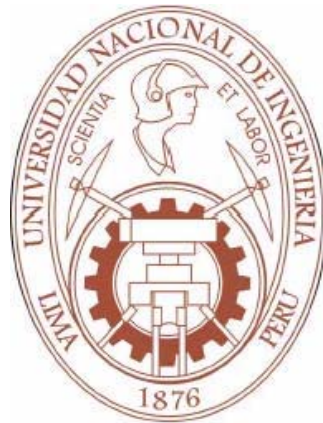


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y  
METALURGICA  
SECCION DE POS GRADO**



**SISTEMA DE TRATAMIENTO INTEGRAL DE  
AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES EN UEA  
ANIMON DE EMPRESA ADMINISTRADORA  
CHUNGAR SAC**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON  
MENCION EN MINERIA Y MEDIO AMBIENTE**

**PRESENTADO POR:**

**MANUEL ANDRES REQUENA MENDIZABAL**

**LIMA - PERU**

**2008**

# **INDICE**

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>4</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>5</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>7</b>
<b>CAPITULO I</b>	<b>9</b>
INTRODUCCION	9
I.1 INTRODUCCIÓN	9
I.2 ANTECEDENTES	10
I.3 ALCANCES Y OBJETIVO	14
<b>CAPITULO II</b>	<b>15</b>
GENERACION DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	15
II.1 MARCO GENERAL DEL PROYECTO	15
II.2 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE PLANTA DE BENEFICIO	21
II.3 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE MINA	21
<b>CAPITULO III</b>	<b>26</b>
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO INTEGRAL DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	26
III.1 ASPECTOS TEORICOS DE LOS PROCESOS DE COAGULACION, FLOCULACION Y SEDIMENTACION	26
III.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO INTEGRAL DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	38
III.3 PROCESOS ALTERNATIVOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	39
III.4 BALANCE HIDRICO DEL PROCESO INDUSTRIAL ACTUAL Y DEL PROYECTO DE TRATAMIENTO INTEGRAL DE EFLUENTES	55
III.5 CARACTERIZACION DE LAS FUENTES DE SUMINISTRO DE AGUA Y CUERPOS RECEPTORES	61
III.6 DESCRIPCION DEL DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROYECTO DE TRATAMIENTO INTEGRAL DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	62

<b>CAPITULO IV</b>	<b>70</b>
PRODUCTOS GENERADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO INTEGRAL DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	<b>70</b>
IV.1 MANEJO, CARACTERIZACION Y DISPOSICION DEL AGUA CLARIFICADA RESULTANTE DEL TRATAMIENTO INTEGRAL DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	<b>70</b>
IV.2 CARACTERIZACION Y DISPOSICION DEL RESIDUO SÓLIDO (LODO) RESULTANTE DEL TRATAMIENTO INTEGRAL DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	<b>77</b>
IV.3 MONITOREO DE CALIDAD DE AGUAS	<b>78</b>
<b>CAPITULO V</b>	<b>87</b>
VENTAJAS, INVERSION Y CRONOGRAMA	<b>87</b>
V.1 VENTAJAS GENERALES DEL PROYECTO	<b>87</b>
V.2 INVERSION Y CRONOGRAMA DE EJECUCION	<b>88</b>
<b>CAPITULO VI</b>	<b>90</b>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	<b>90</b>
VI.1 CONCLUSIONES	<b>90</b>
VI.2 RECOMENDACIONES	<b>90</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>91</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>92</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ANEXO 1: PLANOS</li> <li>• ANEXO 2: RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS PILOTO</li> <li>• ANEXO 3: CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACION DEL PROYECTO DE TRATAMIENTO INTEGRAL DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.</li> <li>• ANEXO 4: HOJA MSDS DE REACTIVOS UTILIZADOS EN LAS PRUEBAS.</li> </ul>	

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco en forma especial a los ingenieros José Vidalón Gálvez y Julio Bonelli Arenas por haberme ayudado con sus comentarios, críticas oportunas y útiles consejos que han ayudado a mejorar la calidad del presente trabajo.

También deseo expresar mi sincero agradecimiento al Ing. Edgardo Zamora Pérez, Superintendente General de la Unidad ANIMÓN de Empresa Administradora Chungar S.A.C., por haberme permitido el uso de este caso de investigación como objeto de tesis.

Por último, agradezco el ánimo y el entusiasmo de mi familia, quienes me han motivado para concluir este trabajo.

## RESUMEN

Empresa Administradora Chungar S.A.C. (EACH) desarrolla sus operaciones en la Mina Animón y explota un yacimiento mineral de tipo vetiforme, ubicado por debajo y en dirección transversal a la laguna Naticocha Centro y otras lagunas del entorno. Debido a la cercanía de estos cuerpos de agua es necesario tener vertimientos industriales de óptima calidad a fin de preservar estos recursos hídricos, cumpliendo así con la Ley General de Aguas D.L 17752.

Con este motivo ha sido necesario elaborar un proyecto que comprenda el tratamiento de manera conjunta de los efluentes alcalinos de Planta de Beneficio (Relaves) y el Efluente Turbio proveniente de interior mina.

El tratamiento en conjunto de las aguas residuales industriales permitirá obtener un efluente de mejor calidad que los actuales y que pueda ser vertido al cuerpo receptor, con lo que se lograra la disminución de presencia de plomo, zinc y otros metales pesados en estos efluentes así como en los cuerpos receptores (Canal de Traslase y Laguna Naticocha Norte), hasta alcanzar niveles contemplados en Ley General de Aguas D.L. 17752, Clase VI.

El Sistema de “Tratamiento Integral de Aguas Residuales Industriales” comprende la instalación de un Sedimentador de Cono Profundo (DCT) para el tratamiento de las aguas de mina (140 l/s -Zona Esperanza y 35 l/s -Zona Montenegro) y pulpa de relaves de Planta concentradora (70 l/s), en la parte superior de la Planta de Beneficio Animon. Ver Plano de Ubicación **PTI - 04**.

En el diseño de la Planta de Tratamiento Integral de Aguas Residuales Industriales, se ha considerado una posible ampliación de la planta concentradora de 40%, equivalente a 3500 TMD.

Es posible y necesario que este proyecto se complemente con otro que contemple el relleno en pasta, lo que le dará un valor agregado a este sistema de tratamiento integral de aguas residuales industriales.

El equipo seleccionado es un Sedimentador de 17 m de diámetro y 21 m de alto con una planta de dosificación de floculante, bombas de recirculación y descarga.

El Diagrama del Flujo (**Plano PTI-05**) de la sección de anexos muestra la dirección que siguen los diferentes flujos involucrados en este tratamiento integral de aguas residuales industriales.

## SUMMARY

Management Company Chungar S.A. C. (EACH) develops its operations in the Animon Mine and exploits a mineral deposit such as a vein, located beneath and crossing the Naticocha Centro Lagoon and other lagoons which are around. Due to the nearness of these water deposits, a high quality industrial dumping is required in order to safe guard these water resources in accordance with the General Law of Waters D.L. 17752.

For this reason, it has been required of us to prepare a project which has a joint treatment of the alkaline effluents of the Benefit Plant (Tailings) and the Turbid Effluents residuals which comes the inner mine.

The joint treatment of the industrial residual waters will allow us to get a better quality of effluent than the one available now and, therefore, this effluent could be poured into a receiver body, helping to decrease the presence of lead, zinc, and other heavy metals in these effluents as well as in the receiver bodies (Trasvase Channel and Naticocha Norte Lagoon), until the levels provided by the General Law of Waters D.L. 17752, Class VI are achieved.

The system of “Integral Treatment of Industrial Residual Waters” contains the installation of a Deep Cone Sedimentator (DCT) for the treatment of the water from the mine (140 l/s Esperanza Area and 35 l/s Montenegro Area) and pulp of tailing from the Concentrating Plant (70 l/s), on top of the Animon Benefit Plant. See Location Map **PTI – 04**.

In the design of the Plant of Integral Treatment of Industrial Residual Waters, a possible extension of the concentrating Plant of 40% equal to 3500 TMD has been considered.

It is possible and necessary that this project would be complemented with another project which encompasses paste filling; this will give the added value to this system of integral treatment of industrial residual waters.

The equipment selected is a Sedimentator of 17 m of diameter and 21 m of height with a flocculent dosage plant and recirculation /discharge pump. The Flow Sheet (**Map PTI-05**) of the Exhibit Section shows the directions followed by the different flows involved in this integral treatment of industrial residual waters.



# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION**

### **I.1 INTRODUCCIÓN**

Empresa Administradora Chungar S.A.C. (EACH) desarrolla sus operaciones en la Mina Animón y explota un yacimiento mineral de tipo vetiforme, ubicado por debajo y en dirección transversal a la laguna Naticocha Centro.

Las instalaciones mineras se hallan cerca a esta y otras lagunas, por lo que es necesario tener vertimientos industriales de óptima calidad a fin de preservar los recursos hídricos de la zona emplazamiento.

La nueva clasificación de los cuerpos de agua alrededor de la unidad de Animon, de Empresa Administradora Chungar SAC, nos obliga a tener nuevos criterios operacionales y medio ambientales que debemos cumplir, para seguir con nuestra operación. Estos criterios son los mostrados en la ley General de Aguas DL 17752, Clase VI y que con los procesos actuales de tratamiento de efluentes industriales no podemos alcanzar.

Para cumplir con nuestra Política de Gestión Integral en Salud, Seguridad Ocupacional, Medio Ambiente y Calidad y con esta exigencia legal, ha sido necesario elaborar el proyecto que comprende el Sistema de Tratamiento Integral para los efluentes alcalinos de Planta de Beneficio (Relaves) y el Efluente Turbio proveniente de interior mina en Unidad Minera Animon de propiedad de Empresa Administradora Chungar SAC, de manera conjunta. Asimismo, con este proceso de tratamiento se debe lograr la disminución de presencia de plomo, zinc y otros metales pesados en estos efluentes así como en los cuerpos receptores (Canal de Trasvase y Laguna Naticocha Norte), hasta alcanzar niveles contemplados en Ley General de Aguas D.L. 17752, Clase VI.

Un manejo y tratamiento adecuado de aguas residuales industriales permitirá disminuir el vertimiento de agua tratada hacia el cuerpo receptor y recircular a las operaciones, minimizando con esto el uso de aguas frescas o de reposición provenientes de las lagunas del entorno.

El tratamiento integral de las aguas residuales industriales permitirá además, obtener agua de mejor calidad que la actual que pueda ser vertido al cuerpo receptor sin problemas de incumplimiento de las normas legales vigentes.

Actualmente, el agua utilizada por la planta de beneficio es recirculada desde la poza ubicada en el extremo Oeste de la presa de relaves N° 2. El agua de reposición (agua fresca) para el tratamiento de planta es bombeada de la laguna Naticocha Sur (Resolución Administrativa N° 013-2002-CTARP-DRA/ATDRP).

El agua turbia proveniente de interior mina, producto de las infiltraciones naturales, de las operaciones de minado y en menor porcentaje del sistema de distribución de relleno hidráulico, es tratado por un circuito de cinco pozas de sedimentación mediante un proceso semi batch (Se descarga agua clara mientras que los sólidos se quedan en las pozas).

## **I.2 ANTECEDENTES**

Mediante Resolución Directoral N° 1082/2005/DIGESA/SA de fecha 13 de Julio de 2005, se deniega nuestra solicitud de Autorización Sanitaria de Vertimientos de Aguas Industriales de Unidad Económica Administrativa Animon, en merito al informe N° 1273-2005/DEEPA-APRHI/DIGESA, de su Área de Protección de Recursos Hídricos. En los mencionados documentos nos solicitan la presentación trimestral de los resultados de monitoreo de calidad de aguas del entorno minero, para lo cual presentamos el Plan de Monitoreo de Calidad de Aguas, tomando en consideración las indicaciones de Muestreo de Efluentes y Cuerpos Receptores para la Autorización Sanitaria de Vertimientos de la DIGESA y que hemos cumplido a la fecha.

Debido a la falta de comunicación pasó desapercibido que el Ministerio de Salud, a través de la Dirección General de Salud Ambiental, mediante Resolución Directoral N° 1152/2005/DIGESA/SA, del 03 de Agosto de

2005, publicó la nueva Clasificación de Ríos y Tributarios, así como la clasificación de Cuerpos Lénticos y Zonas Protegidas, razón por la cual en la anterior solicitud no fueron consideradas estas clasificaciones.

Por otra parte, el Informe N° 806-2006/DEEPA-APRHI/DIGESA de la Dirección Ejecutiva de Ecología y Protección Ambiental del 07 de Abril del 2006, concluye que los efluentes industriales provenientes de las operaciones de Empresa Administradora Chungar S.A.C, en los parámetros Plomo y Zinc superan el límite máximo permisible indicados en la Ley General de Aguas D.L. 17752, Clase VI (Aguas de zonas de Preservación de Fauna Acuática y Pesca Recreativa o Comercial), considerada en la nueva clasificación mencionada líneas arriba, de Ríos y Tributarios.

Por esta razón, la DIGESA y Empresa Administradora Chungar S.A.C, acuerdan que en un periodo de transición de un (1) año, la empresa se esta adecuando al cumplimiento de los valores límite establecidos en la Ley General de Aguas para Clase VI y para lo cual la entidad del Estado emite la Resolución Directoral N° 0715/2006/DIGESA/SA, Numeral 1º, fechada en Lima 11 de Abril del 2006, donde resuelve otorgar Autorización Sanitaria de Vertimiento de las Aguas Residuales Industriales a favor de Empresa Administradora Chungar SAC, para su unidad de producción ANIMON, por un periodo de un año y para un caudal de 251,22 l/s equivalente a 7 922 544 m<sup>3</sup>/año hacia la laguna Naticocha Norte.

Por otra parte, en Unidad de Animon de Empresa Administradora Chungar SAC, entre los meses de Septiembre y Octubre 2006, se instaló y operó un espesador de cono profundo piloto de 1,5 metros de diámetro (Ver fotografía I.1), con el propósito principal de encontrar una solución integral para el tratamiento de los efluentes de la unidad, que son: El agua de mina que sale por el Nv 610 (que contiene sólidos en suspensión y metales totales y disueltos) y el agua decantada del depósito de relaves N° 2 (cuyo principal problema es el alto pH).

Con las pruebas piloto se perseguía demostrar que era posible el tratamiento integral de ambos efluentes, aprovechando las características peculiares de cada uno de ellos, ya que se iba a tomar como efluente el

relave de la planta de beneficio, antes de su vertimiento al depósito de relaves N° 2.

Una vez realizadas las pruebas piloto, el siguiente paso fue dimensionar un espesador industrial diseñado para la obtención de un producto “Over flow” de la mejor calidad posible, el cual se pueda recircular a las operaciones de planta de beneficio y operaciones de mina, así como ser vertido al Canal de Trasvase, que viene a ser el cuerpo receptor mas cercano.

Adicionalmente, mediante el referido tratamiento, se propone la preparación de una pasta de calidad tal que cumpla con los requerimientos de disposición superficial (Depósito de Relaves) y relleno estructural en mina requeridos en las operaciones de Empresa Administradora Chungar SAC.

Por lo tanto, el presente proyecto es elaborado para mejorar el sistema actual de tratamiento de efluentes y cumplir con el numeral 2° de la Resolución Directoral N° 0715/2006/DIGESA/SA, del 11 de Abril de 2006, relativo a la Autorización Sanitaria de Vertimientos de Aguas Residuales Industriales a favor de Empresa Administradora Chungar SAC, para su Unidad de Producción ANIMON, ubicada en el distrito de Huayllay, provincia y departamento de Pasco y con las normas legales vigentes (Ley General de Aguas N° 17752, artículo N° 8, así como el D.S N° 261-69-AP, Artículos N° 57 y 58).



**Fotografía I.1:** Espesador Piloto de Cono Profundo utilizado en las pruebas de Tratamiento Integral de Aguas Residuales Industriales.

### **I.3 ALCANCES Y OBJETIVOS**

- Adecuar los vertimientos industriales de EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C a los parámetros establecidos por la Ley General de Aguas para Clase VI, en cumplimiento de la R.D. 0715-2006-DIGESA.
- Cumplir con la Normatividad Legal Vigente; Ley General de Aguas N° 17752, DS N° 261-69-AP.
- Adecuarse a la R.D. N° 1152/2005/DIGESA/SA, del 03 de Agosto de 2005, respecto a la Clasificación de Ríos y Tributarios y de Cuerpos Lénticos y Zonas Protegidas.
- Aumento de la Vida Útil de la cancha de relaves por mayor densidad de pasta generada (2,2 t/m<sup>3</sup>), menor contenido agua (20%) y menor borde libre.
- Minimizar el uso de agua fresca o de reposición proveniente de las lagunas del entorno al implementar la recirculación del agua tratada en los procesos de beneficio de minerales así como en las operaciones de minado.
- Disminuir el vertimiento de agua tratada hacia el cuerpo receptor.
- Reducción de Costo operativo en US\$ 180 000/año por eliminación de pozas de sedimentación y transporte de lodos.
- Reducción del impacto ambiental sobre la laguna Naticocha Norte por fuga de sedimentos (observación del MEM).
- Mejora de la percepción pública de la Gestión Ambiental de la empresa.
- Reducción de Costos por Recrecimiento del Dique con pasta generada de los relaves y geotubos.

