLENOIDE SS 1/2" 220VAC MOD.2W-160-15 NC.
	Válvula Check SS 1"
86B4113402	Manómetros 0-100 PSI SS Posterior c/glicerina dial 2.5" conex. 1/4 NPT
86B4112902	Rotámetro 0.5 - 5 GPM Variable de Panel / marca Hidronix
	Bomba dosificadora hipoclorito de sodio 2 LPH-7 Bar, 230 VAC, con opción salida a nivel
DK01	Tanque de químicos de plástico blanco, 80 Lt
6695111101	Válvula de muestreo 1/4" TB - 1/4 MPT
AMC0707W	Conector 1/2" tb - 1/2 mpt
86B4113304	Manguera de 1/2" Polietileno blanca 250 FT
86B4113302	Manquera de 1/4" Polietileno blanca 500 FT
6896110902	Codos 1/4tb - 1/4 fnpt
6896110901	Codos 1/4tb - 1/4 mpt DMFIT
6896110602	Conector hembra 1/4tb - 1/4fnpt
6695110900	Codo 1/2" tb - 1/2 mpt
	Filtro Tipo Y con cartucho de 120 mesh
	Bomba de 1 Hp (modo filtración) 5 gpm@20psi / Marca Pedrollo Alred
	Bomba de 1 Hp (modo retrolavado) 20 gpm@30psi / Marca Pentax Inox 100

ANEXO 4:

PROCESO DE DISEÑO DE ANÁLISIS DE FLOCULACIÓN QUÍMICA. PLAN INTEGRAL DE ADECUACIÓN E IMPLEMENTACIÓN A LOS 2 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES Y ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA UNIDAD MINERA CORICANCHA. NYRSTAR.



1.1.1 PROCESO DE DISEÑO

1.1.1.1 Características Físicas y Químicas de las Aguas a ser Tratadas

1.1.1.1.1 Características Físicas y Químicas de las Aguas Ácidas de Mina y Agua Ácida del Proceso Biox

Tabla 7.2-2

Características de Aguas Ácidas para Neutralización

	Ensayo en mg/l									
	pH	TSS	Fe dis	Zn	Pb	Cu	As	Hg	Cd	Cr
Mina	1,1	546	47,52	39,44	2,889	8,380	12,69	1 133	0,46	0,018
Biox	1,5	456	3 655	100,3	5,745	13,990	1 133	0,0011	1,63	0,369
Promedio	1,3	501	1 851,26	69,87	4,317	11,185	572,84	566,500	1,045	0,1935

Fuente: Envirolab ,14 de Junio del 2012

1.1.1.1.2 Características del Agua Ácida: Agua del Blending

Para realizar el diseño de la Planta desde un escenario muy crítico, se considera los resultados de la muestra tomada el 4 de julio de 2012, porque estas representan las aguas con características físicas y químicas muy complejas. A estas aguas las llamaremos aguas del blending: mezcla de las aguas del proceso de Biox, aguas de mina y aguas de flotación.

Tabla 7.2-3

Características Físicas y Químicas del Escenario más Crítico

Parámetro	Unidad	Blending	Límite en cualquier momento	Límite para el promedio anual	ECAs Categoría 1 A2
pH		1,5	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	5,5 a 9,0
Aluminio	1G/L	21,44	-	-	0,2
Antimonio	1G/L	1,155	-	-	0,006
Arsénico	mg/L	376,2	0,1	0,08	0,01
Bario	mg/L	0,1546	-	-	0,7
Berilio	mg/L	0,00855	-	-	0,04
Boro	mg/L	0,4094	-	-	0,5
Cadmio	mg/L	0,5628	0,05	0,04	0,003
Cobre	mg/L	10,45	0,5	0,4	2
Cromo Total	mg/L	0,1160	-	-	0,05
Cromo VI	mg/L		0,1	0,08	0,05
Fosforo total	mg/L	5,882	-	-	0,15
Hierro	mg/L	ND	-	-	1
Hierro Disuelto	mg/L	ND	2	1,6	-
Manganeso	mg/L	14,00	-	-	0,4
Mercurio	mg/L	ND	0,002	0,0016	0,002



Niquel	mg/L	0,4178	-	-	0,025
Plata	mg/L	0,06261	-	-	0,05
Plomo	mg/L	3,657	0,2	0,16	0,05
Selenio	mg/L	0,02641	-	-	0,05
Uranio	mg/L	0,00805	-	-	0,02
Vanadio	mg/L	0,0371	-	-	0,1
Zinc	mg/L	104,7	1,5	1,2	5

Fuente Envirolab 04/07/12 Anexo N°3 Aguas del Blending

1.1.1.2 Pruebas de Laboratorio

1.1.1.2.1 Desarrollo de Pruebas

A. Proceso de Neutralización

Pruebas realizadas a distintos parámetros de pH, dosificación de hidróxido de calcio y aire, para determinación de cinética de reacción química y el consumo de cal, estas pruebas están orientadas a asegurar un efluente que cumpla con los límites máximos permisibles y estándares de calidad ambiental

Parámetros de Operación:

- Velocidad del Agitador = 340 RPM
- Flujo de Aire = Constante
- Celda de flotación de 2 litros, 1 litro y $\frac{1}{4}$ de litro

Reactivos usados:

- Hidróxido de Calcio al 90% de CaO
- Oxido de Calcio al 80% de CaO

Muestra:

- Agua del blending (mezcla en proporciones iguales de aguas de mina, proceso Biox, proceso de flotación)

Vista fotográfica:



Foto 13: Usando Cal Hidratada



Foto 14: Usando Oxido de Calcio

De los Resultados de la Prueba de Tratamiento se Concluye:

De los resultados se concluye: que el reactivo a usar para neutralizar es el Hidróxido de Calcio al 90% de CaO, con el siguiente análisis: para una precipitación eficiente de Zn se requiere un pH > 9 mientras que el Cu, Fe y Pb pueden precipitarse a pH < 8 y de acuerdo a la cinética de reacción, por lo tanto donde el potencial de hidrogeno donde los precipitados son químicamente estable es a pH: 8,5;el tiempo de residencia adecuado para lograr que el efluente se encuentre por debajo de los LMP y ECAS es de el LMP es 48 minutos,

La calidad de agua en función al consumo de cal se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7.2-4

Resultados de Laboratorio Obtenidos a Diferentes Parámetros de pH

Parámetro	Unidad	0	2,3 gr/L	3,1 gr/L	4,8 gr/L	5,3 gr/L	6,7 gr/L	Límite en cualquier momento	Límite para el promedio anual	ECAs Categoría 1 A2
pH		1,5	2	7,5	7,9	8,2	8,5	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	5,5 a 9,0
Aluminio	mg/L	21,44	24,24	29,53	31,08	1,049	0,243	-	-	0,2
Antimonio	mg/L	1,155	1,078	1,339	1,358	ND	ND	-	-	0,006
Arsénico	mg/L	376,2	405,5	503,9	503,4	1,476	0,0118	0,1	0,08	0,01
Bario	mg/L	0,1546	0,2635	0,3068	0,3408	ND	0,0342	-	-	0,7
Berilio	mg/L	0,00855	0,01413	0,01722	0,01903	ND	ND	-	-	0,04
Boro	mg/L	0,4094	0,1875	0,1903	0,1916	0,0513	0,1150	-	-	0,5
Cadmio	mg/L	0,5628	0,49960	0,6011	0,5969	ND	ND	0,05	0,04	0,003
Cobre	mg/L	10,45	9,310	11,51	11,21	0,0537	0,0220	0,5	0,4	2
Cromo Total	mg/L	0,1160	0,1432	0,1786	0,1806	ND	ND	-	-	0,05
Cromo VI	mg/L						ND	0,1	0,08	0,05
Fosforo total	mg/L	5,882	5,839	7,138	7,610	ND	ND	-	-	0,15
Hierro	mg/L	ND	2520	3321	3338	2,970	0,281	-	-	1
Hierro Disuelto	mg/L	ND	0,772	0,650	0,794	2,835	ND	2	1,6	
Manganeso	mg/L	14,00	13,01	15,55	15,32	ND	0,1102	-	-	0,4
Mercurio	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	0,00271	0,002	0,0016	0,002
Níquel	mg/L	0,4178	0,4377	0,5391	0,5293	ND	ND	-	-	0,025
Plata	mg/L	0,06261	0,06306	0,07888	0,07759	ND	ND	-	-	0,05
Plomo	mg/L	3,657	3,090	3,638	3,592		0,0539	0,2	0,16	0,05
Selenio	mg/L	0,02641	0,03827	0,04500	0,04630	0,01398	ND	-	-	0,05
Uranio	mg/L	0,00805	0,00681	0,00829	0,00843	ND	0,00282	-	-	0,02
Vanadio	mg/L	0,0371	0,0435	0,0554	0,0585	ND	ND	-	-	0,1
Zinc	mg/L	104,7	106,4	127,6	123,1	ND	0,349	1,5	1,2	5

Fuente: Envirolab; 04/07/2012



Tabla 7.2-5

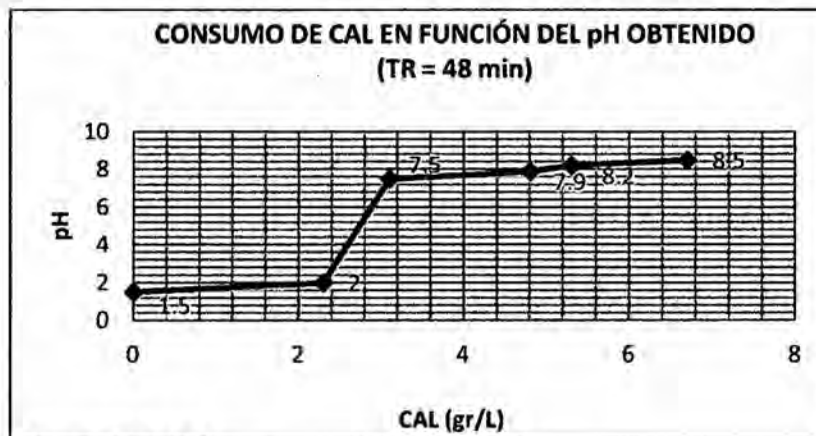
Consumo de Cal en gramos vs pH

Cal	pH
0	1,5
2,3	2,0
3,1	7,5
4,8	7,9
5,3	8,2
6,7	8,5

Fuente: E&E Perú S.A.

Figura 7.2-3

Consumo de Cal en Función del pH Obtenido (TR=48 minutos)



Fuente: E&E Perú S.A.

B. Proceso de Sedimentación

Se realizaron pruebas en jarras con diferentes tipos de polímeros, al pH determinado en el proceso de neutralización, para determinar los parámetros de diseño del clarificador y el polímero a usar para la separación sólido líquido.

Parámetros de Operación:

- Agitación: lenta, 10 rpm.
- 5 Probetas de 1 litro de capacidad.

Reactivos usados:

- Polímeros: Polychem, 2052; 1021; 8830; Magnafloc; 1418; 8834; dosificación del 5%- 30% (ver Anexo 4 – MSDS).

Muestra: Aguas tratada a pH: 8,5



- Agua tratada a pH: 8,5

Vista Fotográfica,



Foto 15: Al inicio del proceso



Foto 16: Al final del proceso

Se presenta a continuación la Tabla 7.2-6 donde se muestra el resultado obtenido a partir de las pruebas realizadas en jarra con el floculante con el que se obtuvo la mejor performance de tiempo de sedimentación y clarificación,

Tabla 7.2-6

Floculante y Polychem

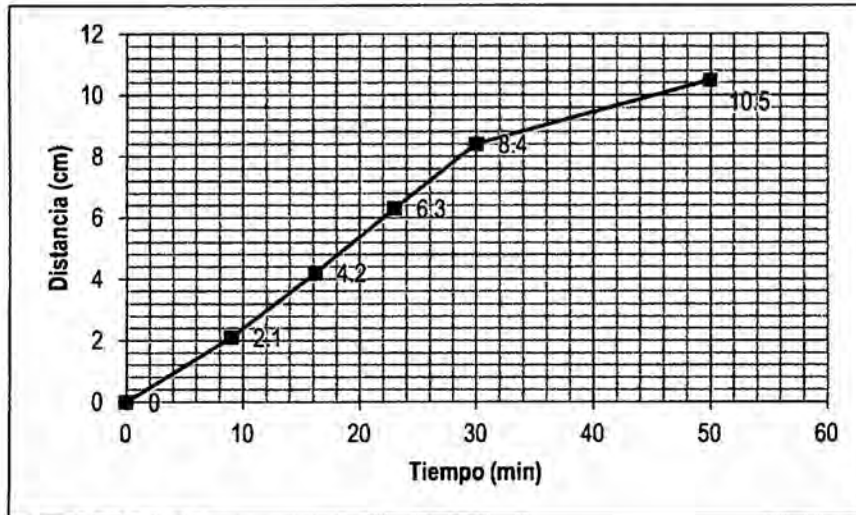
Tiempo (min)	Distancia (cm)
0	0
9	2,1
16,2	4,2
23	6,3
30	8,4
50	10,5

Fuente: E&E Perú S.A.



Figura 7.2-4

Prueba de Sedimentación - Floculante Polychem



Fuente: E&E Perú S.A.