## **CAPITULO II**

### **GENERACION DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES**

Debido al uso de agua en las actividades propias de producción y beneficio de minerales, se producen aguas residuales industriales y parte de ella debe salir del sistema como efluente después de un tratamiento apropiado. Actualmente, el agua utilizada por la planta de beneficio es la que se recircula desde la poza ubicada en el extremo Oeste de la presa de relaves N° 2, que recibe el efluente clarificado de este depósito por lo que la descarga por este punto es cero. El flujo de recirculación es de 62,6 l/s de agua clarificada.

El agua turbia proveniente de interior mina, producto de las infiltraciones naturales, del agua utilizada en las actividades de perforación y del sistema de distribución de relleno hidráulico, es tratada en un sistema Semi Batch de pozas de sedimentación y luego vertido a la laguna Naticocha Norte, y durante el año 2006 alcanzó un flujo promedio de 132,7 l/s (Fuente: reportes de monitoreo).

#### **II.1 MARCO GENERAL DEL PROYECTO**

##### **II.1.1 DATOS GENERALES**

**Razón Social:** Empresa Administradora Chungar S. A. C.

**Unidad de Producción** : Animon

Dirección : Paraje La Cruzada - Cuchimachay

Distrito : Huayllay

Provincia : Pasco

Departamento : Pasco

Región : Pasco

##### **Condiciones Ambientales 2006:**

Temperatura Máxima Promedio 8,5 °C

Temperatura Mínima Promedio -0,5 °C

Temperatura Promedio	3,1 °C
Precipitación Anual	940,6 mm
Dirección del viento	N
Velocidad Promedio Viento, Km./h	5,9
Velocidad Máxima, Km./h	61,2
Altitud	4 620 m s n m
Condición sísmica	Zona I

Tanto la temperatura máxima (mínima) promedio es el promedio de las temperaturas diarias observadas durante el año 2006; estos datos junto a los otros datos meteorológicos durante un periodo de tiempo más prolongado, son utilizados para realizar estimaciones en la elaboración de los proyectos de inversión.

El Plano **PTI - 01**, Ubicación y Acceso a la Unidad Animon de Empresa Administradora Chungar SAC, se muestra en la sección de Anexos.

## **II.1.2 DESCRIPCION GENERAL DE LA OPERACIÓN MINERO METALURGICA**

### **II.1.2.1 GEOLOGIA GENERAL**

El área se caracteriza por presentar geoformas variadas que van desde los relieves bajos hasta las altas cumbres. La estratigrafía se presenta desde el NEOPROTEROZOICO hasta el cuaternario reciente, diferenciada por rocas metamórficas, sedimentarias, volcánicas e ígneas.

La estratigrafía del área esta conformada por las siguientes unidades:

- a.- Formación Casapalca.
- b.- Grupo Calipuy.
- c.- Formación Huayllay.
- d.- Depósitos Cuaternarios: Morrénico, Fluvio glaciares, bofedales.
- e.- Roca Intrusiva.



### **II.1.2.2 RESERVAS DE MINERAL PROBADO – PROBABLE**

Las reservas de mineral probado probable a fines del año 2006, son 4 850 038 toneladas métricas secas, con 7,6% Zn, 3,04 % Pb, 0,25 % Cu y 3,27 Ag Oz/TC, que le dan una vida probable a la mina de 5 años a un ritmo de extracción de 3000 TMPD.

### **II.1.2.3 EXTRACCION Y RECEPCIÓN DE MINERAL**

El mineral proviene del pique Esperanza (30 %), Rampa Mirko (50 %) y Rampa Terry (20%). El transporte se realiza en volquetes de 25-30 toneladas de capacidad y recorren 3,8 Kilómetros hasta la tolva de gruesos ubicada en la parte alta de la Planta habiendo pasado primero por la balanza de 100 TM de capacidad para su control. Esta balanza se encuentra en la parte baja de la planta cerca de los depósitos de concentrados.

La tolva de gruesos es metálica, techada y cerrada para proteger al operador de la lluvia, la nevada y el aire; tiene una capacidad de 500 Ton. En la parte superior lleva una parrilla de dos secciones con rieles de 60 libras.

### **II.1.2.4 CLASE DE MINERAL A TRATAR**

El mineral que procesa la planta concentradora ANIMON es de leyes de 3,04 % de Plomo, 7,6 % de Zinc, 0,25 % de Cobre y 3,27 Oz /TM de Plata; con una humedad promedio de 5,5 -7,5 % y una gravedad específica de 3,20 g/l.

El tipo de material que se procesa está constituido por:

- ✓ El mineral valioso está constituido por carbonatos (rodocrosita, calcita y dolomita), cuarzo, sulfuros económicos (El mineral predominante de zinc es la esfalerita rubia y rojiza, el de Plomo es la galena argentífera, con plata como inclusiones sólidas; el de cobre es la chalcopirita) y minerales no económicos (pirita, siderita).
- ✓ El desmonte está constituido por marga roja y gris como rocas sedimentarias. La marga gris presenta alteración argílica

(arcillas) que es la que mayormente llega con el mineral por dilución.

- ✓ La dureza del mineral es mediana y de la roca encajonante es baja.

#### **II.1.2.5 CAPACIDAD DE PLANTA DE BENEFICIO DE MINERALES**

- ✓ La capacidad de beneficio de minerales de mina, autorizada, es de: 2600 TMPD, Resolución No 1046- 2006-MEM-DGM/V.
- ✓ La capacidad de beneficio de minerales proyectada es de 3000 TMPD (Actualmente en trámite). Tenemos ya la intención de ir a 3500 TMD, por lo que los cálculos se están realizando a este nivel de tratamiento.
- ✓ Con este tratamiento se está proyectando producir: 365 TMPD de concentrado de zinc con una ley de 58 % de Zn y 92 % de recuperación; 120 TMPD de concentrado de Plomo con una ley de 66 % de Pb y 86 % de recuperación; 12 TMPD de concentrado de cobre con una ley de 23 % de Cu y 38 % de recuperación.

El Diagrama de Flujo del proceso de tratamiento de minerales, lo podemos ver en el Plano **PTI - 02** de la sección respectiva de anexos.

#### **II.1.3 HIDROGRAFIA DEL ENTORNO A LA UNIDAD MINERA ANIMON.**

##### **II.1.3.1 Sistema Hidrográfico**

La laguna Naticocha, ubicada a 4600 msnm, es un cuerpo lacustre de agua que forma parte de un sistema de lagunas aledañas. Todas estas lagunas se forman por la acumulación del agua de precipitación sobre la superficie relativamente plana que caracteriza a esta zona de los Andes peruanos.

La Laguna Huaroncocha, cuyo sector Este es denominado Yanamachay, es la más grande de la zona. La altitud de la superficie de agua de estas lagunas, en la actualidad, es de

alrededor de 4580 msnm. El espejo de agua de esta laguna ocupa un área de aproximadamente 9 500 000 m<sup>2</sup>.

La laguna Naticocha es mas pequeña, y está ubicada a 400 metros al Norte del extremo este de la laguna Huaroncocha, a una elevación similar a ésta. El espejo de agua que ocupaba antes del accidente del 23 de Abril 1998 era de 750 000 m<sup>2</sup>, con un volumen de almacenamiento de alrededor de 12 000 000 m<sup>3</sup>.

Como consecuencia del accidente del 23 de Abril 1998 la laguna Naticocha quedo dividida en tres pequeñas lagunas: Naticocha sur, Naticocha Centro y Naticocha Norte. La Laguna Naticocha Centro, el espejo de agua se encuentra a una altitud actual de 4558,21 msnm, con un área de espejo de 179 337 m<sup>2</sup> y un volumen cubicado de 554 316 m<sup>3</sup>. Naticocha Norte tiene un nivel de espejo de agua de 4580,42 msnm y un área de 7351,20 m<sup>2</sup>. La laguna Naticocha Sur se encuentra a un nivel de 4580,42 msnm y el espejo de agua tiene un área de 139 087,18 m<sup>2</sup>.

La Laguna Shegue está ubicada prácticamente a la misma altitud de las anteriores, aproximadamente 1 km al Norte del extremo Oeste de la laguna Huaroncocha.

La Laguna Puquio o Quimacocha es otra pequeña laguna situada a la misma altitud que las anteriores, inmediatamente al Norte de la laguna Huaroncocha.

Estas lagunas han estado interconectadas entre sí originalmente; el sistema de lagunas conformaba la naciente del río Ocutocancha, el cual se inicia en la laguna Huaroncocha y discurre aproximadamente 4,5 Km hacia el Sudeste hasta desembocar en la laguna Huascacocha, ubicada a 4470 msnm.

Del extremo sudeste de la laguna Huascacocha nace el río Huascachaca, el cual al unirse aguas abajo con el río Posta, forma el río San Pedro. Este último descarga sus aguas en el río Carhuacayán, el cual es conocido aguas abajo como Conocancha, afluente del río Mantaro.

Desde la laguna Huaroncocha hasta la descarga en el río Mantaro, el curso de agua tiene un recorrido aproximado de 38 km, en dirección Sudeste.

### **II.1.3.2 Hidrología Superficial de las Lagunas**

El área total de la cuenca de drenaje es de 2,85 Km<sup>2</sup>, con un área promedio de la laguna de 0,72 Km<sup>2</sup>.

El sistema conformado por las lagunas Huaroncocha, Shegue, Quimacocha y Naticocha es manejado con fines de generación de energía hidroeléctrica por Empresa Administradora Chungar SAC en sus centrales hidráulicas de San José y Francois. También tenemos autorización para usar agua de la Laguna Huaroncocha para el consumo Humano (5 l/s) y de la laguna Naticocha Sur para Operaciones Minero Metalurgicas (100 l/s), de acuerdo a las resoluciones RA N° 011-2002-CTARP-DRA/ATDRP y RA N° 013-2002-CTARP-DRA/ATDRP, respectivamente.

Adicionalmente, como parte de su esquema de manejo de aguas para generación eléctrica, Huarón construyó un túnel conectando a la laguna Naticocha con la laguna Llacsacocha, ubicada a aproximadamente 800 m al Noreste de la primera.

Desde Llacsacocha, el esquema hidroeléctrico de San José incluye el canal Pomacocha, una tubería forzada y una casa de máquinas ubicada en las inmediaciones del pueblo de Huayllay. Las aguas turbinadas son descargadas al río San José, llamado aguas abajo río Anticoná, el cual vierte sus aguas al río Mantaro.

Desde la laguna Llacsacocha, las aguas recorren aproximadamente 20 km hasta llegar al río Mantaro.

Bajo estas condiciones artificiales, la hidrología de la laguna Naticocha se ha visto alterada sustancialmente.

Tanto el ingreso de agua desde la laguna Huaroncocha hacia Naticocha Norte, a través del Canal de Trasvase, así como la

descarga de la laguna Llacsacocha, son manejados por Empresa Administradora Chungar SAC de acuerdo a sus necesidades de generación de energía eléctrica.

El plano Hidrológico **PTI - 03** en la sección de anexos, muestra la ubicación del la unidad respecto a las lagunas del entorno.

## **II.2 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE PLANTA DE BENEFICIO**

El efluente crudo de la planta de beneficio está constituido por la pulpa de relaves, que se dirige hacia un nido de hidrociclones, desde el cual los gruesos (U/F), son enviados a relleno hidráulico, mientras que los finos (O/F), son dispuestos en el depósito de relaves N° 2. Durante el año 2006, este efluente crudo reportó un pH superior a los LMP (sobre 9), variando entre 11,62 y 12,22, con un caudal promedio anual de 62,6 l/s.

Las características generales del efluente crudo de la planta de beneficio (relave sin tratamiento) y que se envía al depósito de relaves N° 2 se muestra en la tabla II.1 de la siguiente página.

En la sección de anexos podemos observar el diagrama de flujo de la planta de beneficio (Plano **PTI - 02**) para visualizar los flujos resultantes de este proceso y su tratamiento actual.

## **II.3 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE MINA**

Se ha determinado que el caudal aportante de la mina es de 185 l/s; sin embargo, el promedio anual 2006 arroja un volumen de 131,4 l/s con una concentración de sólidos alrededor de 3,69 g/l, lo que genera 41,86 ton/día de lodos. Puntualmente se han registrado concentraciones de sólidos alrededor de 8 g/l. En cuanto al pH, su variación durante el año 2006 fluctuó entre 7,50 y 8,83, valores dentro de los límites permisibles.

Las características generales del efluente crudo de las aguas de mina se muestra la tabla II.2, líneas abajo.

**Tabla Nº II.1:** Caracterización del Efluente de Planta de Beneficio (O/F Nido Ciclonos)

Parámetros	Promedio 2006	Carga Contaminante	
		Carga Contaminante	Carga Contaminante
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0,063	Carga Contaminante	Carga Contaminante
Caudal (l/s)	62,6		
Concentraciones (mg/l)		Kg/día	Kg/año
STS	142 201,00	769 236,9	280 771 461
Pb disuelto	0.804	4.35	1 587
Cu disuelto	0.054	0.29	107
Zn disuelto	0.058	0.31	115
Fe disuelto	1.097	5.93	2 166
As disuelto	0.010	0.05	20
CN total	0.004	0.02	8
Cr VI disuelto	0.882	4.77	1 741
Mn disuelto	0.765	4.14	1 510
Cd disuelto	0.005	0.03	10

**Tabla II.2:** Caracterización de las aguas de interior mina que salen por el Nv 610, sin tratamiento.

Parámetros	Promedio 2006	Carga Contaminante	
		Carga Contaminante	Carga Contaminante
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0,131	Carga Contaminante	Carga Contaminante
Caudal (l/s)	131,4		
Concentraciones (mg/l)		Kg/día	Kg/año
STS	3 688,00	41 858,6	15 278 391
Pb disuelto	0.418	4.75	1 732
Cu disuelto	0.033	0.37	137
Zn disuelto	0.805	9.14	3 336
Fe disuelto	2.250	25.50	9 324
As disuelto	0.063	0.71	261
CN total	0.004	0.05	17
Cr VI disuelto	0.030	0.34	124
Mn disuelto	3.084	35.01	12 780
Cd disuelto	0.006	0.07	25

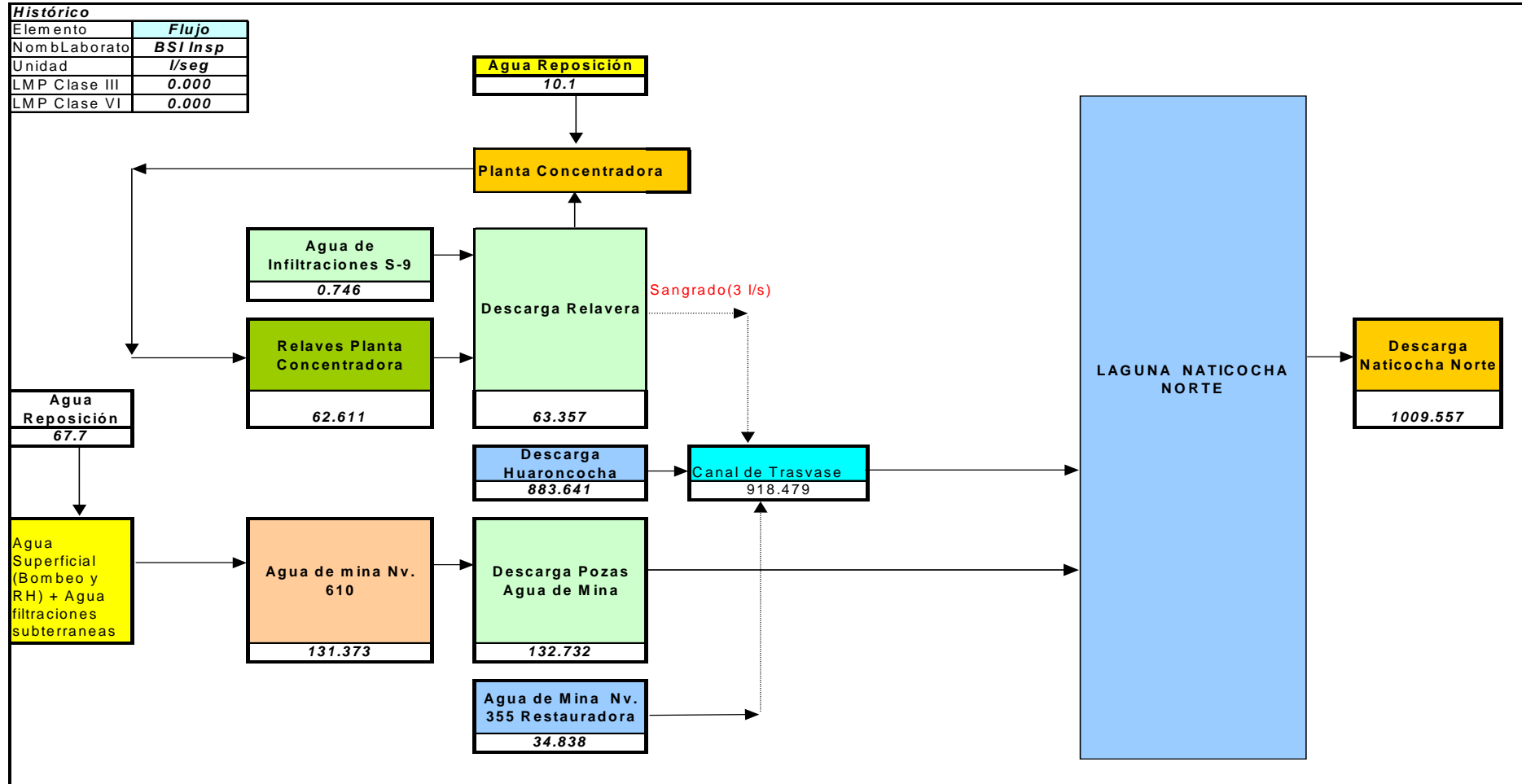
Actualmente, la sedimentación se realiza en 5 pozas con un volumen global de 2 811 m<sup>3</sup>, utilizando floculante aniónico MT-127 Superfloc. Según la evaluación realizada, la sedimentación de los sólidos en suspensión de las

aguas de mina requiere de una mayor cantidad de floculante y tiempo constante de sedimentación y/o retención.

Hay que tener en cuenta que el proceso actual del tratamiento de aguas de mina es semibatch, que quiere decir que mientras los sólidos sedimentados quedan dentro de las pozas, la solución limpia sale de ellas como efluente. Conforme transcurre el tiempo, va disminuyendo la capacidad de las pozas por acumulación de sedimentos y también disminuye el tiempo que necesitan las partículas sólidas para sedimentar. Como consecuencia el proceso va perdiendo eficiencia a través del tiempo, las aguas vertidas a la laguna Naticocha Norte van variando su calidad y finalmente no cumplen con las exigencias de calidad de aguas requerido por la Ley General de Aguas, tipo VI. En un proceso BATCH, no hay salida de ninguno de los productos hasta que finalice el tratamiento.

En el diagrama II.1 podemos observar el actual manejo de aguas balanceado que muestra el sentido que siguen las aguas residuales industriales antes de ser vertidos a los cuerpos receptores. Asimismo, el diagrama II.2 muestra el esquema grafico de flujos bajo una condición anterior en la cual aún no se había implementado la recirculación del efluente de relave hacia la planta de beneficio de minerales de Animon, pero sin embargo se ve con mayor claridad el sentido y tratamiento actual de los efluentes.

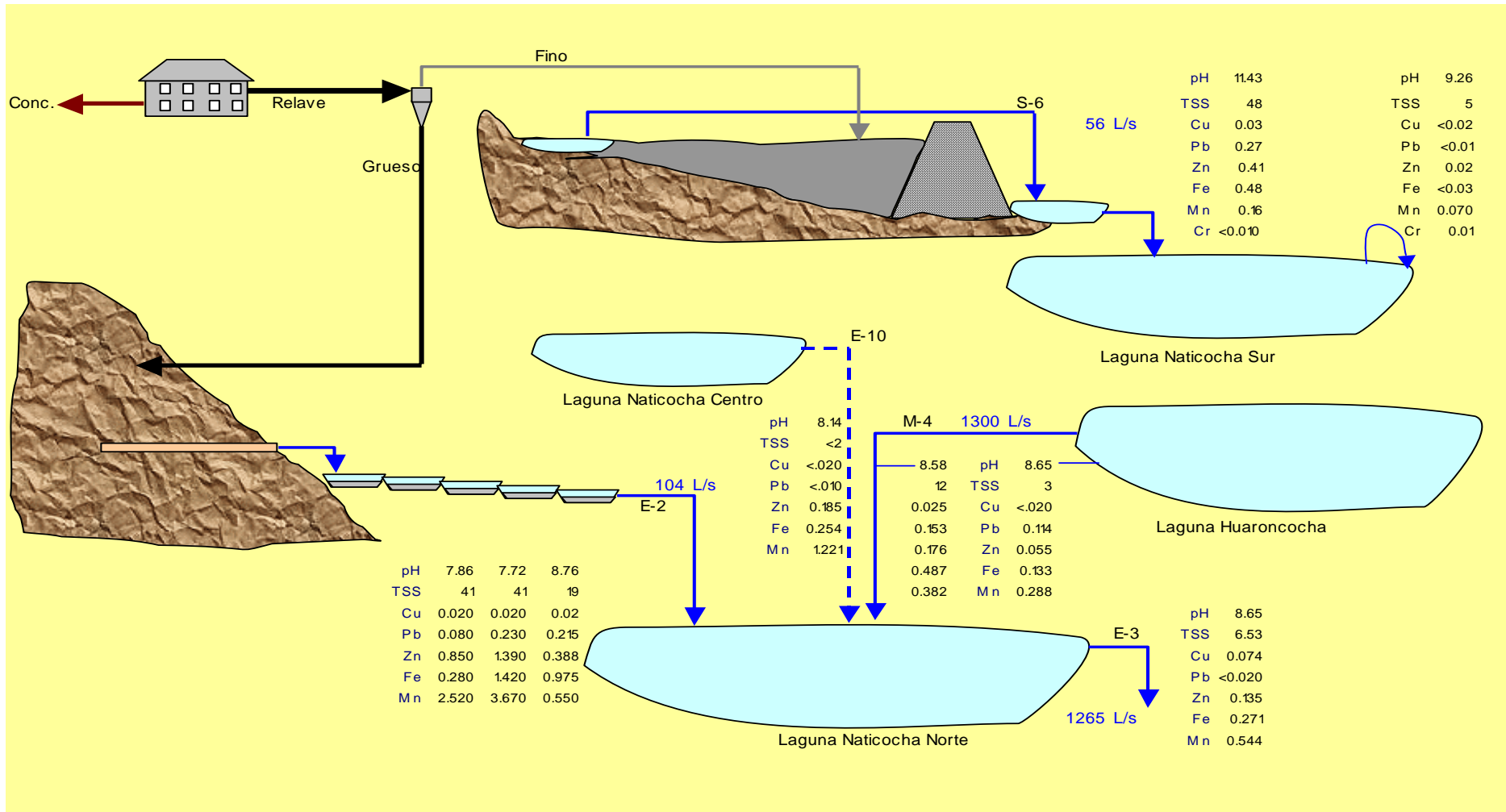
**Diagrama II.1:** Actual Manejo de Aguas Balanceado con Data Histórica de Monitoreo presentado a la DIGESA: Balance de **Flujos**.





**Diagrama II.2:** Esquema de Tratamiento Anterior con Monitoreo de Calidad de Aguas puntual y sin recirculación en planta de Beneficio Animon.

Metales Disueltos en mg/l



# **CAPITULO III**

## **SISTEMA DE TRATAMIENTO INTEGRAL DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES**

El Sistema de Tratamiento Integral de Aguas Residuales Industriales ha sido diseñado para tratar el efluente de interior mina y los relaves de planta de beneficio en una planta de tratamiento conjunto y simultáneo de estos efluentes, teniendo en consideración el proceso sedimentación con adición inicial de reactivos floculantes (Superfloc MT 127); también estamos considerando la adición de otros reactivo coagulante (P-193) y secuestrante de iones (TMT), para mejorar la eficiencia de este circuito, una vez puesto en operación.

Un manejo y tratamiento adecuado de aguas residuales industriales permitirá disminuir el vertimiento de agua tratada hacia el cuerpo receptor e incrementar la cantidad recirculada a las operaciones, minimizando con esto el uso de aguas frescas o de reposición provenientes de las lagunas del entorno.

El tratamiento integral de las aguas residuales industriales permitirá además, obtener agua de mejor calidad que la actual que pueda ser vertido al cuerpo receptor sin problemas de incumplimiento de las normas legales vigentes.

Los principios teóricos de los procesos de Floculación, coagulación y secuestro de iones, son la base para este proyecto por lo que describimos a continuación:

### **III.1 ASPECTOS TEORICOS DE LOS PROCESOS DE COAGULACION, FLOCULACION Y SEDIMENTACION.**

La presencia en el agua de diversas sustancias sólidas constituye la parte más importante y aparente de la contaminación.

Debe eliminarse esta parte sólida (STS) para evitar gran número de inconvenientes, de los cuales los más importantes son la contaminación de

los cuerpos receptores del entorno por la presencia de estos sólidos en los efluentes originando dificultades de imagen, legales, sociales al incrementarse los valores en metales totales como consecuencia de los sólidos en suspensión. Desde un punto de vista operativo, los problemas que se presentan son la obstrucción de conducciones, abrasión de bombas, desgaste de materiales, etc; no debemos olvidar que estos problemas inciden en los costos de explotación o de mantenimiento.

El tamaño de las partículas contaminantes presentes en el agua es muy variado.

Hay sólidos que por su tamaño pueden observarse a simple vista en el agua y dejando la suspensión en reposo, se pueden separar bien por decantación bajo la influencia de la gravedad o bien por flotación, dependiendo de las densidades relativas del sólido y del agua. También resulta fácil separarlas por filtración.

Sin embargo, hay otras partículas muy finas de naturaleza coloidal denominadas coloides que presentan una gran estabilidad en agua. Tienen un tamaño comprendido entre 0,001 y 1 micrones y constituyen una parte importante de la contaminación, causa principal de la turbiedad del agua. Debido a la gran estabilidad que presentan, resulta imposible separarlas por decantación simple o flotación. Tampoco es posible separarlas por filtración porque pasarían a través de cualquier filtro.

La causa de esta estabilidad es que estas partículas presentan cargas superficiales electrostáticas del mismo signo, que hace que existan fuerzas de repulsión entre ellas y les impida aglomerarse para sedimentar.

Estas cargas son, en general, negativas, aunque los hidróxidos de hierro y aluminio las suelen tener positivas.

El tratamiento físico-químico del agua residual tiene como finalidad, mediante la adición de ciertos productos químicos, la alteración del estado físico de estas sustancias que permanecerían por tiempo indefinido de

forma estable para convertirlas en partículas susceptibles de separación por sedimentación.

Mediante este tratamiento puede llegar a eliminarse del 80 al 90% de la materia total suspendida, del 40 al 70% de la DBO5 y del 30 al 40% de la DQO.

### **III.1.1 ETAPAS DEL TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO.**

Para romper la estabilidad de las partículas coloidales y poderlas separar, es necesario realizar tres operaciones: coagulación, floculación y decantación o flotación posterior

#### **III.1.1.1 Coagulación.**

La coagulación consiste en desestabilizar los coloides por neutralización de sus cargas, dando lugar a la formación de un flóculo o precipitado.

La coagulación de las partículas coloidales se consigue añadiéndole al agua un producto químico (electrolito) llamado coagulante. Normalmente se utiliza sales de hierro y aluminio.

Se puede considerar dos mecanismos básicos en este proceso:

##### **a) Neutralización de la carga del coloide.**

El electrolito al solubilizarse en agua libera iones positivos con la suficiente densidad de carga para atraer a las partículas coloidales y neutralizar su carga.

Se ha observado que el efecto aumenta marcadamente con el número de cargas del ión coagulante. Así pues, para materias coloidales con cargas negativas, los iones Ba y Mg, bivalentes, son en primera aproximación 30 veces más efectivos que el Na, monovalente; y, a su vez, el Fe y Al, trivalentes, unas 30 veces superiores a los divalentes.

Para los coloides con cargas positivas, la misma relación aproximada existe entre el ión cloruro,  $\text{Cl}^-$ , monovalente, el sulfato,  $(\text{SO}_4)^{-2}$ , divalente, y el fosfato,  $(\text{PO}_4)^{-3}$ , trivalente.

**b) Inmersión en un precipitado o flóculo de barrido.**

Los coagulantes forman en el agua ciertos productos de baja solubilidad que precipitan. Las partículas coloidales sirven como núcleo de precipitación quedando inmersas dentro del precipitado.

Los factores que influyen en el proceso de coagulación son:

**a) pH** EL pH es un factor crítico en el proceso de coagulación. Siempre hay un intervalo de pH en el que un coagulante específico trabaja mejor, que coincide con el mínimo de solubilidad de los iones metálicos del coagulante utilizado.

Siempre que sea posible, la coagulación se debe efectuar dentro de esta zona óptima de pH, ya que de lo contrario se podría dar un desperdicio de productos químicos y un descenso del rendimiento de la planta.

Si el pH del agua no fuera el adecuado, se puede modificar mediante el uso de coadyuvantes o ayudantes de la coagulación, entre los que se encuentran:

- Cal viva.
- Cal apagada.
- Carbonato sódico.
- Sosa Cáustica.
- Ácidos minerales.

**b) Agitación rápida de la mezcla.**

Para que la coagulación sea óptima, es necesario que la neutralización de los coloides sea total antes de que comience a formarse el flóculo o precipitado.

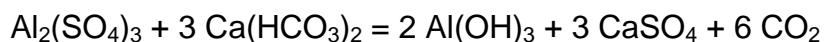
Por lo tanto, al ser la neutralización de los coloides el principal objetivo que se pretende en el momento de la introducción del coagulante, es necesario que el reactivo empleado se difunda con la mayor rapidez posible, ya que el tiempo de coagulación es muy corto (1 s).

**c) Tipo y cantidad de coagulante.**

Los coagulantes principalmente utilizados son las sales de aluminio y de hierro. Las reacciones de precipitación que tienen lugar con cada coagulante son las siguientes:

- **Sulfato de aluminio (también conocido como sulfato de alúmina)**  
**(Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>)**

Cuando se añade sulfato de alúmina al agua residual que contiene alcalinidad de bicarbonato de calcio y magnesio, la reacción que tiene lugar es la siguiente:

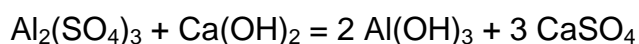


La reacción es análoga cuando se sustituye el bicarbonato cálcico por la sal de magnesio.

Rango de pH para la coagulación óptima: 5,0 - 7,5.

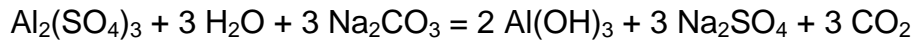
Dosis: en tratamiento de aguas residuales, de 100 a 300 g/m<sup>3</sup>, según el tipo de agua residual y la exigencia de calidad.

- **Con cal:**



Dosis: se necesita de cal un tercio de la dosis de sulfato de alúmina comercial.

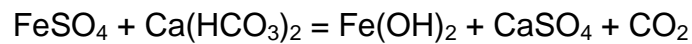
- **Con carbonato de sodio:**



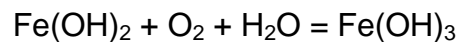
Dosis: se necesita entre el 50 y el 100% de la dosis de sulfato de aluminio comercial.

- **Sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4$ )**

a) Con la alcalinidad natural:



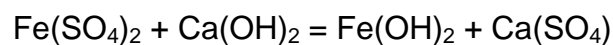
Seguido de:



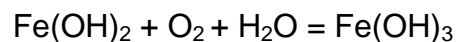
Rango de pH para la coagulación óptima, alrededor de 9,5.

Dosis: se necesita de 200 a 400 g/m<sup>3</sup> de reactivo comercial  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

\*Con cal:



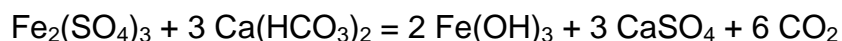
Seguido de:



Dosis de cal: el 26% de la dosis de sulfato ferroso.

- **Sulfato férrico ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ )**

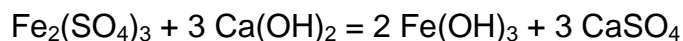
- Con la alcalinidad natural:



Rango de pH para la coagulación óptima: entre 4 y 7, y mayor de 9.

Dosis: de 10 a 150 g/m<sup>3</sup> de reactivo comercial Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 9H<sub>2</sub>O

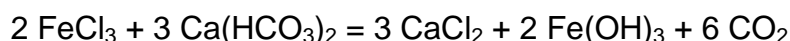
\* Con cal:



Dosis de cal: el 50% de la dosis de sulfato férrico.

- **Cloruro férrico (FeCl<sub>3</sub>)**

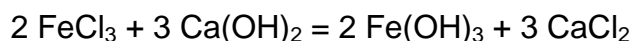
- Con la alcalinidad natural:



Rango de pH para la coagulación óptima: entre 4 y 6, y mayor de 8.

Dosis: de 5 a 160 g/m<sup>3</sup> de reactivo comercial FeCl<sub>3</sub> 6H<sub>2</sub>O

\* Con cal:



La selección del coagulante y la dosis exacta necesaria en cada caso, sólo puede ser determinada mediante ensayos de laboratorio (Jar-Test).

### **III.1.1.2 Floculación.**

La floculación trata la unión entre los flóculos ya formados con el fin de aumentar su volumen y peso de forma que puedan sedimentar. Consiste en la captación mecánica de las partículas neutralizadas dando lugar a un entramado de sólidos de mayor volumen. De esta forma, se consigue un aumento considerable del tamaño y la densidad de las partículas



coaguladas, aumentando por tanto la velocidad de sedimentación de los flóculos.