Tabla 7.2-7

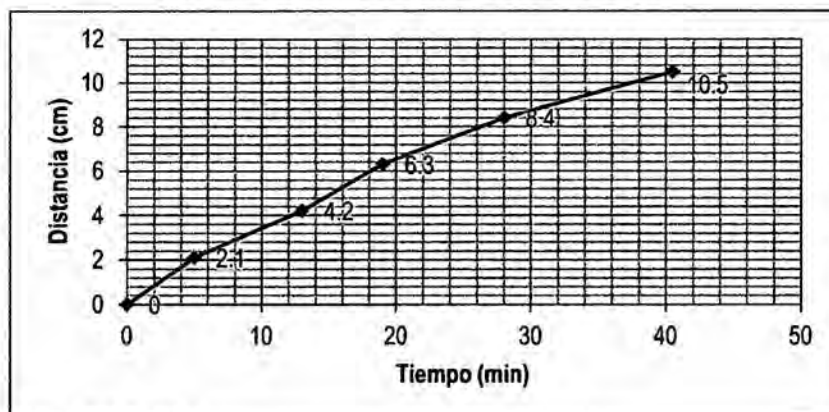
Floculante 2052

Tiempo (min)	Distancia (cm)
0	0
5	2,1
13	4,2
19	6,3
28	8,4
40,5	10,5

Fuente: E&E Perú S.A.

Figura 7.2-5

Prueba de Sedimentación - Floculante 2052



Fuente: E&E Perú S.A.



Tabla 7.2-8

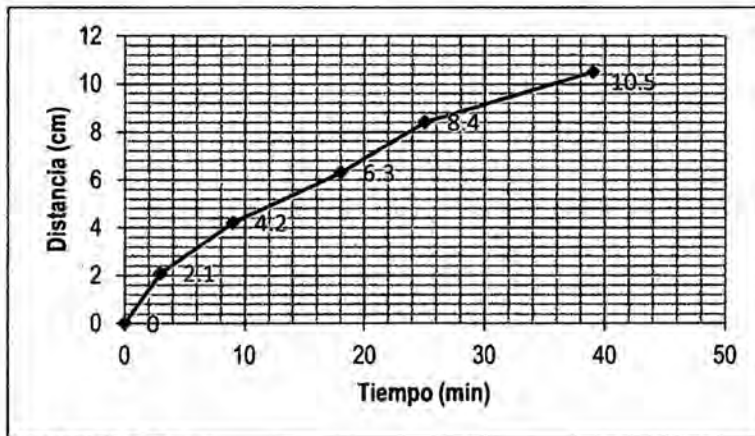
Floculante 1021

Tiempo (min)	Distancia (cm)
0	0
3	2,1
9	4,2
18	6,3
25	8,4
39	10,5

Fuente: E&E Perú S.A.

Figura 7.2-6

Prueba de Sedimentación - Floculante 1021



Fuente: E&E Perú S.A.

Tabla 7.2-9

Floculante 8830

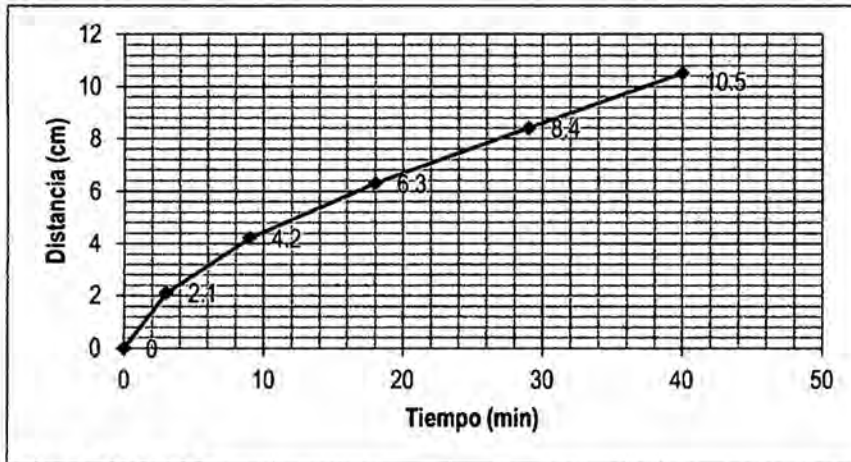
Tiempo (min)	Distancia (cm)
0	0
3	2,1
9	4,2
18	6,3
29	8,4
40	10,5

Fuente: E&E Perú S.A.



Figura 7.2-7

Prueba de Sedimentación – Floculante 8830



Fuente: E&E Perú S.A.

Tabla 7.2-10

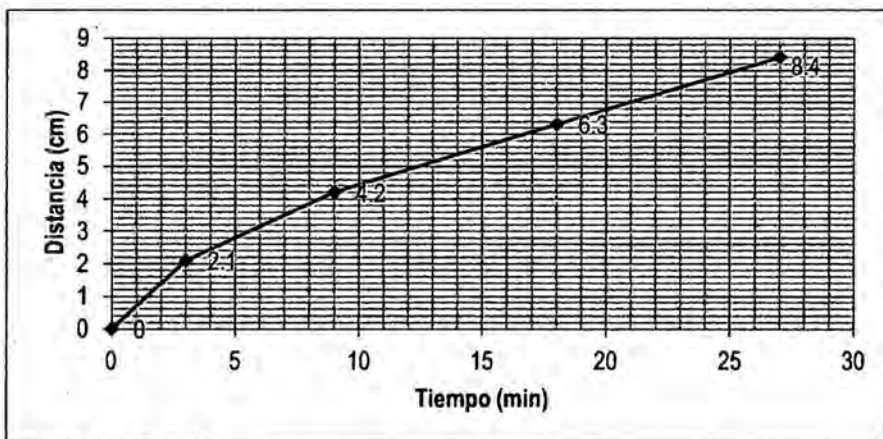
Floculante Magnafloc – Coricancha

Tiempo (min)	Distancia (cm)
0	0
3	2,1
9	4,2
18	6,3
27	8,4

Fuente: E&E Perú S.A.

Figura 7.2-8

Prueba de Sedimentación - Floculante Magnafloc-Coricancha



Fuente: E&E Perú S.A.

Tabla 7.2-11



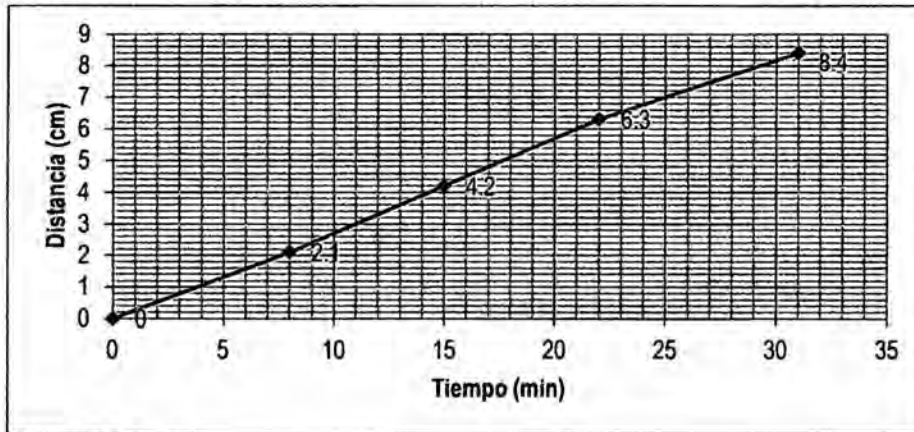
Floculante 1418

Tiempo (min)	Distancia (cm)
0	0
8	2,1
15	4,2
22	6,3
31	8,4

Fuente: E&E Perú S.A.

Figura 7.2-9

Prueba de Sedimentación - Floculante 1418



Fuente: E&E Perú S.A.

Tabla 7.2-12

Floculante 8834

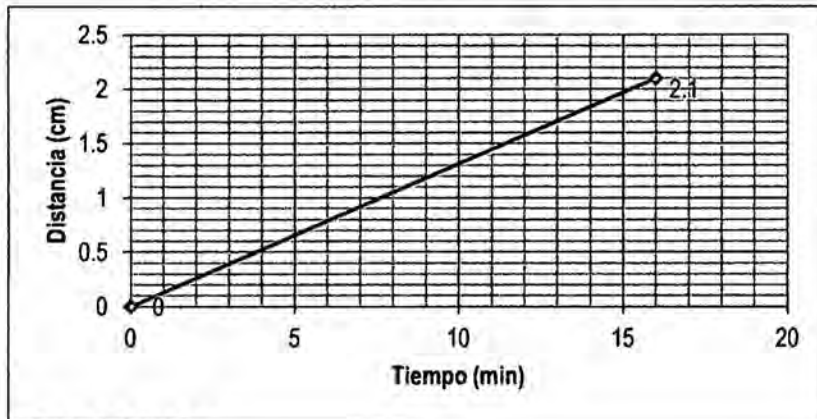
Tiempo (min)	Distancia (cm)
0	0
16	2,1

Fuente: E&E Perú S.A.



Figura 7.2-10

Prueba de Sedimentación - Floculante 8834



Fuente: E&E Perú S.A.

DE LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SEDIMENTACIÓN SE CONCLUYE:

Que con el polímero con el que se obtiene mejor performance es con el floculante: 2052, este floculante es neutro y actúa entre los pH 7,8- 8,6.

A continuación se muestran los resultados obtenidos con el floculante 2052, con el que se obtiene un efluente que se encuentra por debajo de los LMP y ECAs.

El contenido metálico de los lodos se encuentra químicamente estables bajo la forma de hidróxidos encontrando el equilibrio a pH=8,5 y turbidez: 3,4 NTU.

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE SEDIMENTACIÓN

Tabla 7.2-13

Resultados de Laboratorio Obtenido para Determinación de Parámetros de Sedimentación

Parámetro \ Floculante	Unidad	2052	ECAs Categoría 1 A2	Límite en cualquier momento	Límite para el promedio anual
pH		8,5	5,5 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Aluminio	mg/L	0,243	0,2	-	-
Antimonio	mg/L	ND	0,006	-	-
Arsénico	mg/L	0,0118	0,01	0,1	0,08
Bario	mg/L	0,0342	0,7	-	-
Berilio	mg/L	ND	0,04	-	-
Boro	mg/L	0,1150	0,5	-	-
Cadmio	mg/L	ND	0,003	0,05	0,04

Floculante Parámetro	Unidad	2052	ECAs Categoría 1 A2	Límite en cualquier momento	Límite para el promedio anual
Cobre	mg/L	0,0220	2	0,5	0,4
Cromo Total	mg/L	ND	0,05	-	-
Fosforo total	mg/L	ND	0,15	-	-
Hierro	mg/L	0,281	1	-	-
Hierro Disuelto	mg/L	ND	-	2	1,6
Manganeso	mg/L	0,1102	0,4	-	-
Mercurio	mg/L	0,000271	0,002	0,002	0,0016
Níquel	mg/L	ND	0,025	-	-
Plata	mg/L	ND	0,05	-	-
Plomo	mg/L	0,0539	0,05	0,2	0,16
Selenio	mg/L	ND	0,05	-	-
Uranio	mg/L	0,00282	0,02	-	-
Vanadio	mg/L	ND	0,1	-	-
Zinc	mg/L	0,349	5	1,5	1,2

Fuente: Envirolab 04/07/12 En: Anexo N°2 resultado de laboratorio de prueba de sedimentación con la mejor performance de floculante.

ANEXO 5:

WET 750. FICHA TÉCNICA. WET CHEMICAL PERÚ.

WET 750

Descripción WET 750 es una poliacrilamida de alto peso molecular aniónico suministrada como un polvo, y tiene una carga aniónica bajo.

Aplicaciones Típicas WET 750 es adecuado para uso como:

- Un reactivo de sedimentación / centrifugación para relaves minerales concentrados o de flotación, para la mayoría de los procesos de minerales, en condiciones neutras o ligeramente alcalino. Ha demostrado ser eficaz para su uso en las industrias de procesamiento de cobre, carbón, plomo / zinc y oro.
- Un reactivo en la sedimentación de los metales, la sedimentación de residuos de fosfato, el procesamiento de mineral de hierro, arena o grava, de procesamiento y extracción de magnesio del agua de mar.
- Un sedimentación reactivo en el tratamiento de aguas residuales primaria después del acondicionamiento con un coagulante inorgánico.
- Un reactivo de sedimentación a menudo se utiliza junto con coagulantes inorgánicos en el tratamiento de las aguas residuales de la industria del papel / textil / químico / agua y alimentos producidos a partir de la industria petrolera

Propiedades Típicas WET 750: Polvo blanquecino de fácil fluidez

Densidad bulk: 0.7 to 0.8g/cm³

Peso Molecular: Alto

Carga anionico: Baja

Approx Brookfield Viscosidad @ 25°C

- 0.25% solución, spindle 3@60rpm 420Cps
- 0.5% solución, spindle 3 @60rpm 861Cps

PH of 0.5% solución: 6.5 a 7.5

PH rango: 2 to 13

Mesh Size: 5% >1 mm, 5% <0.2mm

Empaque WET 750 presentación en sacos de 25 Kg y bolsas grandes de 750 Kg



WET Chemical Perú.

E-mail : ventasprowet@wetchemicalperu.com

**Dirección : Pasaje MUSGA Lote 10 A - Zona Industrial
Chacra Cerro - Comas**

Teléfono : 51-1-5495627 | Celular : 51-1-995950000

<http://www.wetchemicalperu.com>

Almacenaje **WET 750** se puede almacenar durante 24 meses si la temperatura es estable entre los 5 y 35 C, lejos de la luz directa del sol y la humedad.

La información anterior es sólo a título informativo y no constituye una especificación y por lo tanto se asume ninguna responsabilidad.

ANEXO 6:

WET 6912 FICHA TÉCNICA. WET CHEMICAL PERÚ.

WET 6912

Description WET 6912 is a medium to high molecular weight non-ionic polyacrylamide supplied as a powder.