Básicamente, existen dos mecanismos por los que las partículas entran en contacto:

- Por el propio movimiento de las partículas (difusión browniana). En este caso se habla de Floculación pericinéctica o por convección natural. Es muy lenta.
- Por el movimiento del fluido que contiene a las partículas, que induce a un movimiento de éstas. Esto se consigue mediante agitación de la mezcla. A este mecanismo se le denomina Floculación ortocinéctica o por convección forzada.

Existen, además, ciertos productos químicos llamados floculantes que ayudan en el proceso de floculación. Un floculante actúa reuniendo las partículas individuales en aglomerados, aumentando la calidad del flóculo (flóculo más pesado y voluminoso).

Hay diversos factores que influyen en la floculación:

*a) Coagulación previa lo más perfecta posible.*

*b) Agitación lenta y homogénea.*

La floculación es estimulada por una agitación lenta de la mezcla puesto que así se favorece la unión entre los flóculos. Un mezclado demasiado intenso no interesa porque rompería los flóculos ya formados.

*c) Temperatura del agua.*

La influencia principal de la temperatura en la floculación es su efecto sobre el tiempo requerido para una buena formación de flóculos.

Generalmente, temperaturas bajas dificultan la clarificación del agua, por lo que se requieren periodos de floculación más largos o mayores dosis de floculante.

*d) Características del agua.*

Un agua que contiene poca turbiedad coloidal es, frecuentemente, de floculación más difícil, ya que las partículas sólidas en suspensión actúan como núcleos para la formación inicial de flóculos.

*e) Tipos de floculantes* Según su naturaleza, los floculantes pueden ser:

- **Minerales:** por ejemplo la sílice activada. Se le ha considerado como el mejor floculante capaz de asociarse a las sales de aluminio. Se utiliza sobre todo en el tratamiento de agua potable.
- **Orgánicos:** son macromoléculas de cadena larga y alto peso molecular, de origen natural o sintético.

Los floculantes orgánicos de origen natural se obtienen a partir de productos naturales como alginatos (extractos de algas), almidones (extractos de granos vegetales) y derivados de la celulosa. Su eficacia es relativamente pequeña.

Los de origen sintético, son macromoléculas de cadena larga, solubles en agua, conseguidas por asociación de monómeros simples sintéticos, alguno de los cuales poseen cargas eléctricas o grupos ionizables por lo que se le denominan polielectrolitos.

Según el carácter iónico de estos grupos activos, se distinguen:

- **Polielectrolitos no iónicos:** son poliacrilamidas de masa molecular comprendida entre 1 y 30 millones.
- **Polielectrolitos aniónicos:** Caracterizados por tener grupos ionizados negativamente (grupos carboxílicos).

- Polielectrolitos catiónicos: caracterizados por tener en sus cadenas una carga eléctrica positiva, debida a la presencia de grupos amino.

La selección del polielectrolito adecuado se hará mediante ensayos de laboratorio.

En general, la acción de los polielectrolitos puede dividirse en tres categorías:

En la primera, los polielectrolitos actúan como coagulantes rebajando la carga de las partículas. Puesto que las partículas del agua residual están cargadas negativamente, se utilizan a tal fin los polielectrolitos catiónicos.

La segunda forma de acción de los polielectrolitos es la formación de puentes entre las partículas. El puente se forma entre las partículas que son adsorbidas por un mismo polímero, las cuales se entrelazan entre sí provocando su crecimiento.

La tercera forma de actuar se clasifica como una acción de coagulación formación de puentes, que resulta al utilizar polielectrolitos catiónicos de alto peso molecular. Además de disminuir la carga, estos polielectrolitos formarán también puentes entre las partículas.

### **III.1.1.3 Sedimentación.**

Esta última etapa tiene como finalidad el separar los agregados formados del seno del agua, de tal manera que se obtenga dos fases muy distintas: agua clarificada y pasta de sólidos con la menor cantidad de agua posible.

## **III.1.2 DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO DE SEDIMENTACION**

El tratamiento físico-químico puede constituir una única etapa dentro del tratamiento del agua residual o bien puede interponerse como proceso de depuración complementario entre el pre-tratamiento y el tratamiento biológico.

En cualquiera de los dos casos, el vertido procedente del pre-tratamiento es sometido a las distintas fases de depuración físico-químicas:

- Coagulación
- Coadyuvacion
- Floculación.

El proceso de coagulación se efectúa en un sistema que permita una mezcla rápida y homogénea del producto coagulante con el agua residual, llamado mezclador rápido o coagulador. Puede consistir en una cámara de mezcla provista de un sistema de agitación que puede ser del tipo de hélice o turbina.

El tiempo de retención es de 0,3 a 5 minutos.

El reactivo (coagulante) se almacena en un depósito específico que puede ser de material diverso como PRFV, polietileno, metálico con imprimación, etc.

El coagulante debe ser dosificado al vertido en forma de disolución y a una concentración determinada. En algunos casos, el reactivo se recibe en la planta disuelto y se almacena en los depósitos. Otras veces se recibe en estado sólido, en cuyo caso, el tanque utilizado para su almacenamiento debe estar provisto de un sistema de agitación para la preparación de la disolución.

El transporte del producto desde el depósito de almacenamiento hasta la cámara de mezcla se lleva a cabo mediante una bomba dosificadora.

La coadyuvacion tiene como finalidad llevar el vertido a un pH óptimo para ser tratado. Para ello se utiliza ciertos productos químicos llamados coadyuvantes o ayudantes de coagulación.

Este proceso tiene lugar en la misma cámara donde se realiza la coagulación.

Como en el caso del coagulante, el coadyuvante se prepara en un dispositivo aparte provisto de un sistema de agitación. Igualmente, para la adición del reactivo al agua residual se emplea una bomba dosificadora.

El vertido, una vez coagulado, pasará a la siguiente etapa, denominada floculación. En dicha etapa, se le añade al agua un producto químico llamado floculante (polielectrolito), cuya función fundamental es favorecer la agregación de las partículas individuales o floculos formados durante la coagulación. Se originan floculos de mayor tamaño, los cuales, debido a su aumento de peso, decantarán en la última etapa del tratamiento físico-químico.

La floculación puede tener lugar en un tanque separado o bien en el interior de un decantador (pozas de decantación y/o decantadores de descarga continua o clarificadores).

Los clarificadores son depósitos provistos de sistemas de agitación que giran con relativa lentitud para no romper los floculos formados durante la coagulación. El tiempo de retención en estos sistemas suele ser de 10 a 30 minutos.

Los sistemas de agitación pueden estar constituidos por hélices o por un conjunto de palas fijadas sobre un eje giratorio horizontal o vertical.

Otra posibilidad es realizar el proceso de coagulación-floculación y decantación en una sola unidad. En este caso, el decantador lleva incorporado un sistema de recirculación de fangos para mejorar el crecimiento de las partículas y facilitar su sedimentación. Se usa normalmente en pulpas con muy bajo contenido de partículas sólidas en la alimentación.

La dosificación de polielectrolito también se hace en forma de solución; debido a la característica propia (alta viscosidad), su preparación requiere un especial cuidado.

El depósito de almacenamiento de polielectrolito deberá disponer de un agitador para poder proceder a su acondicionamiento. La aplicación del reactivo al agua se realiza mediante una bomba especial para este tipo de producto. Se suele utilizar una bomba de desplazamiento y caudal variable, por ejemplo, una bomba tipo mono, de engranaje, pistón, etc

Las características y hojas de seguridad y manejo ambiental de los reactivos utilizados en las pruebas se muestran en la sección de anexos al final del documento.

### **III.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO INTEGRAL DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.**

Las aguas turbias de mina que salen por el Nivel 610 y la pulpa de relaves de planta de beneficio son bombeadas por separado al tanque de alimentación del Sedimentador de Cono Profundo ubicado en la zona de Montenegro, en la cota 4750 msnm. Las pulpas de relaves de planta de beneficio previamente son bombeadas a los Silos de Relleno Hidráulico en donde los sólidos son clasificados. El Over Flow de la clasificación de los relaves es bombeado al tanque de alimentación del sedimentador de cono profundo, en donde se mezcla con las aguas de mina (Zona Esperanza y Montenegro). Desde este tanque de alimentación, la mezcla de caudales es enviada al cono central de alimentación del sedimentador de cono profundo (parte superior del equipo), no sin antes haberle añadido una solución de floculante preparada en la proporción de 8-15 g de reactivo por cada t (m<sup>3</sup>) de agua. En realidad el equipo está diseñado para tratar el total del relave producido. Ver Plano de Ubicación de la Planta de Tratamiento Integral de Aguas Residuales Industriales (**PTI - 04**) y Diagrama de Flujo de Tratamiento Integral de Aguas Residuales Industriales (**PTI - 05**).

En el canal de rebose del equipo, Over Flow (parte superior del mismo) es captada el agua clarificada. En la parte inferior del sedimentador, Under Flow, es conformada la densificación de los sólidos (pasta de relaves). Debido a la mezcla de caudales, el pH resultante resulta favorable para la precipitación de los iones metálicos así como toma las características de

un efluente apropiado respecto a este parámetro. Dada la rapidez del proceso, el tiempo de retención en la cancha de relaves baja considerablemente, reduciendo la formación de iones metálicos para que las aguas sean recirculadas hacia la planta concentradora, mina y demás instalaciones.

La tabla III.1 de la siguiente pagina muestra los resultados de las pruebas piloto que se realizaron para obtener los parámetros de operación y que sirvieron para diseñar esta planta de tratamiento integral de efluentes, bajo la modalidad de “llave en mano”.

### **III.3 PROCESOS ALTERNATIVOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES**

Entre los procesos alternativos de tratamiento de las aguas industriales y que mejorarían también los procesos actuales de tratamiento de efluentes de la unidad, se ha considerado el tratamiento individual de cada uno de los efluentes de aguas industriales; esto nos lleva a separar el tratamiento integral propuesto en procesos de tratamiento separados, en los cuales no se aprovecharía las bondades de sinergia de ambos procesos.

Una de las bondades mas notorias es la que se consigue al lograr la sedimentación rápida de las partículas finas contenidas en el agua de mina con ayuda de las partículas “gruesas” de los relaves de planta, logrando un efluente de buena calidad así como un under flow, cuyo uso posterior permitirá maximizar la utilización del deposito de relaves y mejorar las operaciones de minado si se aplicare como relleno en pasta.

En el caso de tratamiento individual, tendríamos la necesidad de construir y operar dos plantas distintas, mayor mano de obra, reactivos diferentes y específicos en cada una de las plantas. Sin embargo hemos realizado las pruebas para observar los resultados del tratamiento individual o por separado y que pasamos a describir.

## TABLA III.1: RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS PILOTO

Cliente	Minera Chungar
Proyecto	Tratamiento de Efluentes
Asunto	Ensayos Quimicos Agua de Mina Y Agua de Relave Concentradora
Fecha	19-Oct-06
Factor Agua Mina/ Agua Relave	1.80

**Tabla 5: Analisis Quimico Agua de Mina y Relave Concentradora**

**Estandares Requeridos Para Calidad de Agua Superficial Clase VI**

Columna	1	2	3	4	5	6	7
Parametros	Estandar	Referencias	Agua de Mina	Agua de Relave Concentradora	Agua de Relave Concentradora (disueltos)	Agua de Mina Plus Agua de Relave Concentradora	Estimado Preliminar Tratamiento Efluente Columna 6 con Resinas de Doble intercambio Ionico Cationico-Anionico ***
Ph	6.5-9	CWQG - PAL	8.3	11.3		8.75	< 9
Color, NTU	30	LGA - Peru (clase VI)	8.1	6.3		6.96	< 7
Oxigeno Disuelto, mg/l	4	LGA - Peru (clase VI)		0.9			
Demanda Bioquimica de Oxigeno, mg/l	10	LGA - Peru (clase VI)	< 2	< 2			
Solidos Suspendedos Totales mg/l	50	LGA - Peru (clase VI)	< 8.1	< 6.3		< 6.96	< 7
Solidos Disueltos Totales, mg/l	3500	CWQG - PAW					
Aceites y Grasas, mg/l	Ausencia	LGA - Peru (clase VI)					
Cloruros, mg/l	250	D.S. 030-96 EM/DGAA	59.5	9.5		38.87	< 39
Sulfatos, mg/l	1000	CWQG - PAW	361.3	185.8		278.71	< 279
Sulfuros, mg/l	0.002	LGA - Peru (clase VI)	< 0.025	< 0.025		< 0.025	< 0.025
Cianuros, mg/l	0.005	LGA - Peru (clase VI)	0.012	< 0.004		< 0.01	< 0.01
Fenoles, mg/l	0.1	LGA - Peru (clase VI)	< 0.001	< 0.001		< 0.001	< 0.001
Fosforo Total, m/g	0.15	EQSN	0.02	0.1		0.045	< 0.045
Nitrogeno Amoniacal, mg/l	0.02	EQSN					
Arsenico, mg/l	0.05	LGA - Peru (clase VI)	0.0216	0.0077	0.0064	0.016	< 0.016
Bario, mg/l	1	CEQG	< 0.05	0.07	0.06	0.05	< 0.05
Cadmio, mg/l	0.004	LGA - Peru (clase VI)	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003
Cromo, mg/l	0.05	LGA - Peru (clase VI)	< 0.02	0.03	0.03	0.02	< 0.02
Plomo, mg/l	0.03	LGA - Peru (clase VI)	0.082	0.208	0.123	0.12	< 0.03
Cobre, mg/l	NA*	LGA - Peru (clase VI)					
Zinc, mg/l	NA**	LGA - Peru (clase VI)	0.107				
Mercurio, mg/l	0.0002	LGA - Peru (clase VI)	< 0.0003	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0004	< 0.0002
Aluminio, mg/l	5	CWQG - PAW					
Hierro, mg/l	5	CWQG - PAW	0.17	1.16	0.28	0.49	< 0.49
Coliformes Totales (NMP/100 ml)	2000	LGA - Peru (clase VI)	< 2	< 2		< 2	< 2
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	2000	LGA - Peru (clase VI)	< 2	< 2		< 2	< 2
Mn, MG/L	NA		0.702	1.45		0.90	NA
Ni, mg			< 0.03	< 0.03		< 0.03	< 0.03
HCT			< 5	< 5		< 5	< 5

\* Pruebas de 96 horas LC50 multiplicadas por 0.1

\*\* Pruebas de 96 horas multiplicadas por 0.02

\*\*\* La futura practica de tratamiento dara como resultado valores inferiores a los reportados en la columna 6 debido a que el efluente de concentradora al ser depositado como pasta no genera disolucion de metales pesados en la actual relavera y en consecuencia la actual creciente ionizacion de las soluciones se minimizara. Sin embargo, el sistema ha considerado el empleo del sistema de resinas de intercambio ionico de doble etapa, cationico-ionico, para garantizar la proteccion de la vida acuatica, cumpliendo con los requerimiento de agua clase VI. Se adjunta informacion tecnica.

CWQG - PAL : Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life

CWQG - PAW : Canadian Water Quality Guidelines for the Agricultural water Uses

CEQG : Canadian Environmental Quality Guidelines

EQSN : Environmental Quality Standars for Surface Water, Ministry of Housing Physical Planning and Environment Directorate - General for Environmental Proteccion, Netherlands

LGA : Ley General de Aguas D.L. 17752, Articulo \*1

UC : Unidad de Color

LC50 : Dosis Letal para provocar 50% de muertes o inmovilizaciones de la especie del bioensayo.

Esta tabla muestra los resultados obtenidos en las pruebas piloto realizadas en Animon, tanto con las aguas de mina como con los relaves de la planta de beneficio.



### III.3.1 Pruebas de Tratamiento Individual del Agua de Mina

Nuestra atención se centró en determinar tendencias para la eliminación del Pb en el efluente tratado y para ello se determinó primero la concentración de Pb total en una muestra del efluente de mina filtrada al vacío con papel filtro rápido (Whatman N° 40) que origina una solución con una ligera opacidad. El análisis arrojó una concentración de 0,080 mg/l de Pb que coincide con la turbidez señalada.

Para establecer el contenido de Pb en los coloides (TSS) presentes en las muestras sedimentadas se filtró con papel filtro muy fino (Whatman N° 42) las soluciones clarificadas con 0,1 mg/l de floculante A-110 (similar a la práctica actual) y con 1,0 mg/l del mismo floculante, empleando tiempos de sedimentación de 1 a 20 minutos. Los sólidos recuperados por precipitación y filtración fueron secados, pesados y analizados por Pb, obteniéndose los resultados mostrados en la tabla III.2.

**Tabla III.2:** Contenido de Pb en los sólidos suspendidos luego de la Concentración del agua de mina

Condiciones de la Prueba	TSS	Conc. Pb en el precipitado	
	mg/l	mg/l	mg/l*
CH-62/65, Sin coagulante, sin floculante, 1 minuto	<b>5 300</b>	5 076	<b>26,900</b>
CH-48/51, Sin coagulante, 0.1 mg/l A-110, 10 minutos	<b>214</b>	4 619	<b>0,988</b>
CH-69, Sin coagulante, 1.0 mg/l A-110, 20 minutos	<b>154</b>	4 226	<b>0,652</b>
Concentración Pb en el Relave total		2 500	
LMP Agua Clase VI, LGA 17752			0,030
LMP RM 011-96 EM/VMM, Operaciones antiguas	50		

\*Referido al volumen de efluente original

Se observa que la concentración de TSS obtenida aún con 20 minutos de sedimentación asistida con floculante supera el LMP para efluentes mineros; se observa, asimismo, que estos sólidos suspendidos son sumamente finos y contienen una concentración de Pb tan alta (de 0,42 a 0,51 %) que incluso supera al contenido de Pb en el relave (0,25%).

Los resultados indican también que el Pb se halla en tamaños coloidales pues su concentración en los precipitados varía con diferentes tiempos y condiciones de sedimentación; dicho de otro modo la concentración final de Pb en el efluente tratado dependerá, casi exclusivamente, de la claridad (TSS) de éste.

El balance de Pb realizado para la prueba CH-69 (tabla III.3) muestra que el principal componente de la contaminación en el efluente tratado es el Pb presente en los sólidos suspendidos, el mismo que representa cerca del 90% del total de Pb reportado. Si se elimina estos sólidos el Pb remanente estaría muy cerca del LMP exigido.

**Tabla III.3:** Balance de Pb en el efluente tratado de agua de mina (CH-69)

Unidad	Concentración y distribución del Pb		
	Sólido	Disuelto	Total
mg/l	<b>0,652</b>	0,09	<b>0,742</b>
%	88	12	100
LMP Agua Clase VI, LGA 17752, mg/l			<b>0,030</b>

La tabla III.4 muestra la concentración de otros elementos regulados en la muestra filtrada de la prueba CH-69. Si bien la concentración de Cu y Pb resultante está por encima del LMP el margen es relativamente pequeño; en cambio la concentración de Zn excede en un orden de magnitud su LMP y deberá ser reducido con una elevación del pH.

**Tabla III.4:** Composición química del efluente tratado de agua de mina (CH-69)

PH	Concentración, mg/l				
	Cu	Pb	Zn	Fe	Mn
8,4	0,009	0,090	0,431	0,01	1,11
LMP, LGA	0,006	0,030	0,030	---	---

La aplicación de coagulantes, en combinación o no con floculantes, es imperativa para reducir los **STS** en tiempos que permite el volumen disponible en pozas de sedimentación o en un eventual Clarificador de dimensiones moderadas. Como coagulantes se puede emplear el Sulfato de aluminio, Cal u otro producto específico; la ventaja del uso de cal es su bajo precio, así como el incremento del pH y precipitación de metales como el Zn y Mn.

Adicionando CaO para elevar el pH sobre 9,2 de este efluente, se reduce la concentración de Cu y Zn disuelto por debajo de sus LMP; asimismo, la concentración de Mn disminuye por debajo de 0,05 a ese pH. Se observa, asimismo, que la aplicación combinada de CaO (0,12 a 0,45 g/l) y Superfloc A-110 (0,5 a 1,0 mg/l) permite obtener, en 15 minutos de sedimentación, efluentes con concentraciones de TSS entre 34 y 39 mg/l que están por debajo del LMP (50 mg/l).

No obstante la buena claridad del efluente tratado, los sólidos suspendidos contienen aún 0,42% Pb dando como resultado, en el mejor de los casos, una concentración de 0,142 mg/l que supera aún el LMP (0,030 mg/l). En consecuencia será necesario reducir la concentración de TSS al rango de 7 mg/l para alcanzar un efluente de calidad aceptable.

Para este propósito se propuso prolongar el tiempo de sedimentación por más de 3 horas adicionales utilizando, en una segunda etapa, las pozas de sedimentación disponibles en la actualidad.

En el esquema tentativo propuesto estaría conformado del siguiente modo :

- Tanque de coagulación con Cal
- Clarificador de descarga continúa (el floculante se añade a la entrada de este)
- Línea de bombeo del U/F del Clarificador hasta la Cancha de Relaves N° 2
- 5 pozas de sedimentación Estáticas (Vol. total 2 811 m<sup>3</sup>) que recibe el O/F del Clarificador y que son las que actualmente existen.
- Línea de descarga periódica y bombeo del U/F de las Pozas de Sedimentación hasta la bomba del U/F del Clarificador.
- Tanques de preparación de Cal y Floculante.

El circuito propuesto permite maximizar el aprovechamiento de la capacidad disponible en las Pozas de Sedimentación, pues de este modo solo se acumulan 0,43 t/d (ó 2,0 m<sup>3</sup>/d) de sedimento. El balance de la tabla III.5 muestra que aún con descargas tan espaciadas como 180 días se tendrá tiempos de sedimentación de 3,6 horas y se aprovecha el 87% del volumen disponible (2 811 m<sup>3</sup>).

En consecuencia, el circuito propuesto podría garantizar una concentración de TSS final que reduzca la concentración de Pb total por debajo de 0,030 mg/l.

**Tabla III.5:** Tiempo disponible de sedimentación para el efluente de Mina después de 15 minutos en un Clarificador continuo, en función del ciclo de descarga del sedimento acumulado en las Pozas

Ciclo descarga	Descarga Continua	30 días	60 días	90 días	120 días	150 días	180 días
Vol. Sedimento, m <sup>3</sup>	0	60	119	179	238	298	357
Vol. Disponible, m <sup>3</sup>	2 811	2 751	2 692	2 632	2 573	2 513	2 454
Caudal Efluente de Mina, m <sup>3</sup> /hr	666	666	666	666	666	666	666
<b>Tiempo asentamiento, hr</b>	4,22	4,13	4,04	3,95	3,86	3,77	3,68
<b>Tiempo asentamiento, %</b>	100	98	96	94	92	89	87

Cabe indicar que la opción de simplemente bombear todo el efluente de mina hasta la Cancha de Relaves demandaría un consumo de energía, costo de tuberías y de instalación mucho mayor que la opción propuesta en el presente Informe.

### **III.3.2 Pruebas en Planta de Tratamiento Individual del Agua de Mina, utilizando otros reactivos coagulante- floculante.**

Como el efluente de mina, tiene alto contenido de sólidos en suspensión así como de metales disueltos (sobre todo Plomo y Manganeso), y no se logra resultados usando solamente cal como coagulante, vimos la necesidad de realizar **pruebas en planta** que involucren un proceso de coagulación-floculación-sedimentación con otros reactivos. Para estos efectos se ha definido las estaciones de muestreo como **E-2i** como “Agua de mina que ingresa a las pozas de sedimentación” (Agua cruda o sin tratamiento) y **E-2** como “Descarga de las pozas de sedimentación de aguas de mina” (Agua tratada).

Las pruebas en el circuito de pozas de sedimentación actual, con otros reactivos (Coagulante P-193, Floculante MT 127 (Superfloc)) han mostrado que también es posible mejorar el proceso actual de tratamiento del efluente de mina.

#### **III.3.2.1 Equipos y reactivos utilizados en las pruebas de Coagulación-Floculación**

- 1 tanque de preparación de Coagulante P-193.
- 1 tanque de preparación de Floculante MT 127.
- Vasos descartables y jeringas hipodérmicas.
- Un equipo agitador.

### III.3.2.2 Mecánica de la prueba.

Se adiciona el coagulante P-193 en la canaleta del agua de mina que ingresa a las pozas de sedimentación (**E-2i**), a unos 50 m antes del punto de ingreso de floculante.

En el recorrido del coagulante se pone unos baffles para provocar turbulencia en el flujo y haya buen contacto entre el coagulante y el agua de mina, de tal forma que se minimice los metales en la descarga de las pozas de sedimentación (**E-2**).

La siguiente tabla III.6 muestra las características físicas del agua de mina así como las condiciones de los reactivos durante los días de las pruebas en el circuito de sedimentación.

**Tabla III.6:** Características del Agua de Mina sin tratamiento (E-2i).

<b>Flujo de tratamiento</b>	15 552 m <sup>3</sup> /día
<b>pH de agua a tratar</b>	7.5 – 8
<b>Dosis de floculante por m<sup>3</sup></b>	0,8 ppm
<b>Turbidez de muestra sin tratamiento</b>	1 316 NTU
<b>Turbidez en la poza final</b>	32,4 NTU
<b>Concentración de floculante</b>	0,01%
<b>Floculante que se usa</b>	Superfloc – 127
<b>Consumo Actual de floculante.</b>	0,289 g/m <sup>3</sup>

**III.3.2.3 Contenido de metales totales antes de empezar la prueba.-** En las tablas III.7 y III.8 se puede observar que el contenido de metales es apreciable, especialmente el de Plomo y Hierro, al igual que los sólidos en suspensión y el Arsénico.

**Tabla III.7:** Contenido de **metales totales** antes de empezar la prueba.

	Descripción de muestra	Turbidez NTU	Metales totales en mg/l							
			As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
Muestra antes de empezar la prueba	E-2i	2 755	0,70	0,04	<0,040	1,10	112,5	62,40	14,95	26,54
	E-2	53,0	0,011	<0,003	<0,040	<0,02	0,209	2,463	0,20	1,422

**Tabla III.8:** Contenido de **metales disueltos** antes de empezar la prueba.

	Descripción de muestra	Turbidez NTU	Metales disueltos en mg/l							
			As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
Muestra antes de empezar la prueba	E-2i	2 755	0,004	<0,003	<0,040	<0,02	<0,02	2,426	0,15	0,88
	E-2	53,0	0,010	<0,003	<0,040	<0,02	<0,02	2,579	<0,02	1,212

#### III.3.2.4 Dosificaciones de Coagulante al empezar la prueba

La prueba con coagulante P-193 se inició a las 18:00 hrs del día 15 de Noviembre, dosificando 690 ml/min y el floculante Superfloc 127 usado por día 1,400 Kg/día presentando una muy buena formación de flóculos.

#### III.3.2.5 Resultados de las pruebas y comentarios.

##### Muestreo 1, resultados de campo o in situ (Tabla III.9):

Muestreo 16/11/2006, Hora 9:30 am

Muestra de turbidez al ingreso de pozas(E-2i)= 1 316 NTU

Muestra de turbidez a la salida de pozas(E-2)= 19,34 NTU

Dosis de floculante Superfloc 127 = 0,09 ppm.

**Tabla III.9:** Resultados de laboratorio 13 horas después de empezar la prueba con floculante Superfloc 127.

	Descripción de muestra	Turbidez NTU	Metales totales en mg/l							
			As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
Muestra Ingreso	MP- 1 I	2 691	0,2772	0,017	0,09	3,6	82,15	34,932	5,281	13,927
Muestra Salida	MP-1 S	11,3	0,013	<0,003	<0,02	<0,025	0,300	2,457	0,082	0,656

En este cuadro de análisis químico a 13 horas después de empezar la prueba se observa que el contenido de metales ha bajado y lo mismo sucede con la turbidez, la que ha disminuido notablemente.

**Muestreo 2 (Tabla III.10):**

Muestreo 16/11/2006, Hora 6:00 pm

Muestra de turbidez al ingreso de pozas(E-2i)= 885 NTU

Muestra de turbidez a la salida de pozas(E-2)= 9,45 NTU

Dosis de Coagulante P-193 = 2,0 ppm.

Dosis de floculante Superfloc 127 = 0,09 ppm.

**Tabla III.10:** Contenido de metales totales a 22 horas después de empezar la prueba con floculante Superfloc 127 y a las 8 horas de dosificada el coagulante P-193.

	Descripción de muestra	Turbidez NTU	Metales totales en mg/l							
			As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
Muestra Ingreso	MP- 2 I	885	0,084	0,008	0,07	0,285	67,26	44,16	4,451	6,328
Muestra Salida	MP- 2 S	9,45	0,0097	<0,003	<0,02	<0,025	0,920	3,342	0,123	0,924

	Descripción de muestra	Turbidez NTU	Metales disueltos en mg/l							
			As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
Muestra Ingreso	MP- 2 I	885	0,0012	<0,003	<0,02	<0,025	0,23	3,405	0,129	0,779
Muestra Salida	MP-2 S	9,45	<0,0004	<0,003	<0,02	<0,025	0,040	2,625	<0,025	0,758



En este cuadro de análisis químico a 22 horas después de empezar la prueba se puede ver que ha bajado la turbidez de la poza N° 5, el contenido de Arsénico así como de gran parte de los metales. Persiste el contenido de Pb sobre el NMP de Agua Clase VI (0,003 mg/l), valor de la Ley General de Aguas.

**MUESTREO 3 (Tabla III.11):**

Muestreo 17/11/2006, Hora 10:00 a.m.

Muestra de turbidez al ingreso de pozas (E-2i)= 614 NTU

Muestra de turbidez a la salida de pozas (E-2)= 11,88 NTU

Dosis de Coagulante P-193 = 2,0 ppm.

Dosis de floculante Superfloc 127 = 0,09 ppm

**Tabla III.11:** Contenido de metales totales y disueltos a las 37 horas de empezar la dosificación de floculante Superfloc 127 y a las 24 horas después de empezar la dosificación de coagulante P-193.

	Descripción de muestra	Turbidez NTU	Metales totales en mg/l							
			As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
Muestra Ingreso	MP- 3 I	614	0,0621	0,005	0,02	0,166	35,48	22,34	2,304	4,207
Muestra Salida	MP- 3 S	11,88	0,0097	<0,003	<0,02	<0,025	0,340	2,606	0,045	0,539

	Descripción de muestra	Turbidez NTU	Metales disueltos en mg/l							
			As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
Muestra Ingreso	MP- 3 I	614	<0,0004	<0,003	<0,02	<0,025	0,09	2,235	0,056	1,102
Muestra Salida	MP- 3 S	11,88	0,0013	<0,003	<0,02	<0,025	<0,03	2,548	<0,025	0,456

En estos cuadros de análisis químico después de la prueba se puede ver claramente que el contenido de metales sigue bajando al igual que el Arsénico.

En la prueba en planta se observó que el floculante Superfloc 127 presenta muy buena formación de flóculos y muy resistentes, permitiendo que la sedimentación en las pozas sea rápida y mejore la clarificación llegando a bajar la turbidez de la solución de la poza N° 5 hasta 9,45 NTU; también podemos notar que el consumo de floculante se ha bajado hasta 62%.

No podemos dejar de mencionar que conforme transcurre el tiempo, la eficiencia de las pozas disminuye, ya que aún con valores de turbidez de ingreso relativamente bajos (614 mg/l de STS), no podemos alcanzar valores de turbidez menores a los alcanzado en la prueba o muestreo 2, que fue mucho antes. Esto se debe a que las pozas se colmatan rápidamente y los sólidos muy finos son difíciles de flocular y sedimentar.

### **III.3.3 Pruebas Duales de Floculante y Coagulante en Laboratorio y combinación de 3 productos para investigar si es posible disminuir el contenido de los metales por debajo de los límites permisibles en el tratamiento de aguas de mina.**

Se realizó pruebas con combinación de productos para bajar el contenido de manganeso y plomo que es el problema más preocupante para medio ambiente, habiendo enviado muestras para el análisis químico.

#### **III.3.3.1 Prueba Dual con coagulante y floculante Superfloc 127 y un tercer producto TMT para poder bajar el contenido de metales**

En estas pruebas se combinan los diferentes reactivos como coagulante P-193, TMT(fabricado por DEGUSSA AG, Chemical Safety Management) y floculante Superfloc 127.se tiene el cuadro

de la prueba con sus dosificaciones y la turbidez y los resultados de los análisis químicos.

En la tabla III.12 podemos observar los resultados de las pruebas de laboratorio a diferentes condiciones de combinación de reactivos. Podemos compararlos respecto a la muestra de cabeza identificada como MP-1 I e inferir que el uso de TMT también ayuda a bajar los metales más problemáticos como el Manganeso y el Plomo.

La tabla III.13 muestra resultados de pruebas de laboratorio realizadas con el efluente de la planta de sedimentación de aguas de mina con la finalidad de dar una alternativa para bajar a niveles por debajo de los límites máximos permisibles de los metales como el Plomo y el Manganeso. Se puede observar que usando el reactivo secuestrante de iones TMT, **es posible** bajar aún más el contenido de estos iones en las aguas antes de ser vertidas a las lagunas.