Typical Applications WET 6912 is suitable for use as a settlement and centrifugation aid in many mineral-processing applications and is particularly effective under very low PH conditions, as encountered in acidic leach operations.

Typical Properties An off white free flowing powder

Bulk density: 0.7 to 0.8g/cm³

Molecular Weight: Medium to High

Charge: Non-ionic

Approx Brookfield Viscosity@ 25°C

0.5% solution, spindle 3 @60rpm 148 Cps

Effective PH range: 0 to 13

Mesh Size: 5% >1 mm, 5% <0.2mm

Packaging WET 6912 is packed in 25kg or 750 kg bags

Storage WET 6912 can be stored for 24 months if the temperature is stable between 5 and 35 C, away from direct sunlight and moisture.

The information given above is for information only and does not constitute a specification and therefore no liability is assumed.

ANEXO 7:

WET 830 FICHA TÉCNICA. WET CHEMICAL PERÚ.

WET 8030

Descripción WET 8030 Policrilamida catiónica de peso molecular medio, suministrada en polvo, y tiene una carga ionica baja.

Aplicaciones Típicas: WET 8030 uso adecuado como agente floculante para el tratamiento de aguas, industria del papel, tratamientos de aguas industriales y residuales, generalmente la adición del reactivo se realice luego de un coagulante inorgánico, así mismo el reactivo puede utilizarse como ayuda a la filtración de relaves, concentrados minerales y para procesos de floculación y separación solido-liquido

Propiedades Típicas WET 8030: Polvo blanquecino de fácil fluidez

Densidad bulk: 0.7 to 0.8g/cm³

Peso Molecular: Medio

Carga catiónica: Bajo

Approx Brookfield Viscosidad @ 25°C

- 0.25% solución, spindle 3 @60rpm 116Cps
- 0.5% solución, spindle 3 @60rpm 367Cps

PH of 0.5% solución: 7 to 7.5

PH rango: 1 to 12

Mesh Size: 5% >1 mm, 5% <0.2mm

Empaque WET 8030 presentación en sacos de 25 Kg y bolsas grandes de 750 Kg

Almacenaje WET 8030 se puede almacenar durante 24 meses si la temperatura es estable entre los 5 y 35 C, lejos de la luz directa del sol y la humedad.

La información anterior es sólo a título informativo y no constituye una especificación y por lo tanto se asume ninguna responsabilidad.

ANEXO 8:

ANCOFLOC 830-V2 FICHA TÉCNICA. AQA QUÍMICA



Calidad superior en tratamientos de agua

ANCOFLOC 8630

COAGULANTE ORGANICO

DESCRIPCION GENERAL

El ANCOFLOC 8630 es una mezcla de polimeros orgánicos. Este producto posee un alto rango de uso en aplicaciones de clarificación de agua y efluentes industriales que contienen alta turbidez.

USO

El ANCOFLOC 8630 es usado en muchas aplicaciones y especialmente en el tratamiento de agua industriales. La dosis a emplear depende de las condiciones de operación y de la calidad del agua a tratar. Su Representante del Servicio Técnico de AQA QUIMICA le indicará las recomendaciones y dosis específicas; después de una inspección de sus instalaciones.

PROPIEDADES FISICA

Apariencia.....	De incoloro a amarillo
pH (1%).....	3.0 a 6.5
Densidad (g/ml).....	0.98 a 1.16
Solubilidad.....	Miscible en agua

MANEJO Y ALMACENAJE

Este producto puede causar irritación en los ojos y la piel. Prevenir el contacto con ojos y piel. Utilizar guantes de goma en el manejo de este producto. Mantener fuera del alcance de los niños. Almacenar en ambiente fresco y con buena ventilación. Mantener alejado del calor o bajas temperaturas.

DISPONIBILIDAD

ANCOFLOC 8630 viene embalado desde su lugar de fabricación en recipientes no retornables de 55 galones.



Av. General Garzón 2210 Jesus Maria Lima -11, Central Telf: 204-5700, Fax: 204 -5724
Email: ventas@agaquimica.com Web: www.agaquimica.com

ANEXO 9:

ANCOFLOC 842-V1 FICHA TÉCNICA. AQA QUÍMICA



Calidad superior en tratamientos de agua

ANCOFLOC 8642

COAGULANTE ORGÁNICO

DESCRIPCION GENERAL

ANCOFLOC 8642 es una mezcla de coagulante orgánico de alto peso molecular y sales férricas. Este producto posee un alto rango de uso en aplicaciones de clarificación de agua y efluentes industriales que contienen hasta 10 NTU de turbidez.

USO

ANCOFLOC 8642 puede ser usado para clarificación de aguas, acondicionamiento de lodos y en sistemas de flotación de aire.

ANCOFLOC 8642 es usado en muchas aplicaciones y especialmente en el tratamiento de agua industriales. La dosis a emplear depende de las condiciones de operación y de la calidad del agua a tratar. Su Representante del Servicio Técnico de AQA QUIMICA le indicará las recomendaciones y dosis específicas; después de una inspección de sus instalaciones.

PROPIEDADES FISICA

Apariencia.....	Líquido marrón rojizo
pH (solo)	< 1.5
Densidad (g/ml)	1.00 a 1.10
Solubilidad	Soluble totalmente en agua

MANEJO Y ALMACENAJE

Este producto puede causar irritación en los ojos y la piel. Prevenir el contacto con ojos y piel. Utilizar guantes de goma en el manejo de este producto. Mantener fuera del alcance de los niños. Almacenar en ambiente fresco y con buena ventilación. Mantener alejado del calor o bajas temperaturas.

DISPONIBILIDAD

El ANCOFLOC 8642 está disponible en recipientes no retornables de 55 galones.



Av. General Garzón 2210 Jesus Maria Lima -11, Central Telf: 204-5700, Fax: 204 -5724
Email: ventas@aqaquimica.com Web: www.aqaquimica.com

ANEXO 10:

ANCOFLOC 8830-V8 FICHA TÉCNICA. AQA QUÍMICA



Calidad superior en tratamientos de agua

ANCOFLOC 8830

COAGULANTE INORGÁNICO

DESCRIPCION GENERAL

El ANCOFLOC 8830 es un coagulante inorgánico de alto peso molecular. Este producto posee un alto rango de uso en aplicaciones de clarificación de agua y efluentes industriales.

USO

ANCOFLOC 8830 puede ser usado para clarificación de aguas, acondicionamiento de lodos y en sistemas de flotación de aire.

El ANCOFLOC 8830 es usado en muchas aplicaciones y especialmente en el tratamiento de agua industriales.

La dosis a emplear depende de las condiciones de operación y de la calidad del agua a tratar. Su Representante del Servicio Técnico de AQA QUIMICA le indicará las recomendaciones y dosis específicas; después de una inspección de sus instalaciones.

PROPIEDADES FISICA

Apariencia.....	Líquido incoloro a amarillo
PH.....	3 a 4,5
Densidad (g/ml).....	1.10 a 1.25
Solubilidad.....	Soluble en agua

MANEJO Y ALMACENAJE

Este producto puede causar irritación en los ojos y la piel. Prevenir el contacto con ojos y piel. Utilizar guantes de goma en el manejo de este producto. Mantener fuera del alcance de los niños. Almacenar en ambiente fresco y con buena ventilación. Mantener alejado del calor o bajas temperaturas.

DISPONIBILIDAD

El ANCOFLOC 8830 está disponible en recipientes no retornables de 5, 15 y 55 galones.



Av. General Garzón 2210 Jesus Maria Lima -11, Central Telf.: 204-5700, Fax: 204 -5724
Email:ventas@aqaquimica.com Web:www.aqaquimica.com

ANEXO 11:

DECRETO Nº 32327-S DE COSTA RICA

DECRETOS

Nº 32327-S

(Publicado en La Gaceta No. 84 del 3 de mayo del 2005)

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA Y LA MINISTRA DE SALUD

En ejercicio de las facultades que les confieren los artículos 140 incisos 3), 18) y 146) de la Constitución Política; 28 inciso b) de la Ley General de Administración Pública; 1, 2, 4, 7, 264, 265, 266, 267 y siguientes y concordantes de la Ley General de Salud (Ley Nº 5395 del 30 de octubre de 1973).

Considerando:

I.—Que es deber del Estado, a través de sus instituciones, de velar por la salud pública.

II.—Que por tal razón se hace necesario y oportuno, dictar las normas relacionadas con la calidad del agua de consumo humano.

III.—Que las entidades públicas y privadas, que funjan como operadores de acueductos de agua potable, deberán sujetarse a lo establecido en el presente reglamento a fin de garantizar la calidad del agua.

IV.—Que el Ministerio de Salud, al tener como misión velar por la salud pública, debe regular vía reglamento, la calidad del agua y así prevenir enfermedades en los seres humanos originadas por contaminación del agua. **Por tanto:**

DECRETAN:

Reglamento para la Calidad del Agua Potable

CAPÍTULO I

De las disposiciones generales y definiciones

Artículo 1º—**Objetivo y Alcances.** El presente reglamento tiene por objetivo establecer los niveles máximos que deben tener aquellos componentes o características del agua que pueden representar un riesgo para la salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación de los sistemas de abastecimiento de agua en beneficio de la salud pública.

Artículo 2º—**Definiciones y Unidades.** Para una mejor comprensión del presente reglamento, se establecen las siguientes definiciones y tabla de unidades:

- a) **Acreditación:** Procedimiento por el cual un ente autorizado otorga reconocimiento formal de que un organismo o persona es competente para llevar a cabo tareas específicas.
- b) **Agua potable:** Agua tratada que cumple con las disposiciones de valores recomendables o máximos admisibles estéticos, organolépticos, físicos, químicos, biológicos y microbiológicos, establecidos en el presente reglamento y que al ser consumida por la población no causa daño a la salud.
- c) **Agua superficial:** La que se origina a partir de precipitaciones atmosféricas, afloración de aguas subterráneas (ríos, manantiales, lagos, quebradas).
- d) **Agua subterránea:** La que se origina de la infiltración a través de formaciones de una o más capas subterráneas de rocas o de otros estratos geológicos que tienen la suficiente permeabilidad para permitir un flujo significativo aprovechable sosteniblemente para su extracción.
- e) **Agua tratada:** Agua subterránea o superficial cuya calidad ha sido modificada por medio de procesos de tratamiento que incluyen como mínimo a la desinfección en el caso de aguas de origen subterráneo. Su calidad debe ajustarse a lo establecido

en el presente reglamento.

- f) **Control de calidad del agua potable:** evaluación continua y sistemática de la calidad del agua desde la fuente, planta de tratamiento, sistemas de almacenamiento y distribución, según programas específicos que deben ejecutar los organismos operadores a fin de cumplir las normas de calidad.
- g) **Desinfección del agua:** corresponde a un proceso físico químico unitario cuyo objetivo es garantizar la inactivación o destrucción de los agentes patógenos en el agua a utilizar para consumo humano. El proceso químico de la desinfección no corresponde a una esterilización.
- h) **Inspección sanitaria:** corresponde a las visitas, como componente de la vigilancia de la calidad del agua potable, para la aplicación de fichas de campo que permitan revisar el estado de las diferentes estructuras (captaciones, almacenamiento, distribución) de un sistema de suministro de agua para consumo humano y de las áreas de influencia a las captaciones, para identificar los riesgos que pueden afectar su calidad.
- i) **Muestra de agua:** Es una porción de agua que se recolecta de tal manera que resulte representativa de un volumen mayor de líquido.
- j) **OPS / OMS:** Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud.
- k) **Entes operadores:** instituciones, empresas, asociaciones administradoras o entidades en general públicas o privadas, directamente encargadas de la operación, mantenimiento y administración de sistemas de suministro de agua potable.
- l) **Redesinfección del agua:** aplicación de un desinfectante al agua en uno o varios puntos del sistema de distribución tales como: red, almacenamiento y estación de bombeo después de un tratamiento previo con el desinfectante para cumplir con los valores establecidos en el en el cuadro del artículo 12 del capítulo V.
- m) **Valor máximo admisible:** corresponde a aquella concentración de sustancia o densidad de bacterias a partir de la cual existe rechazo del agua por parte de los consumidores o surge un riesgo inaceptable para la salud. El sobrepasar estos valores indicados en las tablas contenidas en el Anexo 1 implica la toma de acciones correctivas inmediatas.
- n) **Valor recomendado:** corresponde a aquella concentración de sustancia o densidad de bacterias que implica un riesgo mínimo o aceptable para la salud de los consumidores del agua potable.
- ñ) **Vigilancia de la calidad del agua potable:** es la evaluación permanente desde el punto de vista de salud pública, efectuada por el Ministerio de Salud, sobre los organismos operadores, a fin de garantizar la seguridad, inocuidad y aceptabilidad del suministro de agua potable desde el área de influencia de la fuente hasta el sistema de distribución.

mg/L	Miligramos por litro
ppm	Partes por millón
µg/L	Microgramos por litro
µS/cm	Micro siemens por centímetros
PH	Potencial de iones hidrógeno
U Pt-Co	Unidades de platino cobalto (para Color)
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbiedad
°C	Grados Celsius
NMP/100mL	Número más Probable de bacterias en 100 mililitros de agua, por el método de tubos múltiples de fermentación

UFC/100mL Unidades formadoras de colonias en 100 mililitros
de agua, por el método de membrana filtrante
UFC/ mL Unidades formadoras de colonias en un mililitro
de agua

Artículo 3º—Para efectos del ámbito de aplicación de este reglamento, se establece que el nivel de vigilancia de la calidad del agua potable, corresponde al Ministerio de Salud y los niveles de administración, control y ejecución a los organismos operadores.