**Tabla Nº III.12:** Resultados de Pruebas de laboratorio con agua de mina cruda o sin tratamiento.

	Descrip. De muestra	Turbidez NTU	Metales Totales en mg/l							
			As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
Muestra Inicial	MP- 1 I	2 691	0,2772	0,017	0,09	3,6	82,15	34,93	5,281	13,93
Praestol 193 + Superfloc 127	ML-1	4,07	0,0100	<0,003	<0,02	<0,025	0,290	2,134	0,090	0,370
TMT(0,25ml)+Lp-01(2 ppm)+ Superfloc 127 (0,8 ppm)	ML-2	13,03	0,0093	<0,003	<0,02	<0,025	0,160	1,501	0,054	0,162
TMT(0,5ml)+Lp-01(2 ppm)+ Superfloc 127 (0,8 ppm)	ML-3	13,92	0,0092	<0,003	<0,02	<0,025	0,090	0,797	0,038	0,106
TMT(1,0 ml)+Lp-01(2 ppm)+ Superfloc 127 (0,8 ppm)	ML-4	18,69	0,0092	<0,003	<0,02	<0,025	0,110	0,424	0,081	0,101
TMT(0,5 ml)+P-193(2 ppm)+ Superfloc 127 (0,8 ppm)	ML-8	16,14	0,0087	<0,003	<0,02	<0,025	0,120	0,784	0,040	0,096

**Tabla N° III.13:** Resultados de pruebas con efluente o agua tratada en la planta de sedimentación de aguas de mina.

	Descrip. de muestra	Turbidez NTU	Metales Totales en mg/l							
			As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
Muestra Inicial	MP- 1 F	18,73	0,013	<0,003	<0,02	<0,025	0,30	2,457	0,082	0,656
TMT(0,25 ml)+Lp-01(1 ppm)+ Superfloc 127 (0,4 ppm)	ML-5	13,71	0,0078	<0,003	<0,02	<0,025	<0,03	1,595	<0,025	0,100
TMT(0,5 ml)+Lp-01(1 ppm)+ Superfloc 127 (0,4 ppm)	ML-6	16,59	0,0065	<0,003	<0,02	<0,025	0,030	0,976	<0,025	0,076
TMT(1,0 ml)+Lp-01(1 ppm)+ Superfloc 127 (0,4 ppm)	ML-7	18,32	0,0062	<0,003	<0,02	<0,025	<0,03	0,466	<0,025	0,038

E

Estos resultados los estamos considerando como oportunidades de mejora para el circuito integral de tratamiento que estamos planteando.

### III.3.4 Tratamiento Individual del Efluente de Planta de Beneficio.

En el caso de este efluente nuestra atención se centró en la reducción del pH mediante sistemas de bajo costo y viables en el corto plazo. Como segundo objetivo se consideró la reducción de la concentración de Pb y Zn que en los monitoreos estaban arrojando valores altos (de 0,20 a 0,50 mg/L), sobre los LMP de la Ley General de Aguas 17752, Clase VI.

Para la reducción del pH se planteó las 2 alternativas siguientes :

- Acidificación con un efluente ácido hasta pH 9,0, floculación y sedimentación
- Carbonatación mediante aireación intensa, coagulación-floculación, y sedimentación

En cada uno de los 2 casos se consideró su aplicación al efluente que rebosa de la Cancha de relaves y a la pulpa de relave fino. La

ventaja de reducir el pH de la pulpa del relave radica en que se podrían sedimentar en la Cancha de Relaves los TSS generados durante la aireación mientras que la desventaja sería que la mayor densidad de la pulpa requiere mayor potencia y genera también un mayor desgaste en el equipo. Por otro lado esta opción no sería aplicable al agua alcalina almacenada actualmente en la laguna Naticocha Sur.

En la tabla III.14 y figura 1 de este capítulo, se presenta los resultados alcanzados con aireación de la solución y pulpa alcalina del relave en una celda de flotación de Laboratorio.

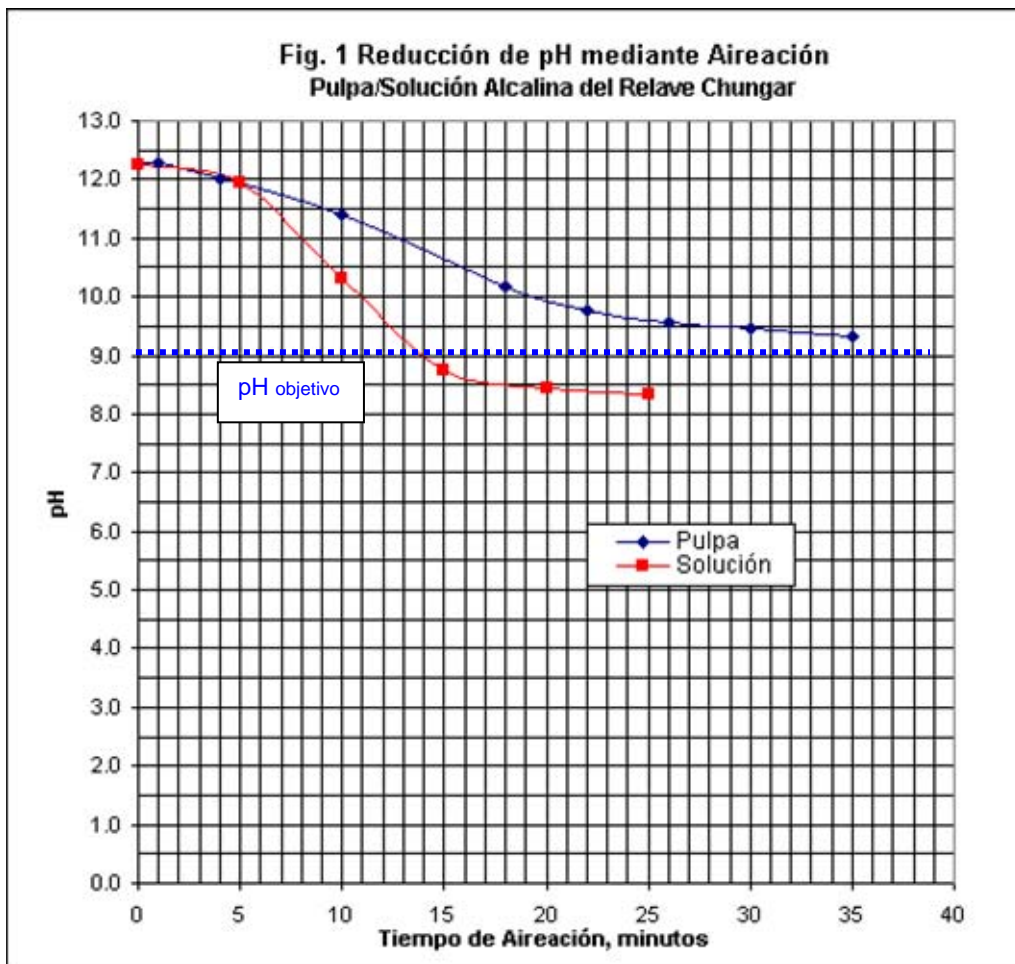
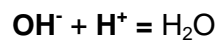
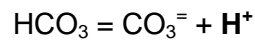
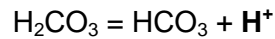
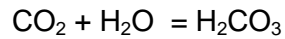
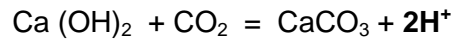
**Tabla III.14:** Reducción del pH de la pulpa/solución de relave mediante aireación en celda de flotación (900 rpm, 50 m.s.n.m., 15°C

Tiempo minutos	pH de la solución o pulpa	
	Pulpa	Solución
0	12,30	12,26
1	12,30	
4	12,01	
5		11,93
10	11,40	10,30
<b>15</b>		<b>8,75</b>
18	10,17	
20		8,45
22	9,76	
25	9,55	8,35
26	9,46	
30	9,33	

Se observa que el descenso del pH es relativamente rápido y en 14 minutos se puede lograr reducir el pH de la solución alcalina hasta el valor de 9; se observa, asimismo, que la aplicación del mismo sistema a la pulpa del relave requiere un tiempo mucho mayor para

reducir el pH, probablemente debido a la adsorción de CO<sub>2</sub> por los minerales presentes en el relave.

La reducción del pH en soluciones alcalinas ocurre por acción del CO<sub>2</sub> presente en el aire insuflado :



Como se observa en la figura 1, el principal problema de la parte líquida del efluente de planta (agua decantada del depósito de relaves), es su alta alcalinidad, muy cerca de 12. Actualmente estamos recirculando este flujo hacia el proceso de tratamiento de la

planta de beneficio y representa casi el 80% del agua utilizada en el proceso. Debido a este hecho es que se descartó la acidificación de este efluente para poder alcanzar niveles de pH que cumplan con los LMP de la legislación vigente y que permitan verter sobre el cuerpo receptor.

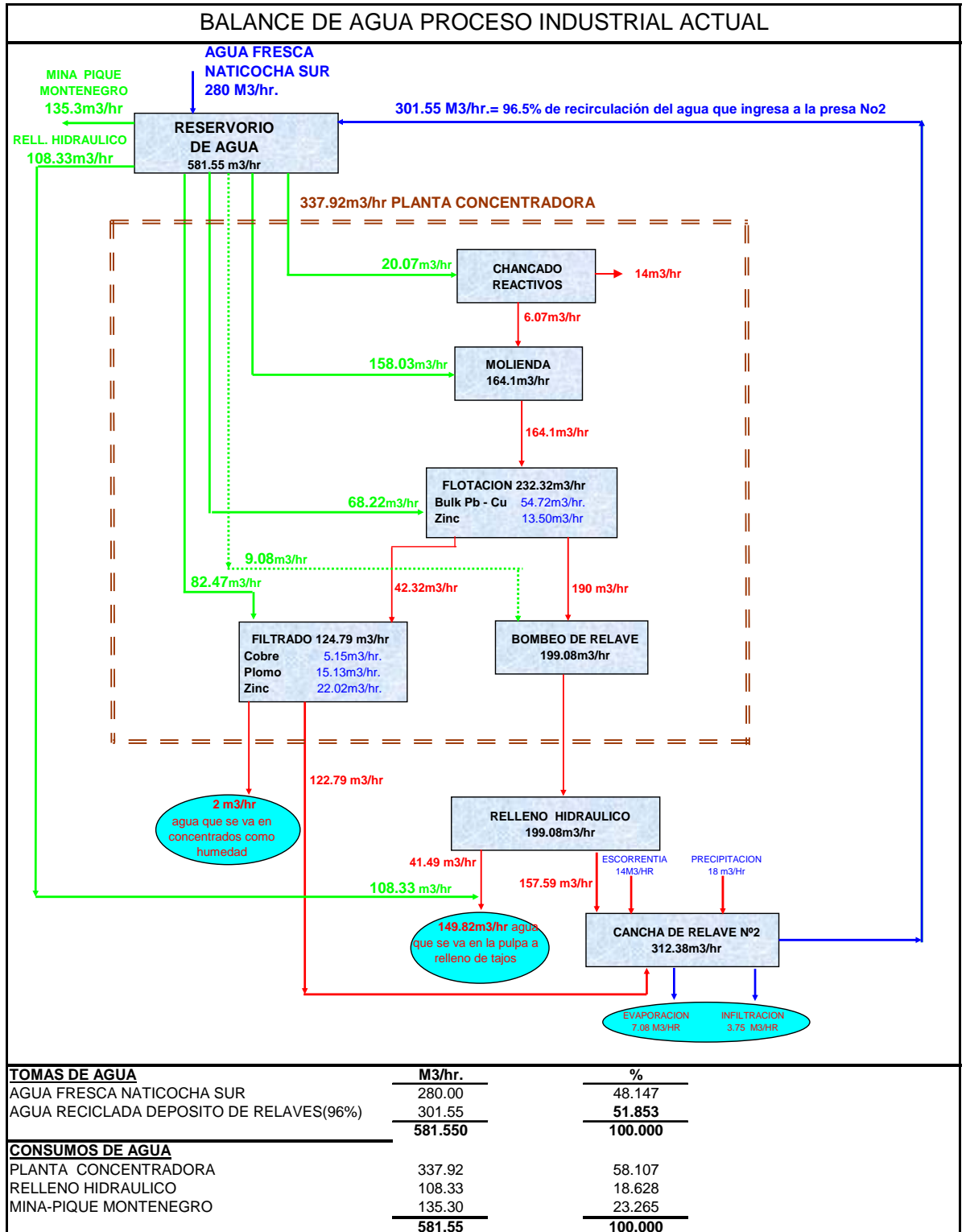
#### **III.4 BALANCE HIDRICO DEL PROCESO INDUSTRIAL ACTUAL Y DEL PROYECTO DE TRATAMIENTO INTEGRAL DE EFLUENTES**

Los balances hídricos de los respectivos procesos se presentan en los diagramas de bloque III.1 y III.2, respectivamente.

En ellos observamos que se necesita una fuerte cantidad de agua fresca para el proceso y que las aguas decantadas de las pozas de sedimentación de aguas de mina, en la actualidad son vertidas en su totalidad a la Laguna Naticocha Norte.

Cuando se ponga en marcha el proyecto de tratamiento integral de efluentes de la unidad de Animon, la cantidad de agua fresca necesaria para la reposición se reduce de 280 m<sup>3</sup>/hr a 93 m<sup>3</sup>/hr (25,8 l/s), mientras que el vertimiento también se reduce de 468 m<sup>3</sup>/hr (130 l/s) a 93 m<sup>3</sup>/hr (25,8 l/s) y de mejor calidad que el actual vertimiento que sale de las pozas de sedimentación de aguas de mina.

**Diagrama III.1: Balance Hídrico del Proceso Industrial Actual en las operaciones de UEA Animon – EACH SAC.**





**Diagrama III.2:** Balance Hídrico del Proyecto de Tratamiento Integral de Aguas Residuales Industriales

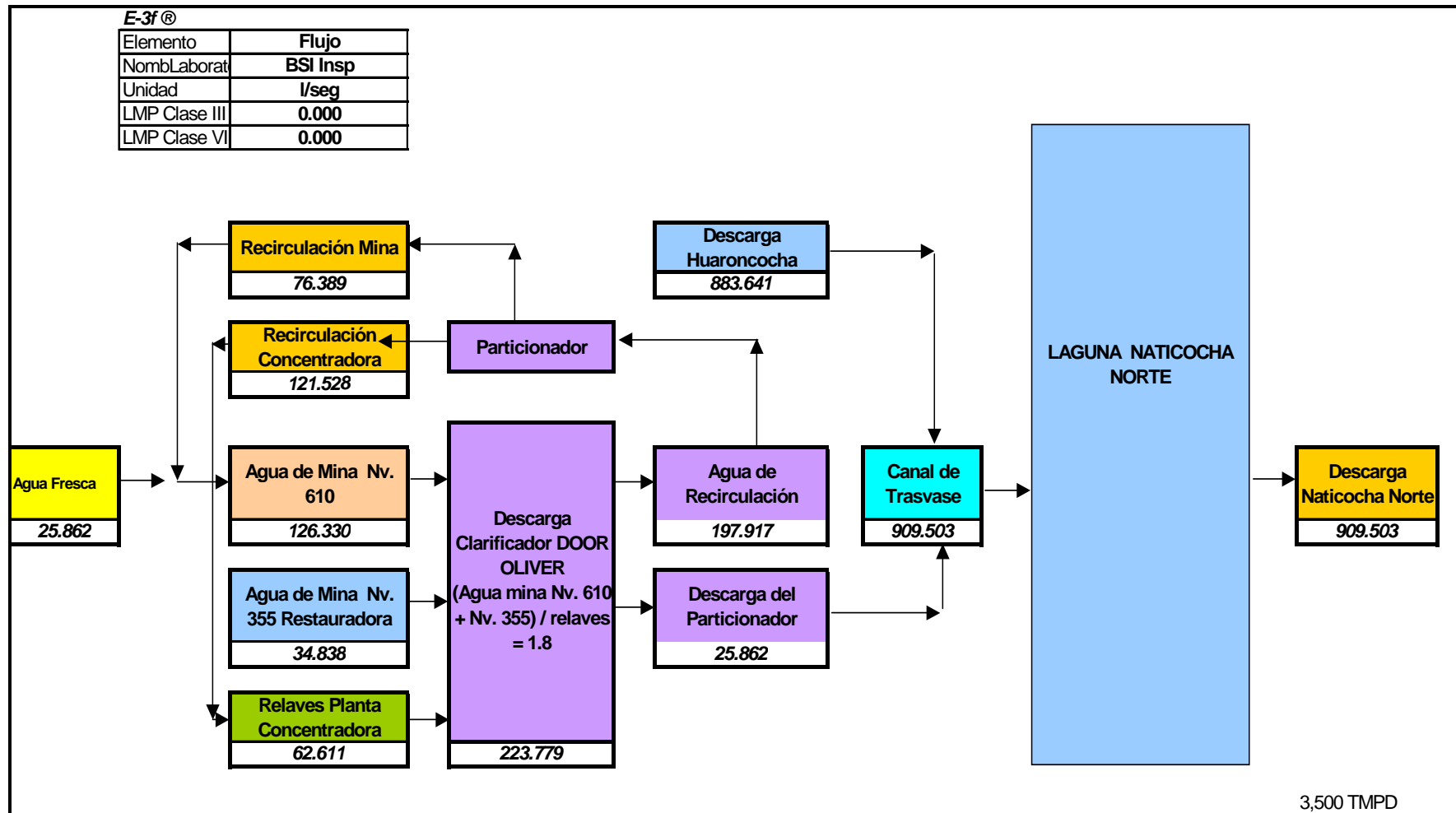


TABLA III.15 : INFORMACION DE MONITOREO AÑO 2006

Empresa: EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S. A. C.