Artículo 4º—En este reglamento se establecen los requisitos básicos que debe contener el agua potable que suministran los entes operadores.

CAPÍTULO II

Del ámbito de aplicación

Artículo 5º—Para todos los efectos de regulaciones en la calidad del agua potable abastecida, los organismos operadores se sujetarán a este reglamento que contiene los valores para los parámetros físicos, químicos, biológicos y microbiológicos en sus aspectos estéticos, organolépticos y de significado para la salud establecidos en los cuadros 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 del anexo 1.

Artículo 6º—En este reglamento se establecen cuatro niveles de Control de Calidad del Agua (ver Anexo 2 cuadro A):

- 6.1 Nivel Primero (N1): corresponde al programa de control básico junto con la inspección sanitaria, para evaluar la operación y mantenimiento en la fuente, el almacenamiento y la distribución del agua potable. Los parámetros en este nivel son: coliformes termotolerantes (fecales), *Escherichia coli*, color aparente, turbiedad, olor, sabor, temperatura, pH, conductividad, y cloro residual libre o combinado. Los valores recomendados y máximos admisibles se indica en el cuadro 1 del anexo 1. Si la inspección sanitaria establece otros riesgos de contaminación, deberán adicionarse al programa de control básico, los parámetros necesarios.
- 6.2 Nivel Segundo (N2): corresponde al programa de control básico ampliado (N1), el análisis de tendencias temporales de variaciones de calidad en las fuentes de abastecimiento, a ser aplicado en muestras de agua potable en la fuente, su almacenamiento y distribución. Los parámetros en esta etapa de control son todos los establecidos en el nivel N1, ampliados con: dureza total, cloruro, fluoruro, nitrato, sulfato, aluminio, calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro, manganeso, zinc, cobre, plomo. Los valores recomendados y admisibles se indican en el cuadro 2 del anexo 1.
- 6.3 Nivel Tercero (N3): corresponde al programa de control avanzado del agua potable. Comprende la ejecución de los parámetros del nivel N2 ampliados con: nitrito, amonio, arsénico, cadmio, cromo, mercurio, níquel, antimonio, selenio y residuos de plaguicidas. Los valores recomendados y máximos admisibles se indican en los cuadros 3 y 4 del anexo 1.
- 6.4 Nivel Cuarto (N4): corresponde a programas ocasionales ejecutados por situaciones especiales, de emergencia o porque la inspección sanitaria identifica un riesgo inminente de contaminación del agua. Los parámetros a analizar según sea la situación identificada pueden ser: sólidos totales disueltos, sulfuro de hidrógeno, cianuros, sustancias orgánicas de significado para la salud, desinfectantes y subproductos de la desinfección. Los valores recomendados y máximos admisibles se indican en los cuadros 5, 6 y 7 del anexo 1. Otros parámetros como: *Siguelia sp.*, *Salmonella sp.*, *Estreptococos fecales*, *Vibrio cholerae* 01 toxigénico, *Aeromonas hydrophila*, nemátodos, *Entamoeba histolytica*, *Cryptosporidium*, Virus de

Hepatitis A, Enterovirus y cianobacterias tóxicas, deben estar ausentes en las muestras analizadas. Como indicadores e vulnerabilidad de un sistema pueden utilizarse los coliformes totales.

El Ministerio de Salud o el ente operador, podrán ampliar los parámetros de control requeridos para cada situación. El ente operador enviará los resultados del control de calidad del agua potable al Ministerio de Salud.

Artículo 7°—Las entidades públicas y privadas que fungen como operadores de servicios públicos, deben tomar las acciones requeridas para que se cumpla:

- 7.1 El programa de control hasta el nivel primero en todos los acueductos del país
- 7.2 El programa de control hasta nivel segundo en todos los acueductos con población abastecida superior a 10.000 habitantes
- 7.3 El programa de control hasta el nivel tercero en todos los acueductos con población abastecida superior a 50.000 habitantes

Artículo 8°—De los Métodos de Análisis y Laboratorios.

8.1 Preferiblemente los métodos de referencia para análisis son los indicados en la última edición de los Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater y los métodos de ensayos acreditados conforme lo establece la ley N° 8279 de 2 de mayo del 2002, (Sistema Nacional para la Calidad) Publicado en el Diario Oficial *La Gaceta* N° 96 de 21 de mayo del 2002.

8.1 Los laboratorios que realicen análisis de agua contemplados en este reglamento deberán tener permiso de funcionamiento otorgado por el Ministerio de Salud según Decreto 30465-S. (Reglamento General para el Otorgamiento de Permisos de Funcionamiento por parte del Ministerio de Salud) del nueve de mayo del dos mil dos, publicado en el Diario Oficial *La Gaceta* N° 102 del día 29 de mayo del dos mil dos.

Artículo 9°—Cuando se sobrepase el valor máximo admisible es necesario que el ente operador proceda a:

- 9.1 Efectuar una inspección sanitaria con remuestreo, para identificar las causas del cambio de calidad y ejecutar las acciones correctivas.
- 9.2 Consultar a las autoridades nacionales responsables: Ministerio de Salud, A y A, para que proporcionen asesoramiento sobre el grado de riesgo y la prioridad de las acciones correctivas.
- 9.3 Las entidades públicas y privadas que funjan como operadores, de acuerdo con el grado de riesgo, deben presentar ante el Ministerio de Salud, el informe de acciones correctivas ejecutadas y un plan de actividades para evitar que el evento no vuelva a ocurrir.

CAPÍTULO III

Del programa de control de calidad

Artículo 10.—Para implementar el Programa de Control de Calidad del Agua, el ente operador debe cumplir como mínimo con:

- 10.1 Identificar la zona de abastecimiento.
 - 10.1a La zona de abastecimiento corresponde al área geográfica del sistema, de características homogéneas en relación con la fuente y sus componentes relacionados: almacenamiento y sector de la red de distribución.
 - 10.1b En sistemas con más de una fuente, la recolección de muestras debe ser realizada teniendo en cuenta el número de habitantes abastecido con cada fuente.

10.2 Puntos de recolección de muestras.

10.2a Los puntos de recolección de muestras deben ser seleccionados de modo que sean representativos de las zonas de abastecimiento; iniciando con la fuente, almacenamiento y terminando en la red de distribución. El grifo de muestreo debe estar ubicado lo más próximo a la conexión domiciliar controlada por el operador, libre de la influencia de la cisterna, tanque elevado o cualquier otro tipo de almacenamiento intradomiciliar de agua.

10.2b Deben ser uniformemente distribuidos en cada zona de abastecimiento.

10.2c El número de muestras bacteriológicas y físico-químicas, en la red de distribución, debe ser proporcional al número de habitantes atendidos en cada zona de abastecimiento.

10.2d Deben ser ubicados: a la salida de la planta de tratamiento, salida de tanques de almacenamiento, salida de las fuentes subterráneas (pozos, manantiales, galerías de infiltración, etc.), en la red primaria y secundaria de distribución.

10.3 Frecuencia de recolección de muestras

Con la finalidad de asegurar que el agua de abastecimiento satisface los requisitos de este Reglamento, es necesario recolectar las muestras con la periodicidad que establece el cuadro B del anexo 2.

10.4 Programa de control de riesgo y vulnerabilidad.

10.4a Realizar la inspección sanitaria, a cada uno de los elementos del acueducto, una vez al año, durante una recolección de muestras del programa de control de calidad.

10.4b Evaluar los resultados de la inspección sanitaria, en conjunto con el último año de datos de análisis, obtenidos en el programa de control de calidad.

10.4c Definir el grado de riesgo para la salud, en cada uno de los elementos del sistema, así como la priorización de acciones correctivas.

CAPÍTULO IV

Del programa de vigilancia sanitaria de la calidad del agua

Artículo 11.—Corresponde al Ministerio de Salud, a través de los diferentes niveles de gestión, efectuar la evaluación del ente operador, desde el punto de vista operativo y su capacidad para implementar mejoras, con el fin de disminuir el grado de riesgo, para la salud de la población y la vulnerabilidad de los sistemas.

CAPÍTULO V

Desinfección

Artículo 12.—**Utilización de la desinfección.** El proceso de desinfección se utiliza como parte de una serie de operaciones y procesos de tratamiento unitario en una planta. En su forma mas simple se aplica como único tratamiento de aguas naturales de excelente calidad (aguas subterráneas o de manantial) para garantizar ausencia de indicadores de contaminación fecal entre el punto de aplicación y el punto de entrega al usuario. La desinfección deberá aplicarse además para mantener un nivel residual, según lo indicado en el artículo 13, que garantice la calidad del agua de contaminaciones eventuales a través de todo el sistema de distribución.

Artículo 13.—**Dosis de desinfectante.** La dosis de desinfectante corresponde a la cantidad en partes por millón (mg/L) que se aplica al agua. La dosis que debe aplicarse varía con la demanda de cada agua en particular.

13.1 Desinfección con cloro

Es función del tipo de residual que se tenga. Se recomienda, para la destrucción de bacterias indicadoras el mínimo de cloro, en la red de distribución, dependiendo del pH del agua y tiempo mínimo de contacto dado en el siguiente cuadro.

Valor del pH	Cloro residual libre (mg/L) Tiempo mínimo de Contacto de 20 minutos	Cloro residual combinado (mg/L) Tiempo mínimo de Contacto de 60 minutos
	6.0 – 7.0	0.3
7.1 – 8.0	0.5	1.5
8.1 – 9.0	0.6	1.8

13.2 Desinfección con ozono

Para desinfectar un metro cúbico de agua se utiliza en la práctica, de 0.5 a 2 gramos de ozono, dependiendo de la calidad del agua tratada. El residual en el punto de aplicación debe ser de 0.3 a 0.4 mg/L, durante 3 a 4 minutos de tiempo de contacto mínimo.

Artículo 14.—Puntos de dosificación

- 14.1 Los puntos de adición de los desinfectantes son a la salida de los procesos de tratamiento de las plantas, asegurándose que exista el periodo de contacto adecuado antes de que el agua entre al sistema de distribución.
- 14.2 Puntos de redesinfección: Estos puntos de aplicación pueden ser:
 - 14.2a Al final de una línea larga de alimentación dentro del sistema de distribución.
 - 14.2b En un punto donde una tubería principal deriva agua hacia otra comunidad próxima.
 - 14.2c En un punto del sistema donde exista una estación de bombeo, en el tanque de almacenamiento.

CAPÍTULO VI

De las disposiciones finales

Artículo 15.—Todo ente operador, de sistemas de abastecimiento de agua, está obligado a entregar copia de los informes de su programa de Control de la Calidad del Agua al Ministerio de Salud.

Artículo 16.—En caso de emergencia calificada como tal por las autoridades sanitarias de acuerdo con el presente reglamento, el ente operador debe:

- 16.1 Suspender el servicio de abastecimiento.
- 16.2 Asegurar el suministro de agua por otra vía.
- 16.3 Aplicar las acciones correctivas correspondientes.
- 16.4 Entrar a operar el sistema, una vez asegurada la calidad del agua.

Artículo 17.—No se debe introducir agua superficial, sin tratamiento respectivo, en los sistemas de abastecimiento de agua potable. El ente operador debe asegurar la calidad sanitaria del agua dentro del sistema de almacenamiento y distribución, durante todo el año.

Artículo 18.—Los Anexos 1 y 2 a que se hace alusión en artículos anteriores forman parte integral del presente reglamento.

Artículo 19.—Este reglamento entrará en vigencia ocho días después de la fecha de su publicación en el Diario Oficial *La Gaceta*.

Artículo 20.—El presente Decreto deroga el Decreto Ejecutivo N° 25991-S, del 14

de abril de 1997, publicado en *La Gaceta* el 27 de mayo de 1997.

Dado en la Presidencia de la República.—San José, a los diez días del mes de febrero del dos mil cinco.

Publíquese.—ABEL PACHECO DE LA ESPRIELLA.—La Ministra de Salud Dra. María del Rocío Sáenz Madrigal.—1 vez.—(O. C. N° 184).—C-189250.—(D32327-31743).

ANEXO 1

CUADRO 1. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA
- PRIMER NIVEL DE CONTROL - N1

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Coliforme fecal	NMP/100 mL o UFC/100 mL	Ausente	Ausente
<u>Escherichia coli</u> ^a	NMP/100 mL o UFC/100 mL	Ausente	Ausente
Color aparente	mg/L (U - Pt-Co)	5	15 ²
Turbiedad	UNT	<1	5 ²
Olor	—	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
Sabor	—	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
Temperatura	°C	18	30
pH ^c	Valor pH	6,5	8,5
Conductividad	μS/cm	400	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,3	0,6
Cloro Residual Combinado	mg/L	1,0	1,8

-
- a) El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la *Escherichia coli*
- b) VMA en no más del 10% de las muestras analizadas durante el año
- c) Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en los acueductos o en los utensilios domésticos, utilizados para calentar o hervir el agua

CUADRO 2. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA
- SEGUNDO NIVEL DE CONTROL - N2

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	400	500
Cloruro	mg/L Cl ⁻	25	250
Fluoruro	mg/L F ⁻		0,7 a 1,5 ^a
Nitrato	mg/L NO ₃ ⁻	25	50
Sulfato	mg/L SO ₄ ⁻²	25	250
Aluminio	mg/L Al ⁺³	0,2	
Calcio	mg/L Ca ⁺²	100	
Magnesio	mg/L Mg ⁺²	30	50
Sodio	mg/L Na ⁺	25	200
Potasio	mg/L K ⁺		10
Hierro	mg/L Fe		0,3
Manganeso	mg/L Mn	0,1	0,5
Zinc	mg/L Zn		3,0
Cobre	mg/L Cu	1,0	2,0
Plomo	mg/L Pb		0,01

a) 1,5 mg/L para temperaturas de 8 a 12 °C y 0,7 mg/L para temperaturas de 25 a 30 °C

CUADRO 3. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA
- TERCER NIVEL DE CONTROL- N3

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Nitrito	mg/L NO ₂ ⁻		0,1 o 3,0 ^a
Amonio	mg/L NH ₄ ⁺	0,05	0,5
Arsénico	mg/L As		0,01
Cadmio	mg/L Cd		0,003
Cromo	mg/L Cr		0,05
Mercurio	mg/L Hg		0,001
Níquel	mg/L Ni		0,02
Antimonio	mg/L Sb		0,005
Selenio	mg/L Se		0,01

^a ___ VMA de 0.1, si el nitrito se evalúa en forma independiente del nitrato.

___ VMA de 3.0, cuando el nitrito se evalúa en conjunto con el nitrato. En este caso, la suma de la razón de concentración de cada uno respecto a su valor máximo admisible no debe ser superior a 1,0.

$$\frac{[\text{NO}_3]^{-1}}{\text{V.M.A. NO}_3^{-1}} + \frac{[\text{NO}_2]^{-1}}{\text{V.M.A. NO}_2^{-1}} \leq 1$$

Nota: V.M.A. = Valor Máximo Admisible.

**CUADRO 4. PARÁMETROS DE CALIDAD PARA RESIDUOS
DE PLAGUICIDAS**

-TERCER NIVEL DE CONTROL- N3

Parámetro Ingrediente activo ISO, BSI, ANSI	Nombre Químico IUPAC	Valor Máximo Admisible µg/L
Alachlor	2-cloro-2,6-dietil-N-(metoximetil)acetanilida	20
Aldicarb	2-metil-2-(metiltio)propionaldehído-O-(metilcarbamoil) oxima.	10
Aldrin/dieldrin	(1R,4S,4aS,5S,8R,8aR)-1,2,3,4,10,10-hexacloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahidro-1,4:5,8-dimetanonaftaleno.	0,03
Atrazine	6-cloro-N ² -etil-N4-isopropil-1,3,5-triazina-2,4-diamina.	2
Bentazone	3-isopropil-1H-2,1,3-benzotiadiazin-4(3H)-ona-2,2-dióxido.	300
Carbofuran	2,3-dihidro-2,2-dimetil-7-benzofuranil-metil-carbamato.	7
Chlordane	1,2,4,5,6,7,8,8-octacloro-2,3,3 ^a ,4,7,7a-hexahidro-4,7-metanoindeno.	0,2
2,4-D	Ácido-2,4-diclorofenoxiacético.	30
2,4-DB	Ácido-4-(2,4-diclorofenoxi)butírico.	90
DDTa	Dicloro-difenil-tricloroetano.	2
Dibromocloropropano	1,2-dibromo-3-cloropropano.	1
Dichloropropene	1,3-dicloropropeno.	20
Dichloroprop	Ácido (RS)-2-(2,4-diclorofenoxi)propiónico.	100
Heptachlor + epoxide	1,4,5,6,7,8,8-heptacloro-3a,4,7,7a-tetrahidro-4,7-metanoindeno.	0,03
Isoproturon	3-(4-isopropilfenil)-N',N'-dimetilurea	9
Lindane	Isómero gama de 1,2,3,4,5,6-hexacloro-ciclohexano	2
MCPA	Ácido (4-cloro-2-metilfenoxi)acético.	2

Mecroprop	Ácido (RS)-2-(4-cloro-2-metilfenoxi)propiónico.	10
Methoxychlor	2,2-bis(p-metoxifenil)-1,1,1-tricloroetano.	20
Metolachlor	2-cloro-N-(2-etil-6-metilfenil)-N-(2-metoxi-1-metiletil) acetamida.	10
Molinate	S-etil hexahidro-1H-azepina-1-carbiontiota	6
PCP	Pentaclorofenol	9
Pendiméthaline	N-(1-etilpropil)-3,4-dimetil-2,6-dinitobenzamina.	20
Permethrin	3-fenoxibenzil (1RS)-cis, trans-3-(2,2-diclorovinil)-2,2 dimetilciclopropanocarboxilato.	20
Propanil	N-(3,4-diclorofenil)propionamida.	20
Pyridate	O-(6-cloro-3-fenil-4-piridazin) S-octil carbono tiota.	100
Simazine	2-cloro-4,6-bis(etilamino)-s-triazina.	2
2,4,5-T	Ácido-2,4,5-triclorofenoxi-acético.	9
Trifluraline	α,α,α -Trifluoro-2,6-dinitro-N,N-dipropil-p-toluidina.	20

^a Corresponde a la suma de todos los isómeros.

CUADRO 5 PARÁMETROS DE CALIDAD PARA SUSTANCIAS ORGÁNICAS DE SIGNIFICADO PARA LA SALUD, EXCEPTO PLAGUICIDAS PARA EL CUARTO NIVEL: N4

Parámetro	Valor Máximo Admisible, µg/L
Alcanos Clorados	
Tetracloruro de carbono	2
Diclorometano	20
1,2-dicloroetano	30
1,1,1-tricloroetano	2000
Parámetro	
Etenos Clorados	
Cloruro de Vinilo	5

1,1-dicloroeteno	30
1,2-dicloroeteno	50
Tricloroeteno	70
Tetracloroeteno	40
Hidrocarburos Aromáticos	
Tolueno	700
Xilenos	500
Etilbenceno	300
Estireno	20
Benzo-alfa-pireno	0,7
Bencenos Clorados	
Monoclorobenceno	300
1,2-diclorobenceno	1000
1,4-diclorobenceno	300
Triclorobencenos	20
Otros Compuestos Orgánicos	
di (2-etilhexil) adipato	80
di (2-etilhexil) ftalato	8
Acrilamida	0,5
Epiclorohidrino	0,4
Hexaclorobutadieno	0,5
EDTA	200
Acido nitriloacético	200
Oxido de tributilestaño	2
Hidrocarburos policíclicos aromáticos totales	0,2
Bifenilos policlorados totales	0,5

**CUADRO 6. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA
- CUARTO NIVEL - N4**

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Sólidos totales			
disueltos	mg/L		1000
Amonio	mg/L NH ₄ ⁺	0,05	0,5
Sulfuro de Hidrógeno	mg/L H ₂ S		0,05

**CUADRO 7. PARÁMETROS PARA DESINFECTANTES Y SUBPRODUCTOS DE
LA DESINFECCIÓN
PARA EL CUARTO NIVEL: N4**

Parámetro	Valor Máximo Admisible, µg/L
Desinfectantes	
Monocloramina	4000
Subproductos de la desinfección	
Bromato	25
Clorito	200
a- Clorofenoles	
2,4,6-triclorofenol	200
Formaldehido	900
b- Trihalometanos	
Bromoformo	100
Dibromoclorometano	100
Bromodiclorometano	60
Cloroformo	200
c- Ácidos Acético Clorados	
Ác. Dicloroacético	50

ác. Tricloroacético 1 00

tricloroacetaldehído/cloralhidrato 100

d- Haloacetoniros

Dicloroacetoniros 90

Dibromoacetoniros 100

Tricloroacetoniros 11

e- Cloruro de cianógeno (como CN-) 70

ANEXO 2

NIVELES DE CONTROL, FRECUENCIA
Y NÚMERO DE MUESTRAS

CUADRO A. NIVELES DE CONTROL Y PARÁMETROS ¹

Parámetros a incluir	Nivel Primero (N1)	Nivel Segundo (N2)	Nivel Tercero (N3)	Nivel Cuarto (N4)
a. Parámetros Organolépticos	- Color Aparente - Turbiedad - Olor ² - Sabor ²	Análisis (N1) +	Análisis (N2) +	
b. Parámetros físico-químicos	- Temperatura ³ - pH - Conductividad - Cloro residual 1 libre ⁴ - Cloro residual combinado ⁴	Dureza total - - Cloruro - Nitrato - Sulfato - Aluminio - Calcio - Magnesio - Sodio - Potasio - Zinc - Cobre		Sólidos totales - disueltos
c. Parámetros para sustancias inorgánicas con significado a la salud y plaguicidas		- Hierro - Manganeso - Fluoruro	- Amonio - Nitrito	- Sulfuro de hidrógeno
d. Parámetros Tóxicos(orgá-		- Nitrato - Plomo	- Arsénico - Cadmio	- Subproductos de la desinfección

Parámetros a incluir	Nivel Primero (N1)	Nivel Segundo (N2)	Nivel Tercero (N3)	Nivel Cuarto (N4)
nicos e inorgánicos).			- Cromo - Mercurio - Níquel- - Antimonio - Selenio - Residuos de Plaguicidas	- Cianuros - Desinfectantes - Sustancias orgánicas con significado para la salud
e. Parámetros biológicos y microbiológicos		- Coliforme fecal - E. Coli ⁵		Los indicados, en el inciso 6.4, del artículo 6.

RECOMENDACIÓN: Se recomienda adicionar un análisis (llamado primer análisis), que sobre todo ha de llevarse a cabo antes de la puesta en marcha del sitio de muestreo. Los parámetros a tomar en cuenta serían los del análisis de control normal, a los cuales podrían agregarse, entre otros, con base en el riesgo detectado por la inspección sanitaria, diferentes sustancias tóxicas no deseadas. La lista será definida por el Ministerio de Salud, en consulta con el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

NOTAS:

- ¹ El Ministerio de Salud y el A y A podrán utilizar otros parámetros diferentes a los mencionados en el Anexo si es que surgen situaciones especiales o de emergencia, o debido a factores que incidan negativamente sobre la calidad del agua potable suministrada.
- ² Valoración cualitativa.
- ³ Excepto para agua en depósitos cerrados.
- ⁴ U otras sustancias, en caso de tratamiento con cloro.
- ⁵ Confirmación en caso de que se detecte la presencia de Coliforme Fecal.

CUADRO B.

FRECUENCIA MÍNIMA DE ANÁLISIS Y NÚMERO DE MUESTRAS ¹

Población abastecida (base del cálculo: 200 litros por habitante y por día)	Análisis N1 ^a		Análisis N2 ^b Frecuencia / N°. de muestras	Análisis N3 ^c Frecuencia / N°. de muestras
	Fuentes	Redes		
Menos de 2.000	Semestral	Semestral/3	Anual/1	Anual/1
2.001 a 5.000	Trimestral	Trimestral/3	Anual/1	Anual/1
5.001 a 10.000	Mensual	Mensual/3	Semestral/1	Anual/1
10.001 a 15.000	Mensual	Quincenal/3	Semestral/1	Anual/1
15.001 a 20.000	Mensual	Quincenal/6	Semestral/1	Anual/1
más de 20.000	Mensual	Quincenal/d	Trimestral/1	Semestral/1
más de 100.000	Mensual	Diario/e	Trimestral/1	Semestral/1

¹ La frecuencia y número de muestras para los análisis del nivel 4, serán establecidos de acuerdo a cada situación particular (brotes de enfermedades de origen hídrico, contaminaciones accidentales, otros).

^a En cada visita, se deberá recolectar muestras bacteriológicas en las fuentes y el almacenamiento y la red de distribución. Los puntos de análisis físico-químicos, en la red de distribución, son los mismos de los bacteriológicos, pero con frecuencia semestral o trimestral, cuando se tenga identificada la línea base de calidad. El procedimiento de recolección de muestras en estructuras de almacenamiento debe asegurar la representatividad de la muestra.

^{b c} En estos niveles solamente, se recolectan muestras en las fuentes de abastecimiento, a no ser que la inspección sanitaria lo establezca, para la red de distribución.

^d Una muestra adicional, por cada 5 000 habitantes.

^e Una muestra adicional por cada 10 000 habitantes

ANEXO 12:

NORMATIVA LEGAL DE LOS ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD
AMBIENTAL PARA AGUA

Diagnóstico y el usuario esté dispuesto a proporcionarnos, el valor de dichos insumos será descontado del precio del servicio, previa presentación de la copia del comprobante de pago. Los insumos requeridos deberán ceñirse a las especificaciones técnicas exigidas por el SENASA.

Regístrate, comuníquese y publíquese.