Unidad: UNIDAD MINERA ANIMON

Punto de Monitoreo E - 1

Cuerpo Receptor: CANAL DE TRASVASE

E-1

Nombre del Laboratorio	J. Ramon	J. Ramon	J. Ramon	J. Ramon	J. Ramon	J. Ramon	BSI	J. Ramon	J. Ramon	J. Ramon	J. Ramon	BSI	PROMEDIO		
Fecha de Muestreo	10/01/06	06/02/06	06/03/06	10/04/06	09/05/06	06/06/06	08/07/06	10/08/06	05/09/06	15/10/06	15/11/06	04/12/06			
Hora de Muestreo	08:20	13:40	17:07	10:45	11:25	11:20	10:40	14:10	11:15	14:15	10:55	14:45			
Codigo de Laboratorio	<b>600478</b>	<b>601665</b>	<b>602695</b>	<b>604449</b>	<b>605804</b>	<b>607183</b>	<b>5894-28196</b>	<b>610778</b>	<b>612212</b>	<b>614351</b>	<b>616061</b>	<b>7239-34772</b>			
Flujo en punto de muestreo (m <sup>3</sup> / dia)	76,205	76,810	73,008	68,515	68,515	73,008	76,658	74,788	102,109	92,794	101,088	Referencial	80,318		
PARAMETRO	VARIANTE	UNIDAD											RESULT.		
pH	Generico	Und. pH	8.25	7.75	8.78	7.48	8.59	8.51	8.34	8.63	8.52	8.75	8.95	9.71	7.48 - 9.71
Redox	Generico	mV	-76	-47	-98	-33	-92	-86	-81	-100	-79	-100	-107		-82
Conduct.	Generico	uS/cm	207	185	192	182	182	200	187	185	186	203	185	219	193
Temp	Generico	°C	10.9	9.7	10.4	11.1	12.0	9.6	8.9	11.8	13.4	14.3	14.4	13.2	11.6
TSS	Generico	mg/l	4.12	6.02	5.31	4.01	3.96	3.44	-5.00	12.73	6.000	19.48	16.24	8.90	7.10
Plomo	Totales	mg/l	<0.02	0.037	<0.02	0.02	0.020	<0.02	<0.025	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.025	<0.022
Cobre	Totales	mg/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.025	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.025	<0.021
Zinc	Totales	mg/l	<0.02	0.040	<0.02	0.028	<0.02	<0.02	0.004	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.021	<0.021
Hierro	Totales	mg/l	0.130	0.286	0.120	0.134	0.082	0.149	0.110	0.09	0.131	<0.02	0.156	0.200	0.145
Arsénico	Totales	mg/l	0.011	0.014	0.012	0.009	0.013	0.012	0.008	0.012	0.012	0.011	0.013	0.015	0.012
Cianuro Wad	Totales	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.004	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.004	<0.005
Cromo VI	Totales	mg/l	<0.02	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.02	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.02	<0.036
Manganeso	Totales	mg/l	0.347	0.410	0.218	0.300	0.228	0.240	0.275	0.311	0.344	0.423	0.384	0.315	0.316

TABLA III.16 : INFORMACION DE MONITOREO AÑO 2006

Empresa: **EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S. A. C.**

Unidad: **UNIDAD MINERA ANIMON**

Punto de Muestreo **S - 1 = S - 2**

Cuerpo Receptor: **TANQUE DE CONCRETO PARA AGUA PLANTA CONCENTRADORA**

**S-1=S-2**

Nombre del Laboratorio	J. Ramon	J. Ramon	J. Ramon	J. Ramon	J. Ramon	J. Ramon	BSI	J. Ramon	J. Ramon	J. Ramon	J. Ramon	BSI			
Fecha de Muestreo	10/01/06	06/02/06	06/03/06	10/04/06	09/05/06	06/06/06	08/07/06	09/08/06	05/09/06	15/10/06	15/11/06	06/12/06	<b>PROMEDIO</b>		
Hora de Muestreo	10:40	14:25	19:25	11:45	11:40	11:30	11:10	14:35	15:10	15:20	11:35	15:21			
Codigo de Laboratorio	<b>600474</b>	<b>601673</b>	<b>602702</b>	<b>604456</b>	<b>605810</b>	<b>607190</b>	<b>5894-288206</b>	<b>610794</b>	<b>612218</b>	<b>614355</b>	<b>616065</b>	<b>7239-34770</b>			
Flujo en punto de muestreo (m <sup>3</sup> / día)	2645	1710	1706	2303	2386	2,261	2,355	2,349	2,464	2,710	2,438	2,574	2,325		
PARAMETRO	VARIANTE	UNIDAD												RESULT.	
pH	Generico	Uhd. pH	10.55	10.1	9.23	8.70	9.44	9.36	9.16	9.27	9.26	9.58	9.03	9.37	8.70-10.55
Redox	Generico	mV	-245	-228	-185	-99	-139	-134	-125	-129	-131	-222	-223		-169
Conductividad	Generico	uS/cm	922	1134	856	408	391	397	370	348	329	698	735	442	586
Temperatura	Generico	°C	11.0	11.7	10.1	10.1	12.3	9.9	9.4	12.6	13.0	12.4	13.0	14.1	11.6
TSS	Generico	mg/l	18.88	14.18	4.92	2.40	4.80	41.82	<5	<2	2.10	6.530	3.77	<5	<9.285
Plomo	Totales	mg/l	0.972	0.540	0.690	<0.02	<0.02	<0.02	<0.025	<0.02	<0.02	0.336	0.097	<0.025	<0.232
Cobre	Totales	mg/l	0.034	0.030	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.025	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.025	<0.023
Zinc	Totales	mg/l	2.052	0.990	0.756	<0.02	<0.02	<0.02	0.005	<0.02	<0.02	0.470	0.085	0.032	<0.374
Hierro	Totales	mg/l	0.479	0.180	0.100	0.038	0.070	0.063	<0.03	0.040	0.044	0.258	0.158	0.170	<0.136
Arsénico	Totales	mg/l	0.002	0.003	0.003	0.003	0.006	0.006	0.005	0.004	0.006	0.004	0.003	0.010	0.005
Cianuro Wad	Totales	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.004	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.004	<0.005
Cromo VI	Totales	mg/l	0.113	0.090	0.084	0.036	<0.04	<0.04	<0.02	<0.04	<0.04	0.065	<0.04	<0.02	<0.052
Manganeso	Totales	mg/l	0.232	0.104	0.060	0.131	0.152	0.189	0.143	0.132	0.164	0.681	0.248	0.264	0.208

TABLA III.17: INFORMACION DE MONITOREO AÑO 2006

Empresa: **EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S. A. C.**  
 Unidad: **UNIDAD MINERA ANIMON**  
 Punto de Monitoreo **E - 3**  
 Cuerpo Receptor: **CANAL DE TRASVASE A LAGUNA LLACSACOCHA**

E-3

Nombre del Laboratorio			J. Ramon	J. Ramon	J. Ramon	J. Ramon	J. Ramon	J. Ramon	BSI	J. Ramon	J. Ramon	J. Ramon	J. Ramon	BSI	PROMEDIO
Fecha de Muestreo			10/01/06	06/02/06	06/03/06	10/04/06	09/05/06	06/06/06	08/07/06	10/08/06	05/09/06	15/10/06	15/11/06	05/12/06	
Hora de Muestreo			09:50	16:15	18:45	16:45	16:00	10:30	11:00	15:20	11:35	07:25	10:15	10:00	
Codigo de Laboratorio			<b>600479</b>	<b>601668</b>	<b>602698</b>	<b>604452</b>	<b>605807</b>	<b>607186</b>	<b>5894-28198</b>	<b>610796</b>	<b>612215</b>	<b>614352</b>	<b>616062</b>	<b>7239-34780</b>	
Flujo en punto de muestreo (m <sup>3</sup> / dia)			90,141	98,474	85,387	81,855	79,661	83,965	88,163	86,868	113,894	98,842	100,460	9,590	84,775
PARAMETRO	VARIANTE	UNIDAD													RESULT.
pH	Generico	Und. pH	8.06	8.59	8.65	7.66	7.94	8.78	8.31	8.73	8.75	8.7	8.14	8.41	7.66-8.78
Redox	Generico	mV	-64	-88	-117	-41	-60	-96	-79	-104	-91	-96	-64		-82
Conductividad	Generico	uS/cm	645	549	325	544	294	477	467	370	339	317	361	895	465
Temperatura	Generico	°C	11.1	10.6	10.7	8.8	12.1	9.3	9.1	11.3	13.3	10.3	13.8	13.9	11.2
TSS	Generico	mg/l	5.48	30.24	12.34	14.84	18.02	65.31	<5	26.36	9.540	11.5	9.330	<5	<17.745
Plomo	Totales	mg/l	0.044	0.060	0.037	0.071	0.027	<0.02	<0.025	<0.02	0.034	0.044	0.022	<0.025	<0.036
Cobre	Totales	mg/l	0.021	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.025	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.025	<0.021
Zinc	Totales	mg/l	0.145	0.340	0.321	0.630	0.211	0.110	0.170	0.050	0.106	0.115	0.117	0.258	0.214
Hierro	Totales	mg/l	0.237	0.518	0.324	0.564	0.264	0.159	0.150	0.157	0.250	0.336	0.233	0.180	0.281
Arsénico	Totales	mg/l	0.006	0.010	0.009	0.007	0.010	0.011	0.010	0.009	0.013	0.011	0.012	0.015	0.010
Cianuro Wad	Totales	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.004	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.004	<0.005
Cromo VI	Totales	mg/l	<0.02	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.02	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.02	<0.036
Manganeso	Totales	mg/l	1.324	0.730	0.713	2.298	0.653	0.496	0.587	0.386	0.543	0.616	0.659	2.092	0.925
Aceites y Gras	Generico	mg/l	1.120	0.600	0.400	1.670	0.700	1.000	<5	<1	<1	<1	<1	4.830	<1.612

### III.5 CARACTERIZACION DE LAS FUENTES DE SUMINISTRO DE AGUA Y CUERPOS RECEPTORES .

Las aguas actualmente utilizadas en el proceso de beneficio y en las labores de perforación de minas provienen de la laguna Naticocha Sur (S-1=S-2), la cual se reabastece de la Laguna Huaroncocha (E-1), cuya caracterización durante el año 2006 presentamos en las tablas III.15 y III.16, líneas arriba.

Respecto a los cuerpos receptores podemos mencionar que actualmente la descarga del efluente de la planta de tratamiento de aguas de mina es la Laguna Naticocha Norte, mientras que por parte de las operaciones de beneficio no tenemos efluente. En el futuro, luego de la construcción y puesta en marcha de la Planta de Tratamiento Integral de Aguas de Mina y Planta, el efluente único será vertido al Canal de Trasvase que conduce las aguas de la laguna Huaroncocha hacia la Laguna Naticocha Norte, por lo que será finalmente el mismo cuerpo receptor adonde llegue el efluente de esta planta. Las características de este cuerpo receptor (E-3), durante el año 2006 se muestran en la tabla III.17, líneas arriba.

La ecuación que gobierna los balances hídricos reales de la laguna Naticocha Norte (Cuerpo Receptor), esta dada por la siguiente expresión:

$$S = RP + RE + QH - E - I - QLI$$

Donde:

S = Variación del volumen almacenado en la laguna Naticocha

RP = Recarga pluvial

RE = Recarga por escorrentía superficial.

E = Evaporación en la laguna.

I = Infiltración desde la laguna

QH = Caudal de descarga laguna Huaroncocha

QLI = Caudal de descarga hacia laguna Llacsacochoa

Para Calcular el almacenaje real en la Laguna Naticocha se cuenta con un registro mensual de los niveles en la laguna, tanto al inicio como al final

de cada mes. Se ha realizado un estimado del balance artificial anual de la laguna Naticocha, extrapolando los datos de la estación de Cerro de Pasco, además de los datos reales de precipitación obtenidos en Animón. Los resultados se muestran en la tabla III.18 siguiente.

**Tabla III.18:** Balance Hídrico Anual de la Laguna Naticocha

AÑO	S (m <sup>3</sup> )	RP (m <sup>3</sup> )	RE (m <sup>3</sup> )	E (m <sup>3</sup> )	I (m <sup>3</sup> )	QH (m <sup>3</sup> )	QLI (m <sup>3</sup> )
1994	-28 539	3 639 720	1 766 016	238 065	181 986	30 274 560	35 288 784
1995	49 967	3 639 720	1 766 016	238 065	137 984	30 274 560	34 689 600
1996	-94 447	3 437 560	1 766 016	238 065	171 878	25 607 232	30 495 312
1997	20 729	3 857 560	1 766 016	238 065	192 878	23 210 496	30 495 312
1998	10 537	3 149 720	1 766 016	238 065	157 486	10 627 632	15 137 280
1991	-249	2 872 800	1 766 016	238 065	143 640	0	4 257 360
2000	5 483	3 144 400	1 766 016	238 065	157 220	0	4 509 648
2001	25 087	1 870 400	1 766 016	238 065	93 520	22 895 136	26 174 880
2002	1 541 000	2 376 900	1 766 016	238 065	118 845	28 202 637	30 447 643
2003	1 682 769	2 439 600	1 766 016	238 065	121 980	20 762 660	41 391 000
2004	1 127 856	3 013 305	1 766 016	238 065	150 665	19 753 490	22 836 225
2005	1 651 189	2 300 663	1 766 016	238 065	115 033	33 231 060	38 595 830
2006	2 447 820	2 680 710	1 766 016	238 065	134 036	29 316 070	30 942 875

### III.6 DESCRIPCION DEL DIAGRAMA DE FLUJO DE PROYECTO DE TRATAMIENTO INTEGRAL DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.

El proyecto ha sido diseñado para bombear los caudales de mina mediante dos bombas centrífugas de sello seco de 350 HP, 1800 rpm, 4260 V, ADT 160 m, 150 l/s, cada una con dureza del impulsor metálico de 650 Brinnell.

El flujo de planta concentradora será bombeado mediante dos líneas de bombas (una en stand by), conformada por dos bombas en serie cada una de 100 HP, 1500 rpm, 440 V, ADT 60 m, 60 l/s con impulsor metálico revestido por jebe. El caudal de rebose en el over flow de los ciclones de la planta de relleno hidráulico será captado en un acondicionador 10´ x 8´, 40 HP, 700 rpm, 440 V, para que sea tomado por la línea de bombas descrito líneas arriba.

La línea de bombeo para el flujo de la Zona Montenegro está en construcción. Consiste en dos estaciones de bombeo ubicadas en las cotas 4310 y 4465 del Pique Montenegro. Serán instaladas 2 bombas por estación (1 en standby). Estas bombas son multietápicas de 300 HP, 1800

rpm, 440 V, 5 impulsores metálicos cada eje con una dureza de 300 Brinnell.

La Ingeniería básica y de detalle de los sistemas complementarios relacionados al sistema de Espesador de Cono Profundo serán desarrollados teniendo en cuenta las pruebas piloto, bajo la modalidad de llave en mano. El equipo piloto utilizado se puede ver en la fotografía III.1, del presente capítulo.

En el diagrama de flujo **PTI 06**, Anexo I, se muestra los detalles del circuito de tratamiento integral de las aguas residuales industriales que se propone utilizar. Dentro de este diagrama se consideran los siguientes equipos:

### **III.6.1 El Espesador de Cono Profundo**

Es un espesador de 17 m de diámetro por 21 m alto por 13 m de profundidad de la pared lateral con 30 grados de cono del tanque. Se trata de un espesador de Cono Profundo completo con mecanismo, Unidad Motriz, tanque E-DUC, tanque elevado (montado) y sensor de nivel de cama; instrumentos de la presión de la cama, más flujómetros y densímetros en la alimentación y descarga, dos bombas centrifugas de descarga de medida 10" x 8". Un sistema típico de Espesador de Cono Profundo es mostrado en los diagramas para información, tuberías e instrumentación. Todos los componentes en contacto con la pulpa serán construidos en acero al carbono A-36. El equipo será construido como se detalla en los siguientes párrafos.



**FOTOGRAFIA III.1: PLANTA PILOTO INSTALADA EN ANIMON – EACH SAC, PARA EL TRATAMIENTO INTEGRAL PILOTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.**



### **III.6.2 Unidad Motriz del Espesador**

La unidad motriz EIMCO B60P-4, consiste de un engranaje principal de acero sometido a un tratamiento térmico y es de 60 pulgadas de diámetro montado en un cojinete de precisión de 4 puntos de contacto, cuatro (4) piñones de acero, cuatro (4) reductores planetarios del engranaje, cuatro (4) motores hidráulicos de 10 HP con una válvula proporcional para el control de la velocidad del rastrillo. El mecanismo rota a una velocidad aproximada de 0,2 rpm. Todos los componentes del engranaje son herméticos al polvo con un baño de lubricante. Sin embargo, antes del arranque será necesario lubricarlo.

### **III.6.3 Ensamble del Rastrillo**

El eje del rastrillo se une a la Unidad Motriz a través de una conexión conveniente y al cual se unen los brazos.

Dos rastrillos largos se arman con las suficientes cuchillas para raspar el fondo del tanque dos veces por revolución. Los brazos tendrán una inclinación de 30°. Los brazos también tendrán barras verticales (estaca) extendidas para arriba del brazo principal en la cama de la pulpa. La construcción tubular del brazo será utilizada para reducir al mínimo la fricción, de tal modo reduciendo la carga del esfuerzo de torsión en el mecanismo de arrastre.

Los raspadores cónicos de acero al carbono en la descarga central, serán conexiones al eje motriz central.