OSCAR M. DOMINGUEZ FALCON
Jefe (e)
Servicio Nacional de Sanidad Agraria

232229-1

AMBIENTE

Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

DECRETO SUPREMO
N° 002-2008-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, en el inciso 22 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; señalando en su artículo 67° que el Estado determina la Política Nacional del Ambiente;

Que, el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611-Ley General del Ambiente, establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;

Que, el artículo 1° de la Ley N° 28817-Ley que establece los plazos para la elaboración y aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y de Límites Máximos Permisibles (LMP) de Contaminación Ambiental, dispuso que la Autoridad Ambiental Nacional culminaría la elaboración y revisión de los ECA y LMP en un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la vigencia de dicha Ley;

Que con fecha 16 de junio de 1999 se instaló el GESTA AGUA, cuya finalidad fue elaborar los Estándares de Calidad Ambiental para Agua - ECA para Agua, estando conformado dicho Grupo de Trabajo por 21 instituciones del sector público, privado y académico, actuando la Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA como Secretaría Técnica;

Que, mediante Oficio N° 8262-2006/DG/DIGESA de fecha 28 de diciembre de 2006, la Dirección General de Salud Ambiental -DIGESA, en coordinación con el Instituto Nacional de Recursos Naturales -INRENA, en calidad de Secretaría Técnica Colegiada del GESTA

AGUA, remitió al CONAM, la propuesta de Estándares de Calidad Ambiental-ECA para Agua con la finalidad de tramitar su aprobación formal;

Que, por Acta del Grupo de Trabajo GESTA AGUA, de fecha 24 de octubre de 2007, se aprobó la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua;

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013 se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, señalándose su ámbito de competencia sectorial y regulándose su estructura orgánica y funciones, siendo una de sus funciones específicas la de elaborar los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles;

Que, contando con la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, corresponde aprobarlos mediante Decreto Supremo, conforme a lo establecido en el artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611 y el Decreto Legislativo N° 1013; En uso de las facultades conferidas por el artículo 118° de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

Artículo 1°.- Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

Aprobar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, contenidos en el Anexo I del presente Decreto Supremo, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los Estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

Artículo 2°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.- El Ministerio del Ambiente dictará las normas para la implementación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, como instrumentos para la gestión ambiental por los sectores y niveles de gobierno involucrados en la conservación y aprovechamiento sostenible del recurso agua.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los treinta días del mes de julio del año dos mil ocho.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

El Peruano

DIARIO OFICIAL

REQUISITO PARA PUBLICACIÓN DE NORMAS LEGALES Y SENTENCIAS

Se comunica al Congreso de la República, Poder Judicial, Ministerios, Organismos Autónomos y Descentralizados, Gobiernos Regionales y Municipalidades que, para efecto de publicar sus dispositivos y sentencias en la Separata de Normas Legales y Separatas Especiales respectivamente, deberán además remitir estos documentos en disquete o al siguiente correo electrónico: normaslegales@editoraperu.com.pe

LA DIRECCIÓN

ANEXO I

ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA

CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
FÍSICOS Y QUÍMICOS						
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	1	1,00	1,00	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,005	0,022	0,022	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,08	**
Cloruros	mg/L	250	250	250	**	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	15	100	200	sin cambio normal	sin cambio normal
Conductividad	µs/cm °M	1 500	1 600	**	**	**
D.B.O. ₅	mg/L	3	5	10	5	10
D.Q.O.	mg/L	10	20	30	30	50
Dureza	mg/L	500	**	**	**	**
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	0,5	na	0,5	Ausencia de espuma persistente
Fenoles	mg/L	0,003	0,01	0,1	**	**
Fluoruros	mg/L	1	**	**	**	**
Fósforo Total	mg/L P	0,1	0,15	0,15	**	**
Materiales Flotantes		Ausencia de material flotante	**	**	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos	mg/L N	10	10	10	10	**
Nitritos	mg/L N	1	1	1	1(5)	**
Nitrógeno amoniacal	mg/L N	1,5	2	3,7	**	**
Olor		Aceptable	**	**	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥ 5	≥ 4
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0	6-9 (2,5)	**
Sódicos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500	**	**
Sulfatos	mg/L	250	**	**	**	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**	**	0,05	**
Turbiedad	UNT °M	5	100	**	100	**
INORGÁNICOS						
Aluminio	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	0,006	0,006	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,05	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	0,7	**
Berilio	mg/L	0,004	0,04	0,04	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	0,5	0,75	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,003	0,003	0,01	0,01	**
Cobre	mg/L	2	2	2	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	1	1	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	0,4	0,5	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	0,025	0,025	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	5	5	3	**
ORGÁNICOS						
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES						
Hidrocarburos totales de petróleo, HTPP	mg/L	0,05	0,2	0,2		
Trihalometanos	mg/L	0,1	0,1	0,1	**	**
Compuestos Orgánicos Volátiles, COVs						
1,1,1-Tricloroetano - 71-55-6	mg/L	2	2	**	**	**
1,1-Dicloroetano - 75-35-4	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2-Dicloroetano - 107-06-2	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2-Diclorobenceno - 95-50-1	mg/L	1	1	**	**	**
Hexaclorobutadieno - 87-68-3	mg/L	0,0006	0,0006	**	**	**
Tetracloroetano - 127-18-4	mg/L	0,04	0,04	**	**	**
Tetracloruro de Carbono - 56-23-5	mg/L	0,002	0,002	**	**	**
Tricloroetano - 79-01-6	mg/L	0,07	0,07	**	**	**
BETX						

Descargado de: www.cipriano.com.pe

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
Benceno - 71-43-2	mg/L	0,01	0,01	**	**	**
Etilbenceno - 100-41-4	mg/L	0,3	0,3	**	**	**
Tolueno - 108-88-3	mg/L	0,7	0,7	**	**	**
Xileno - 1330-20-7	mg/L	0,5	0,5	**	**	**
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)pireno - 50-32-8	mg/L	0,0007	0,0007	**	**	**
Periladorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**	**	**
Triclorobenzenos (Totales)	mg/L	0,02	0,02	**	**	**
Plaguicidas						
Organofosforados:						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	**	**	**
Metamidofós (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Paraquat (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Paratión	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Organoclorados (COP)*:						
Aldrin - 309-00-2	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Clordano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
DDT	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Dieldrin - 60-57-1	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	*	**	**
Endrin - 72-20-8	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro - 76-44-8	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro epóxido 1024-57-3	mg/L	0,00003	0,00003	*	**	**
Lindano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Carbamatos:						
Aldicarb (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Policloruros Bifenílicos Totales (PCBs)						
(PCBs)	mg/L	0,000001	0,000001	**	**	**
Otros						
Asbesto	Millones de fibras/L	7	**	**	**	**
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes (44,5 °C)	NMP/100 mL	0	2 000	20 000	200	1 000
Coliformes Totales (35 - 37 °C)	NMP/100 mL	50	3 000	50 000	1 000	4 000
Enterococos fecales	NMP/100 mL	0	0		200	**
Escherichia coli	NMP/100 mL	0	0		Ausencia	Ausencia
Formas parasitarias	Organismo/Litro	0	0		0	
Giardia duodenalis	Organismo/Litro	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Salmoneles	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	0
Vibrio Cholerae	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

UNT Unidad Nefelométrica Turbiedad

NMP/ 100 mL Número más probable en 100 mL

* Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)

** Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente determine.

CATEGORÍA 2: ACTIVIDADES MARINO COSTERAS

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUA DE MAR		
		Sub Categoría 1	Sub Categoría 2	Sub Categoría 3
		Extracción y Cultivo de Moluscos Bivalvos (C1)	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas (C2)	Otras Actividades (C3)
ORGANOLÉPTICOS				
Hidrocarburos de Petróleo		No Visible	No Visible	No Visible
FISICOQUÍMICOS:				
Aceites y grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0
DBO ₅	mg/L	**	10,0	10,0
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥4	≥3	≥2,5
pH	Unidad de pH	7 - 8,5	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	**	50,0	70,0
Sulfuro de Hidrógeno	mg/L	**	0,06	0,08
Temperatura	°C	**delta 3 °C	**delta 3 °C	**delta 3 °C
INORGÁNICOS				
Amoníaco	mg/L	**	0,08	0,21
Arsénico total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Cadmio total	mg/L	0,0093	0,0093	0,0093
Cobre total	mg/L	0,0031	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05
Fosfatos (P-PO4)	mg/L	**	0,03 - 0,09	0,1

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUA DE MAR		
		Sub Categoría 1	Sub Categoría 2	Sub Categoría 3
		Extracción y Cultivo de Moluscos Bivalvos (C1)	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas (C2)	Otras Actividades (C3)
Mercurio total	mg/l	0,00094	0,0001	0,0001
Níquel total	mg/l	0,0082	0,1	0,1
Nitratos (N-NO3)	mg/l	**	0,07 - 0,28	0,3
Plomo total	mg/l	0,0081	0,0081	0,0081
Silicatos (Si-Si O3)	mg/l	**	0,14 - 0,70	**
Zinc total	mg/l	0,081	0,081	0,081
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos de petróleo totales (fracción aromática)	mg/l	0,007	0,007	0,01
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	* ≤14 (área aprobada)	≤30	1000
Coliformes Termotolerantes	SMP/100mL	* ≤28 (área restringida)		

NMP/ 100 mL Número más probable en 100 mL

* Área Aprobada : Áreas de donde se extraen ó cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana ó animal, de organismos patógenos ó cualquier sustancia deletérea ó venenosa y potencialmente peligrosa.

** Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano luego de ser depurados

*** Se entenderá que para este uso, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente lo determine

**** La temperatura corresponde al promedio mensual multi-anual del área evaluada.

CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Fisicoquímicos		
Bicarbonatos	mg/L	370
Calcio	mg/L	200
Carbonatos	mg/L	5
Cloruros	mg/L	100-700
Conductividad	(uS/cm)	<2 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40
Fluoruros	mg/L	1
Fosfatos - P	mg/L	1
Nitratos (NO3-N)	mg/L	10
Nitritos (NO2-N)	mg/L	0,06
Oxígeno Disuelto	mg/L	> =4
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5
Sodio	mg/L	200
Sulfatos	mg/L	300
Sulfuros	mg/L	0,05
Inorgánicos		
Aluminio	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0,05
Bario total	mg/L	0,7
Boro	mg/L	0,5-6
Cadmio	mg/L	0,005
Cianuro Wad	mg/L	0,1
Cobalto	mg/L	0,05
Cobre	mg/L	0,2
Cromo (6+)	mg/L	0,1
Hierro	mg/L	1
Litio	mg/L	2,5
Magnesio	mg/L	150
Manganeso	mg/L	0,2
Mercurio	mg/L	0,001
Níquel	mg/L	0,2
Plata	mg/L	0,05
Plomo	mg/L	0,05
Selenio	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	2
Orgánicos		
Aceites y Grasas	mg/L	1
Fenoles	mg/L	0,001
S.A.A.M. (detergentes)	mg/L	1
Plaguicidas		
Aldicarb	ug/L	1
Aldrin (CAS 309-00-2)	ug/L	0,004
Clordano (CAS 57-74-9)	ug/L	0,3
DDT	ug/L	0,001
Dieldrin (N° CAS 72-20-8)	ug/L	0,7
Endrin	ug/L	0,004

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Endosulfán	ug/L	0,02
Heptacloro (N° CAS 76-44-8) y heptacloriposido	ug/L	0,1
Lindano	ug/L	4
Paraatión	ug/L	7,5

CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES.			
PARÁMETROS	Unidad	Vegetales Tallo Bajo	Vegetales Tallo Alto
		Valor	Valor
Biológicos			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1 000	2 000(3)
Coliformes Totales	NMP/100mL	5 000	5 000(3)
Enterococos	NMP/100mL	20	100
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100	100
Huevos de Helminfos	huevo/filtro	<1	<1(1)
<i>Salmonella</i> sp.		Ausente	Ausente
<i>Vibrio cholerae</i>		Ausente	Ausente
PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES			
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	
Fisicoquímicos			
Conductividad Eléctrica	(uS/cm)	<=5000	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	<=15	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40	
Fluoruro	mg/L	2	
Nitratos-(NO3-N)	mg/L	50	
Nitritos (NO2-N)	mg/L	1	
Oxígeno Disuelto	mg/L	> 5	
pH	Unidades de pH	6,5 - 8,4	
Sulfatos	mg/L	500	
Sulfuros	mg/L	0,05	
Inorgánicos			
Aluminio	mg/L	5	
Arsénico	mg/L	0,1	
Berilio	mg/L	0,1	
Boro	mg/L	5	
Cadmio	mg/L	0,01	
Cianuro WAD	mg/L	0,1	
Cobalto	mg/L	1	
Cobre	mg/L	0,5	
Cromo (6+)	mg/L	1	
Hierro	mg/L	1	
Litio	mg/L	2,5	
Magnesio	mg/L	150	
Manganeso	mg/L	0,2	
Mercurio	mg/L	0,001	
Níquel	mg/L	0,2	
Plata	mg/L	0,05	
Plomo	mg/L	0,05	
Selenio	mg/L	0,05	
Zinc	mg/L	24	
Orgánicos			
Aceites y Grasas	mg/L	1	
Fenoles	mg/L	0,001	
S.A.A.M. (detergentes)	mg/L	1	
Plaguicidas			
Aldicarb	ug/L	1	
Aldrin (CAS 309-00-2)	ug/L	0,03	
Clordano (CAS 57-74-9)	ug/L	0,3	
DDT	ug/L	1	
Dieldrin (N° CAS 72-20-8)	ug/L	0,7	
Endosulfán	ug/L	0,02	

Endrín	ug/L	0,004
Heptacloro (N° CAS 76-44-8) y heptacloropóxido	ug/L	0,1
Lindano	ug/L	4
Paratión	ug/L	7,5
Biológicos		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1 000
Coliformes Totales	NMP/100mL	5 000
Enterococos	NMP/100mL	20
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100
Huevos de Helminthos	huevo/filtro	<1
<i>Salmonella</i> sp.	Ausente	
<i>Vibrio cholerae</i>	Ausente	

NOTA :

NMP/100: Número más probable en 100 mL.

Vegetales de Tallo alto: Son plantas cultivables o no, de porte arbustivo o arbóreo y tienen una buena longitud de tallo, las especies leñosas y forestales tienen un sistema radicular pivotante profundo (1 a 20 metros). Ejemplo: Forestales, árboles frutales, etc.

Vegetales de Tallo bajo: Son plantas cultivables o no, frecuentemente porte herbáceo, debido a su poca longitud de tallo alcanzan poca altura. Usualmente, las especies herbáceas de porte bajo tienen un sistema radicular difuso o fibroso, poco profundo (10 a 50 cm). Ejemplo: Hortalizas y verdura de tallo corto, como ajo, lechuga, fresas, col, repollo, apio y arveja, etc.

Animales mayores: Entiéndase como animales mayores a vacunos, ovinos, porcinos, camélidos y equinos, etc.

Animales menores: Entiéndase como animales menores a caprinos, cuyes, aves y conejos

SAAM: Sustancias activas de azul de metileno

CATEGORÍA 4: CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO

PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RIOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARGINS
FÍSICOS Y QUÍMICOS						
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<5	<10	<10	15	10
Nitrógeno Amónico	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,08
Temperatura	Celsius					delta 3 °C
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
pH	unidad	6,5-8,5	6,5-8,5		6,8-8,5	6,8-8,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	500	500	500	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤25	≤25 - 100	≤25 - 400	≤25-100	30,00
INORGÁNICOS						
Arsénico	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	—
Cadmio	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022	0,022	0,022	—
Clorofila A	mg/L	10	—	—	—	—
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fenoles	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	—
Fosfatos Total	mg/L	0,4	0,5	0,5	0,5	0,031 - 0,093
Hidrocarburos de Petróleo Aromáticos Totales	Ausente				Ausente	Ausente
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001
Nitratos (N-NO3)	mg/L	5	10	10	10	0,07 - 0,28
INORGÁNICOS						
Nitrógeno Total	mg/L	1,6	1,6		—	—
Níquel	mg/L	0,025	0,025	0,025	0,002	0,0082
Plomo	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,0061	0,0061
Silicatos	mg/L	—	—	—	—	0,14-0,7
Sulfuro de Hidrógeno (H2S indisoluble)	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,06
Zinc	mg/L	0,03	0,03	0,3	0,03	0,061
MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes Termotolerantes	(NMP/100mL)	1 000	2 000		1 000	≤30
Coliformes Totales	(NMP/100mL)	2 000	3 000		2 000	

NOTA : Aquellos parámetros que no tienen valor asignado se debe reportar cuando se dispone de análisis

Dureza: Medir "dureza" del agua muestreada para contribuir en la interpretación de los datos (método/técnica recomendada: APHA-AWWA-WPCF 2340C)

Nitrógeno total: Equivalente a la suma del nitrógeno Kjeldahl total (Nitrógeno orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrato (NO)

Amoníaco: Como NH3 no ionizado

NMP/100 mL: Número más probable de 100 mL.

Ausente: No deben estar presentes a concentraciones que sean detectables por olor, que afecten a los organismos acuáticos comestibles, que puedan formar depósitos de sedimentos en las orillas o en el fondo, que puedan ser detectados como películas visibles en la superficie o que sean nocivos a los organismos acuáticos presentes.

ANEXO 13:

DECRETO SUPREMO NÚMERO 010-2010 MINAM

la Ministra de Economía y Finanzas y por el Ministro de Transportes y Comunicaciones.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN
Presidente del Consejo de Ministros

MERCEDES ARÁOZ FERNÁNDEZ
Ministra de Economía y Finanzas

ENRIQUE CORNEJO RAMÍREZ
Ministro de Transportes y Comunicaciones

533964-6

Autorizan viaje de funcionario de OSIPTEL a Colombia para participar en eventos organizados por el Centro de Excelencia de las Américas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones

RESOLUCIÓN SUPREMA N° 194-2010-PCM

Lima, 20 de agosto de 2010

Vista, la Carta N° 816-GG.RI/2010 del Gerente General del Consejo Directivo del Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones - OSIPTEL; y,

CONSIDERANDO:

Que, por comunicación de fecha 27 de julio de 2010 la Asesora en Gestión y Desarrollo de Recursos Humanos del Centro de Excelencia para la Región Américas de la Oficina Regional de la Unión Internacional de Telecomunicaciones - UIT para las Américas ha invitado al Gerente General del Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones - OSIPTEL a participar en la "I Reunión del Comité Estratégico y de Calidad del Centro de Excelencia de las Américas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones - UIT", así como en el "IV Foro Internacional Futuro de las Tecnologías de la Información en Telecomunicación - TIC en la Región Américas", a llevarse a cabo en la ciudad de Bogotá, República de Colombia, del 30 de agosto al 3 de setiembre de 2010;

Que, los mencionados eventos son organizados por el Centro de Excelencia de las Américas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y cuentan con la colaboración de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Colombia;

Que, las citadas reuniones congregarán a los expertos de la región de los organismos reguladores de telecomunicaciones y de las instituciones que forman parte de la Red de Nodos del Centro de Excelencia de las Américas de la UIT;

Que, en atención al prestigio internacional del OSIPTEL, este organismo ha sido reconocido e incorporado a la Red de Nodos del Centro de Excelencia de las Américas, habiéndose firmado para ello, el 3 de octubre de 2008, el Acuerdo de Participación de dicha Red de Nodos entre el OSIPTEL y la UIT;

Que, en el marco de este Acuerdo, el OSIPTEL y la UIT realizan actividades conjuntas con la finalidad de fortalecer las capacidades de los funcionarios del OSIPTEL, siendo la línea de contar con un mecanismo regional que fortalezca la capacidad de generar conocimiento y experiencia para el talento humano de más alto nivel de la Región Américas y contribuir a su capacitación y desarrollo;

Que, en el IV Foro Internacional Futuro de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la Región Américas se tratarán importantes temas del sector, tales como la participación empresarial necesaria para el aporte de las TIC al desarrollo social, las redes de bajo costo en la inclusión digital, las aplicaciones TIC en las Américas, la regulación de aplicaciones, contenidos y televisión digital;

Que, en este sentido, la participación en estos eventos permitirá obtener recursos y generar la posibilidad de capacitación a los funcionarios del OSIPTEL en políticas de telecomunicaciones, gestión o gerencia de telecomunicaciones, nuevas tecnologías, servicios de telecomunicaciones y regulación de las telecomunicaciones;

Que, el señor Alejandro Gustavo Jiménez Morales además de ser el Gerente General del OSIPTEL es responsable de las coordinaciones con el Centro de Excelencia de las Américas de la UIT, por lo cual su participación permitirá un adecuado intercambio de experiencias e información sobre temas muy importantes para la regulación de los servicios públicos de telecomunicaciones y las políticas de capacitación y fortalecimiento de las capacidades de los recursos humanos del sector;

Que, la UIT asumirá los costos del pasaje aéreo del citado funcionario, correspondiendo asumir al OSIPTEL, con cargo a su presupuesto, los gastos por concepto de viáticos y tarifa única por uso de aeropuerto;

De conformidad con lo establecido por la Ley N° 27819, Ley que regula la autorización de viajes al exterior de funcionarios y servidores públicos del Poder Ejecutivo; su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N° 047-2002-PCM; la Ley N° 29289, la Ley N° 29485, Ley de Presupuesto del Sector Público para el Año Fiscal 2010; y el Reglamento de Organización y Funciones de la Presidencia del Consejo de Ministros, aprobado por el Decreto Supremo N° 063-2007-PCM; y,

Estando a lo acordado;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Autorizar el viaje del señor Alejandro Gustavo Jiménez Morales, Gerente General del Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones - OSIPTEL, a la ciudad de Bogotá, República de Colombia, del 29 de agosto al 4 de setiembre de 2010, para los fines expuestos en la parte considerativa de la presente resolución.

Artículo 2°.- Los gastos que irroque el cumplimiento de la presente resolución se efectuarán con cargo al presupuesto del OSIPTEL, de acuerdo al siguiente detalle:

Tarifa Única por Uso de Aeropuerto	US\$	31,00
Viáticos	US\$	1 200,00

Artículo 3°.- Dentro de los quince (15) días calendario siguientes de efectuado el viaje, el referido funcionario deberá presentar a su institución un informe detallado describiendo las acciones realizadas, los resultados obtenidos y la rendición de cuentas por los viáticos entregados.

Artículo 4°.- La presente Resolución no otorga derecho a exoneración o liberación de impuestos aduaneros de ninguna clase o denominación.

Artículo 5°.- La presente Resolución Suprema será refrendada por el Presidente del Consejo de Ministros.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN
Presidente del Consejo de Ministros

533964-7

AMBIENTE

Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero - Metalúrgicas

DECRETO SUPREMO N° 010-2010-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA:

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el artículo 32° de la Ley N° 28611 modificado por el Decreto Legislativo N° 1055, establece que la determinación del Límite Máximo Permissible - LMP, corresponde al Ministerio del Ambiente y su cumplimiento es exigible legalmente por éste y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33° de la Ley N° 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, modificado por el Decreto Legislativo N° 1039, establece como función específica de dicho Ministerio elaborar los ECA y LMP, de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 011-96-EM-VMM, se aprobaron los niveles máximos permisibles para efluentes líquidos minero-metalúrgicos;

Que, el conocimiento actual de las condiciones de biodisponibilidad y biotoxicidad de los elementos que contiene los efluentes líquidos descargados al ambiente por acción antrópica y la forma en la que éstos pueden afectar los ecosistemas y la salud humana, concluyen que es necesario que los LMP se actualicen para las Actividades Minero-Metalúrgicas, a efecto que cumplan con los objetivos de protección ambiental;

Que, el Ministerio de Energía y Minas ha remitido una propuesta de actualización de LMP para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas, la misma que fue publicada para consulta y discusión pública en el Diario Oficial El Peruano habiéndose recibido comentarios y observaciones que han sido debidamente meritados;

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

DECRETA:

Artículo 1°.- Objeto

Aprobar los Límites Máximos Permisibles - LMP, para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas de acuerdo a los valores que se indica en el Anexo 01 que forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2°.- Ámbito de Aplicación

El presente Decreto Supremo es aplicable a todas las actividades minero-metalúrgicas que se desarrollen dentro del territorio nacional.

Artículo 3°.- Definiciones

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos y definiciones:

3.1 Autoridad Competente.- Autoridad que ejerce las funciones de evaluación y aprobación de los instrumentos de gestión ambiental de la actividad minero-metalúrgica. En el caso de la gran y mediana minería dicha Autoridad Competente es el Ministerio de Energía y Minas, mientras que para la pequeña minería y minería artesanal son los Gobiernos Regionales.

3.2 Efluente Líquido de Actividades Minero - Metalúrgicas.- Es cualquier flujo regular o estacional de sustancia líquida descargada a los cuerpos receptores, que proviene de:

a) Cualquier labor, excavación o movimiento de tierras efectuado en el terreno cuyo propósito es el

desarrollo de actividades mineras o actividades conexas, incluyendo exploración, explotación, beneficio, transporte y cierre de minas, así como campamentos, sistemas de abastecimiento de agua o energía, talleres, almacenes, vías de acceso de uso industrial (excepto de uso público), y otros;

b) Cualquier planta de procesamiento de minerales, incluyendo procesos de trituración, molienda, flotación, separación gravimétrica, separación magnética, amalgamación, reducción, tostación, sinterización, fundición, refinación, lixiviación, extracción por solventes, electrodeposición y otros;

c) Cualquier sistema de tratamiento de aguas residuales asociado con actividades mineras o conexas, incluyendo plantas de tratamiento de efluentes mineros, efluentes industriales y efluentes domésticos;

d) Cualquier depósito de residuos mineros, incluyendo depósitos de relaves, desmontes, escorias y otros;

e) Cualquier infraestructura auxiliar relacionada con el desarrollo de actividades mineras; y,

f) Cualquier combinación de los antes mencionados.

3.3 Ente Fiscalizador.- Autoridad que ejerce las funciones de fiscalización y sanción de la actividad minera-metalúrgica; para la gran y mediana minería será el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería - OSINERGMIN, hasta que el Organismo de Evaluación y Fiscalización del Ambiente - OEFA asuma dichas funciones, y para la pequeña minería y minería artesanal de los Gobiernos Regionales.

3.4 Límite Máximo Permissible (LMP).- Medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente líquido de actividades minero-metalúrgicas, y que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el sistema de gestión ambiental.

3.5 Límite en cualquier momento.- Valor del parámetro que no debe ser excedido en ningún momento. Para la aplicación de sanciones por incumplimiento del límite en cualquier momento, éste deberá ser verificado por el fiscalizador o la Autoridad Competente mediante un monitoreo realizado de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes.

3.6 Límite promedio anual.- Valor del parámetro que no debe ser excedido por el promedio aritmético de todos los resultados de los monitoreos realizados durante los últimos doce meses previos a la fecha de referencia, de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes y el Programa de Monitoreo.

3.7 Monitoreo de Efluentes Líquidos.- Evaluación sistemática y periódica de la calidad de un efluente en un Punto de Control determinado, mediante la medición de parámetros de campo, toma de muestras y análisis de las propiedades físicas, químicas y fisicoquímicas de las mismas, de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes.

3.8 Parámetro.- Cualquier elemento, sustancia o propiedad física, química o biológica del efluente líquido de actividades minero-metalúrgicas que define su calidad y que se encuentra regulado por el presente Decreto Supremo.

3.9 Punto de Control de Efluentes Líquidos.- Ubicación aprobada por la Autoridad Competente en la cual es obligatorio el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles.

3.10 Programa de Monitoreo.- Documento de cumplimiento obligatorio por el titular minero, contiene la ubicación de los puntos de control de efluentes y cuerpo receptor, los parámetros y frecuencias de monitoreo de cada punto para un determinado centro de actividades minero-metalúrgicas.

Es aprobada por la Autoridad Competente como parte de la Certificación Ambiental y puede ser modificada por ésta de oficio o a pedido de parte, a efectos de eliminar, agregar o modificar puntos de control del efluente y cuerpo

receptor, parámetros o frecuencias, siempre que exista el sustento técnico apropiado. El Ente Fiscalizador podrá recomendar las modificaciones que considere apropiadas a consecuencia de las acciones de fiscalización.

El Programa de Monitoreo considerará, además de los parámetros indicados en el presente anexo, los parámetros siguientes:

- a) Caudal
- b) Conductividad eléctrica
- c) Temperatura del efluente
- d) Turbiedad

La autoridad Competente podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

3.11 Protocolo de Monitoreo.- Norma aprobada por el Ministerio de Energía y Minas en coordinación con el Ministerio del Ambiente, en la que se indican los procedimientos que se deben seguir para el monitoreo del cuerpo receptor y de efluentes líquidos de actividades minero - metalúrgicas. Sólo será considerado válido el monitoreo realizado de conformidad con este Protocolo, su cumplimiento es materia de fiscalización.

3.12 Plan de Implementación para el Cumplimiento de los LMP.- Documento mediante el cual el Titular Minero justifica técnicamente la necesidad de un plazo de adecuación mayor al indicado, de acuerdo al artículo 4° numeral 4.2. del presente Decreto Supremo, el cual describe las acciones e inversiones que ejecutará para garantizar el cumplimiento de los LMP. Este Plan se incorporará al correspondiente estudio ambiental y de ser el caso será parte de la actualización del plan de manejo ambiental señalada en el artículo 30° del Reglamento de la Ley N° 27446, aprobado por Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM.

3.13 Titular Minero.- Es la persona natural o jurídica que ejerce la actividad minera.

Artículo 4°.- Cumplimiento de los LMP y plazo de adecuación

4.1 El cumplimiento de los LMP que se aprueban por el presente dispositivo es de exigencia inmediata para las actividades minero - metalúrgicas en el territorio nacional cuyos estudios ambientales sean presentados con posterioridad a la fecha de la vigencia del presente Decreto Supremo.

4.2 Los titulares mineros que a la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo cuenten con estudios ambientales aprobados, o se encuentren desarrollando actividades minero - metalúrgicas, deberán adecuar sus procesos, en el plazo máximo de veinte (20) meses contados a partir de la entrada en vigencia de este dispositivo, a efectos de cumplir con los LMP que se establecen.

Los titulares mineros que hayan presentado sus estudios ambientales con anterioridad a la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo y son aprobados con posterioridad a éste, computarán el plazo de adecuación a partir de la fecha de expedición de la Resolución que apruebe el Estudio Ambiental.

4.3 Sólo en los casos que requieran el diseño y puesta en operación de nueva infraestructura de tratamiento para el cumplimiento de los LMP, la Autoridad Competente podrá otorgar un plazo máximo de treinta y seis (36) meses contados a partir de la vigencia del presente Decreto Supremo, para lo cual el Titular Minero deberá presentar un Plan de Implementación para el Cumplimiento de los LMP, que describa las acciones e inversiones que se ejecutará para garantizar el cumplimiento de los LMP y justifique técnicamente la necesidad del mayor plazo.

El Plan en mención deberá ser presentado dentro de los seis (06) meses contados a partir de la entrada en vigencia del presente dispositivo.

Mediante Resolución Ministerial, el Ministerio de Energía y Minas aprobará los criterios y procedimientos para la evaluación de los Planes de Implementación para el Cumplimiento de los LMP, así como los Términos de Referencia que determinen su contenido mínimo.

Artículo 5°.- Prohibición de dilución o mezcla de Efluentes

De acuerdo con lo previsto en el artículo 113° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, todo Titular Minero tiene el deber de minimizar sus impactos sobre las aguas naturales, para lo cual debe limitar su consumo de agua fresca a lo mínimo necesario.

No está permitido diluir el efluente líquido con agua fresca antes de su descarga a los cuerpos receptores con la finalidad de cumplir con los LMP establecidos en el artículo 1° del presente Decreto Supremo.

Asimismo, no está permitida la mezcla de efluentes líquidos domésticos e industriales, a menos que la ingeniería propuesta para el tratamiento o manejo de aguas, así lo exija, lo cual deberá ser justificado técnicamente por el Titular Minero y aprobado por la autoridad Competente.

Artículo 6°.- Resultados del monitoreo

La Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas, es responsable de la administración de la base de datos de monitoreo de efluentes líquidos y calidad de agua de todas las actividades minero - metalúrgicas; los titulares mineros están obligados a reportar a dicha Dirección General los resultados del monitoreo realizado. Asimismo, el Ente Fiscalizador deberá remitir a la citada Dirección General los resultados del monitoreo realizado como parte de sus actividades de fiscalización.

La Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros garantizará el acceso oportuno y eficiente a la base de datos al Ente Fiscalizador. Asimismo, deberá elaborar dentro de los primeros sesenta (60) días calendario de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo reportados por los titulares mineros durante el año anterior, el cual será remitido al Ministerio del Ambiente.

Artículo 7°.- Fiscalización y Sanción

La fiscalización y sanción por el incumplimiento de los LMP aprobados en el presente Decreto Supremo, así como de la ejecución del Plan de Implementación para el Cumplimiento de los LMP está a cargo del Ente Fiscalizador, quien en el desarrollo de sus funciones, recurrirá, entre otros, a la base de datos de monitoreo ambiental administrada por la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas.

Artículo 8°.- Coordinación Interinstitucional

Si en el ejercicio de su función de fiscalización, supervisión y/o vigilancia, alguna autoridad toma conocimiento de la ocurrencia de alguna infracción ambiental relacionada al incumplimiento de los LMP aprobados por el presente dispositivo, y cuya sanción no es de su competencia, deberá informar al Ente Fiscalizador correspondiente o a la autoridad competente, adjuntando la documentación correspondiente.

Artículo 9°.- Regímenes de Excepción

De manera excepcional, la Autoridad Competente podrá exigir el cumplimiento de límites de descarga más rigurosos a los aprobados por el presente Decreto Supremo, cuando de la evaluación del correspondiente instrumento de gestión ambiental se concluya que la implementación de la actividad implicaría el incumplimiento del respectivo Estándar de Calidad Ambiental - ECA.

Artículo 10°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Energía y Minas.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- El Ministerio de Energía y Minas, en coordinación con el Ministerio del Ambiente aprobará el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes Líquidos en un plazo no mayor de doscientos cincuenta (250) días calendario contados a partir de su entrada en vigencia del presente Decreto Supremo.

Segunda.- En el plazo máximo de sesenta (60) días calendario contados a partir de la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, el Ministerio de Energía y

Minas aprobará los Términos de Referencia conforme a los cuales deba elaborarse el Plan de Implementación para el Cumplimiento de los LMP, así como el procedimiento de evaluación de dichos planes.

Tercera.- En el plazo de dos (02) años contados a partir de la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, el Ministerio del Ambiente en coordinación con el Ministerio de Energía y Minas evaluará la necesidad de establecer nuevos LMP para los siguientes parámetros:

- Nitrógeno amoniacal
- Nitrógeno como nitratos
- Demanda Química de Oxígeno
- Aluminio
- Antimonio
- Manganeso
- Molibdeno
- Níquel
- Fenol
- Radio 228
- Selenio
- Sulfatos

Para tal efecto, el Ministerio de Energía y Minas dispondrá la modificación de los Programas de Monitoreo de las actividades mineras en curso de modo que se incluyan los parámetros aquí mencionados.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.- Hasta la aprobación del Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes Líquidos se aplicará supletoriamente, el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua, aprobado por Resolución Directoral N° 004-94-EM/DGAA.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

Única.- Deróguese la Resolución Ministerial N° 011-96-EM/VMM, salvo los artículos 7°, 9°, 10°, 11° y 12°, así como los Anexos 03, 04, 05 y 06, los cuales mantienen su vigencia hasta la aprobación y entrada en vigencia del Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes Líquidos.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veinte días del mes de agosto del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidenta Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

PEDRO SÁNCHEZ GAMARRA
Ministro de Energía y Minas

ANEXO 01

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE ACTIVIDADES MINERO - METALÚRGICAS.

Parámetro	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el Promedio anual
pH		6 - 9	6 - 9
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	50	25
Aceites y Grasas	mg/L	20	16
Cianuro Total	mg/L	1	0,8
Arsénico Total	mg/L	0,1	0,08
Cadmio Total	mg/L	0,05	0,04
Cromo Hexavalente(*)	mg/L	0,1	0,08
Cobre Total	mg/L	0,5	0,4
Hierro (Disuelto)	mg/L	2	1,6
Piomo Total	mg/L	0,2	0,16
Mercurio Total	mg/L	0,002	0,0016
Zinc Total	mg/L	1,5	1,2

(*) En muestra no filtrada

- Los valores indicados en la columna "Límite en cualquier momento" son aplicables a cualquier muestra colectada por el Titular Minero, el Ente Fiscalizador o la Autoridad Competente, siempre que el muestreo y análisis hayan sido realizados de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes del Ministerio de Energía y Minas; en este Protocolo se establecerán entre otros aspectos, los niveles de precisión, exactitud y límites de detección del método utilizado.

- Los valores indicados en la columna "Promedio anual" se aplican al promedio aritmético de todas las muestras colectadas durante el último año calendario previo a la fecha de referencia, incluyendo las muestras recolectadas por el Titular Minero y por el Ente Fiscalizador siempre que éstas hayan sido recolectadas y analizadas de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes del Ministerio de Energía y Minas

533964-1

COMERCIO EXTERIOR Y TURISMO

Autorizan viaje de representante de PROMPERÚ a la República Popular China para participar en la Feria "Asia Fruit Logística 2010"

RESOLUCIÓN SUPREMA N° 103-2010-MINCETUR

Lima, 20 de agosto de 2010

Visto el Oficio N° 301-2010-PROMPERU/SG, de la Secretaría General de la Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo - PROMPERÚ.

CONSIDERANDO:

Que, la Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo - PROMPERÚ, es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, competente para proponer y ejecutar los planes y estrategias de promoción de bienes y servicios exportables, así como de turismo interno y receptivo, promoviendo y difundiendo la imagen del Perú en materia turística y de exportaciones;

Que, PROMPERÚ, conjuntamente con cuatro empresas agroexportadoras y cinco gremios exportadores nacionales, han programado su participación en la Feria "ASIA FRUIT LOGÍSTICA 2010", organizado por la empresa Messe Berlin GmbH, a realizarse en la ciudad de Hong Kong, República Popular China, del 8 al 10 de setiembre del 2010, con el objetivo de promover las exportaciones de frutas y hortalizas frescas en el mercado asiático, a fin de consolidar nuestra presencia como país abastecedor de frutas y hortalizas de calidad;

Que, la participación de PROMPERÚ en este evento permitirá evaluar la participación de las empresas peruanas exportadoras en dicho mercado, así como conocer los aspectos de la cadena de comercialización y distribución de frutas y hortalizas entre las ciudades chinas de Hong Kong y Guangzhou;

Que, la Secretaría General de PROMPERÚ ha solicitado que se autorice el viaje del señor Víctor Germán Sarabia Molina, quien presta servicios en dicha entidad, para que en representación de PROMPERÚ, participe en la referida feria, realizando acciones de promoción de las exportaciones de importancia para el país y coordinando cuanto se refiere a la instalación del stand peruano;

Que, la Ley N° 29485, Ley de Presupuesto del Sector Público para el Año Fiscal 2010, prohíbe los viajes al exterior con cargo a recursos públicos, salvo los casos excepcionales que la misma Ley señala, entre ellos, los viajes que se efectúen en el marco de las acciones de promoción de importancia para el Perú, los que deben realizarse en categoría económica y ser autorizados por Resolución Suprema;

De conformidad con el Decreto de Urgencia N° 001-2010, la Ley N° 27780, de Organización y Funciones del

ANEXO 14:

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES DEP.	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Qué método, entre los procesos de floculación química y ultrafiltración, es más eficiente para la remoción de metales del drenaje ácido de mina (DAM)?	Comparar los métodos para la remoción de metales presentes en el drenaje ácido de la Unidad La Cima.	El método más eficiente para la remoción de metales del drenaje ácido de mina (DAM) entre los métodos comparados, es el método de Ultrafiltración, con un caudal de 10 Litros/min.	X = Cantidad removida (%) de cada uno de los metales presentes en el agua del DAM de la Unidad Minera La Cima (hierro, magnesio y níquel).	-Condiciones de salida	-ppm de metales	-Relacionando la variable Y así como la variable Z con la variable X
PROB. ESPECÍFICOS	OBJ. ESPECÍFICOS	HIP. ESPECÍFICAS	VARIABLES IND.	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Qué características químicas iniciales presenta el drenaje ácido de mina de la Unidad Minera La Cima?	Caracterizar el agua de drenaje ácido presente en el área de impacto de la U.M. La Cima.	El agua del DAM de la U.M. La Cima presenta concentraciones de hierro, magnesio y níquel fuera de los límites máximos permisibles.	Y = Características iniciales de la muestra	-Condiciones de entrada	-ppm de metales	Medición en laboratorio
¿Bajo qué condiciones se aplican cada una de las tecnologías a comparar?	Aplicar las tecnologías de floculación química y tecnología de membranas bajo condiciones óptimas en cada caso, evaluando la cantidad de metales presentes al final del proceso.	La metodología de Floculación Química es aplicada en medio ácido y con floculantes catódicos y la metodología de Ultrafiltración con un caudal de 10 Litros/min.	Z = Medio y Caudal	-Condiciones de aplicación	-Medio (Tecnología de Floculación Química) y caudal. (Tecnología de Membranas).	Medición en laboratorio
¿Cuál de estas metodologías presenta mayor eficiencia en la remoción de los metales presentes en el DAM?	Comparar los resultados y evaluar la eficiencia de cada una de las tecnologías aplicadas.	La Ultrafiltración evidenciará mayor eficiencia en la disminución de la concentración de los metales presentes en el agua del DAM de la U.M. La Cima en comparación con la Tecnología de Floculación Química.	W= Comparación de la eficiencia de los resultados, teniendo como base los LMPs.	-Comparativo de resultados cuantitativos	-LMPs	-Comparación