### **III.6.4 Caja de Alimentación, Sistema E-DUC**

La caja de alimentación es soportada por la superestructura del puente. Está construido en plancha de acero al carbono de 5 milímetros y tiene un ángulo en el fondo para ayudar a evitar cortocircuitos de la pulpa floculada.

Se incluye un sistema de auto-dilución de alimentación E-Duc para diluir correctamente la alimentación para la floculación

más eficiente. Una caja principal alimenta al sistema E-Duc. Los tubos para adición de floculante están por la pared exterior del tanque.

### **III.6.5 Superestructura del Puente**

La superestructura de acero es de diseño apropiado para soportar el mecanismo con carga, sistema hidráulico, puente y tubos de alimentación, y todas las cargas de funcionamiento normales incluyendo las cargas en los brazos del rastrillo. La armadura es diseñada para soportar 50 kg/cm de carga por la calzada y para la tubería de alimentación. La superestructura es apoyada en las paredes laterales del tanque.

En la periferia del tanque al centro del mecanismo se instala calzadas emparrilladas de acero galvanizado y de 1,2 m de ancho, con una plataforma de centro para el acceso del mantenimiento alrededor de la unidad motriz. Asimismo, se instalan tres carriles de tuberías equipadas a lo largo de ambos lados de la calzada.

### **III.6.6 Panel de Control, Torque del Rastrillo, Instrumentación de Control de Nivel de Cama**

Con el fin de tener un buen control, se provee de Instrumentación al espesador para la Unidad Motriz y el Control de Nivel de cama para permitir que las señales sean enviadas a un DCS y/o a un PLC.

Asimismo, se provee de configuración y calibración de instrumentos con excepción de la configuración de la fábrica incluida, si no se especifica lo contrario. Los instrumentos específicos de la empresa involucrada en el diseño se describen como sigue:

- El sistema del transmisor del esfuerzo de torsión del mecanismo del espesador es equipado (medidor de

torque). La indicación del esfuerzo de torsión transmitirá en una señal DC de 4-20 mamp al (PLC) central.

- El transmisor de presión de altura de cama es suministrado para detectar el inventario de la pulpa en el espesador. Será instalado a un transmisor montado por separado, el cual transmitirá una señal DC de 4 a 20 mamp al sistema de control PLC.
- Se incluye un instrumento de alta resolución ultrasónico de control de altura de cama de sólidos. El sensor ultrasónico de altura de cama de sólidos utiliza un proceso de señal superior y características sofisticadas en la salida de datos para proporcionar la indicación de nivel de cama. Transmite una señal DC de 4 a 20 mamp al sistema de control PLC.
- El panel de control NEMA 4 es suministrado para el espesador que tiene el transmisor de torque, una botonera de arranque/parada, alarma del torque, y alarma de bocina.
- También se incluye un flujómetro y medidor de densidad en la alimentación así como en el underflow del equipo.
- Una planta completa de adición de floculante.
- El PLC esta configurado para permitir que el espesador opere en gran parte con el control automático de la alimentación del floculante y el control de sistema de bombeo del underflow, la alimentación y medida de la densidad del underflow, la medida del caudal de la alimentación y el underflow, y sistema de control del PLC que se utilizará para el control del balance de masa y el control del espesador.

### **III.6.7 Tanque**

El tanque es suministrado por un contratista designado por la empresa encargada del diseño como sigue:

- Diámetro del tanque 17 m  
Altura de la pared lateral del tanque 13 m  
Borde libre 0,5 m  
Altura total del TK 21 m
- Cilindro de descarga de 3 m diámetro x 3 m de profundidad de la descarga y tres boquillas de descarga, una boquilla de re-ingreso, y una (1) tapa de acceso al cilindro de descarga de 910 mm.
- Canaleta periférica interna de 500 mm ancho x 500 mm profundidad de acero con deflector de control de flujo en V.
- Caja de caída del efluente (rebose)
- Soportes de la superestructura.
- Escalera de acceso con espacios intermedios de descanso, hasta llegar al puente.

### **III.6.8 Overflow**

Para la recirculación se usan bombas de descarga de 10" x 8" con variadores de frecuencia y motores de 350 HP de alta eficiencia.

### **III.6.9 Floculante**

El sistema de adición de floculante con dilución en línea y control automatizado, está conectado a un PLC.

### **III.6.10 Underflow**

recirculación/tuberías de descarga y válvulas de control, hasta las tuberías de descarga, dentro de la plataforma.

### **III.6.11 MCC (Central de Control de Motores ) y PLC (Programación Lógica de Control).**

Se instalarán MCC y PLC para el sistema con las señales exteriores hacia cualquier punto de la zona de la planta concentradora para que los procesos sean monitoreados.

### **III.6.12 Sumidero**

Tenemos previsto instalar una bomba vertical sumergible de 40 HP, 1800 rpm, 440 V, ADT 40 m, con una dureza del impulsor metálico de 300 Brinnell.

### **III.6.13 Instalación del equipo**

(mecánico) motores del DCT, bombas y válvulas de control.

### **III.6.14 Eléctrico -electrónico**

Instalación del sistema.

### **III.6.15 Proceso del sistema y Optimización del proceso**

El software de control es suministrado con el equipo. También habrá un entrenamiento técnico del personal de Chungar y cumplimiento con los parámetros de proceso obtenidos en el pilotaje semi industrial, lo cual se enmarca en la modalidad de “Llave en mano”.

## **CAPITULO IV**

### **PRODUCTOS GENERADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO INTEGRAL DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES**

El Diagrama de Flujo de Tratamiento Integral de Aguas Residuales Industriales (**PTI 05**), mostrado en este documento indica que los productos generados en este proceso son dos: **Aguas Clarificadas** que van a ser recirculadas al proceso de la planta de beneficio, a las operaciones de minado, así como una pequeña cantidad va a ser vertida al Canal de Traslase como cuerpo receptor más cercano y, **Pasta de Relaves** que será depositada en el depósito de relaves N° 2 y/o enviado a mina como relleno en pasta.

#### **IV.1 MANEJO, CARACTERIZACION Y DISPOSICION DEL AGUA CLARIFICADA RESULTANTE DEL TRATAMIENTO INTEGRAL DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES**

Los diagramas de bloques IV.1 y IV.2, indican claramente el manejo de las aguas en el proceso de tratamiento integral de los efluentes actuales de la unidad de Animon. Vemos que el proyecto esta considerando la optimización del uso de agua que se obtiene del proceso en las actividades propias de la operación, minimizando el efluente a un pequeña cantidad (25,8 l/s), que ira directamente al canal de trasvase que por su contenido de 0,12 mg/l de Pb total, estamos cumpliendo con la RM N° 011-96-EM/VMM, cuyo LMP en plomo es de 0,4 mg/l valor en cualquier momento. Con el tratamiento continuo esperamos que el valor de este efluente de 0,12 mg/l, baje considerablemente.

Las características de este efluente se presentan en la tabla IV.1 siguiente:

**Tabla IV.1:** Caracterización esperada del Efluente de la Planta de Tratamiento Integral de Aguas Residuales Industriales.

<b>Parámetros</b>	<b>Promedio 2006</b>	<b>Carga Contaminante</b>	
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0,026	Carga	Carga
Caudal (l/s)	25,9	Contaminante	Contaminante
<b>Concentraciones (mg/l)</b>		<b>Kg/día</b>	<b>Kg/año</b>
TSS total	7	15,6	5 709
Pb total	0,120	0,3	98
Cu total	0,030	0,1	24
Zn total	0,805	1,8	657
Fe total	0,490	1,1	400
As total	0,016	0,0	13
CN total	0,010	0,0	8
Cr total	0,020	0,0	16
Mn total	0,900	2,0	734
Cd total	0,003	0,0	2

El manejo adecuado de las aguas permitirá finalmente obtener aguas clase VI, de acuerdo a la Ley General de Aguas 17752, en la laguna Naticocha Norte como indica el balance propuesto para el caso del elemento plomo, que es el elemento de mayor interés en este estudio y cuyo valor será inferior al límite de calidad de aguas que propone la mencionada ley.

**Tabla IV.2: BALANCE SÓLIDO LIQUIDO PLANTA DE TRATAMIENTO INTEGRAL DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES**

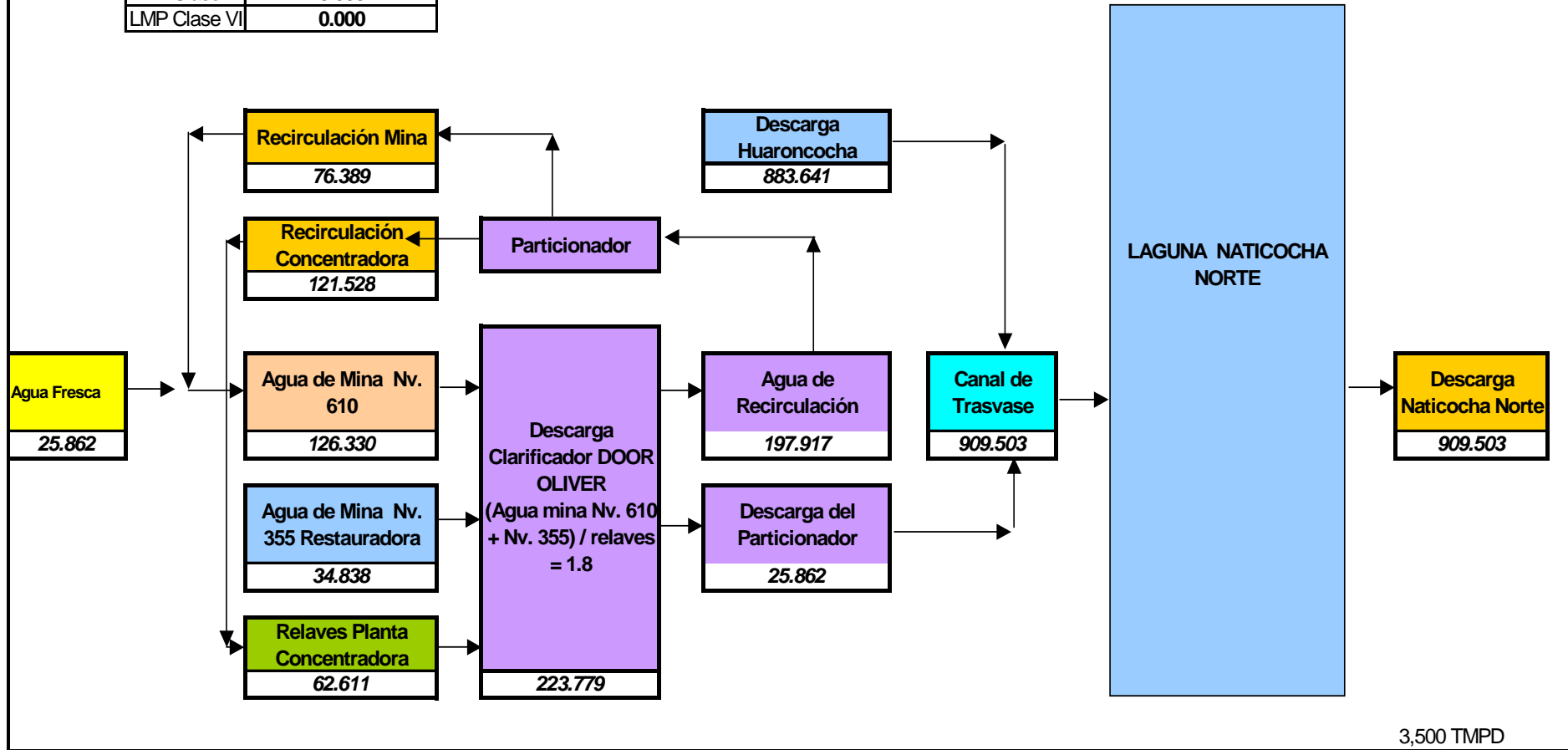
<b>BALANCE SOLIDO LIQUIDO ESPESADOR CONO PROFUNDO</b>							
<i>DESCRIPCION</i>	<b>% PESO</b>	<b>TPD</b>	<b>TPH</b>	<b>SP GR Kg/l</b>	<b>DENSIDAD g/l</b>	<b>% SOL</b>	<b>GPM PULPA</b>
RELAVE GENERAL	98,42	2 504,22	104,34	2,89	1 300	35,29	1 003
AGUA DE MINA NV 610	1,58	40,252	1,677	2,89*	1 002,4	0,37	2 003
AGUA R-355 MONTENEGRO	0,0	0,0394	0,0016	2,89*	1 000,1	0,013	552
ALIMENTO TOTAL	100,00	2 544,5114	106,0186	2,89	1 100	13,92	3 558
UNDER FLOW	99,995	2544,3758	106,0129	2,89	2 156	82,00	10,64
OVER FLOW EFLUENTE S-6	0,0	0,0156	0,0007	2,89*	1000	0	409,97
OVER FLOW RECIRCULACION	0,005	0,12	0,005	2,89*	1000	0	3 137,39

\* La Sp-gr (Gravedad Especifica del material sólido), se ha considerado similar al valor del relave.



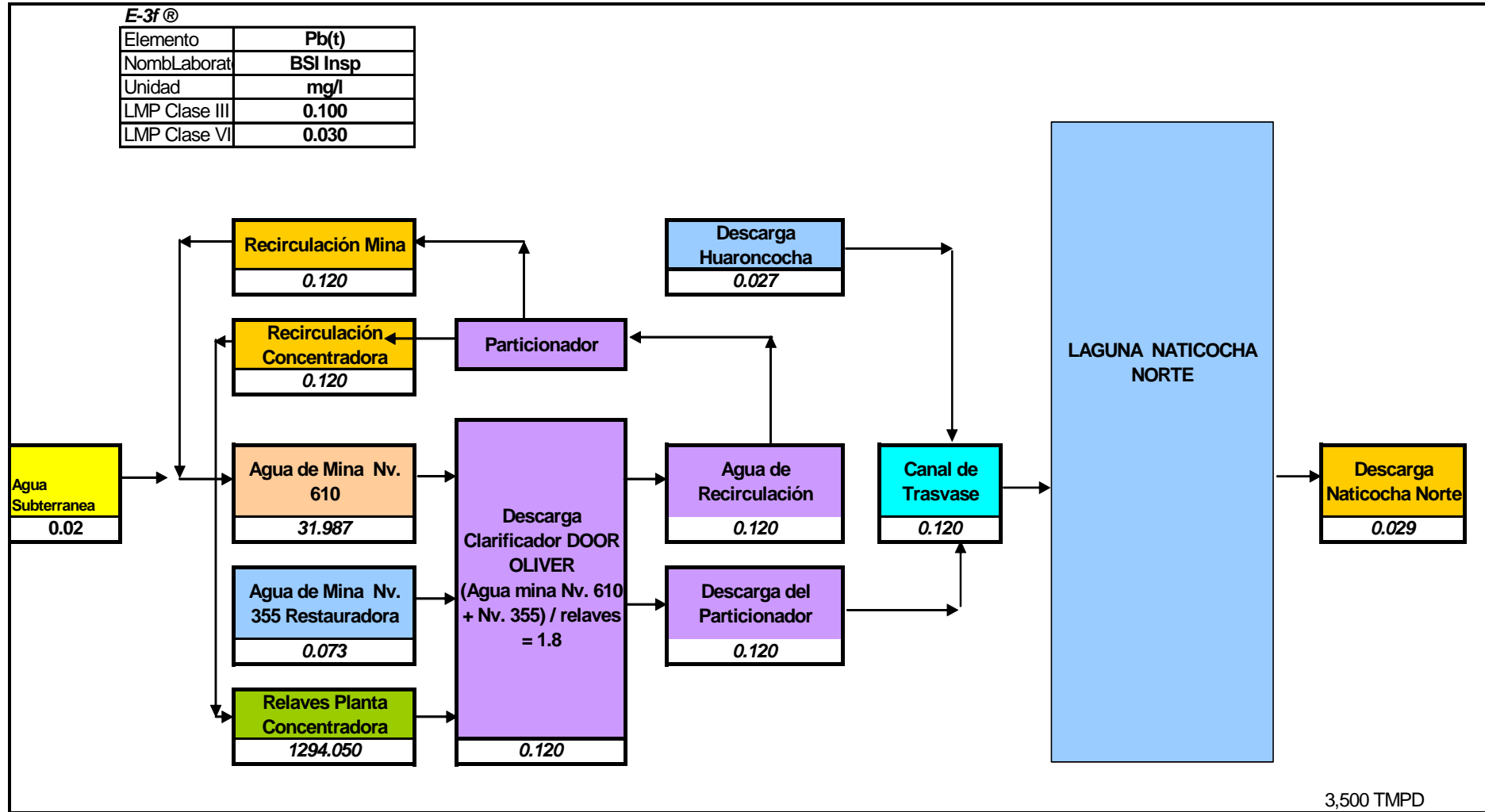
E-3f®

Elemento	Flujo
NombLaborat	BSI Insp
Unidad	l/seg
LMP Clase III	0.000
LMP Clase VI	0.000



**Diagrama IV.1:** Diagrama de Bloques Propuesto para el Manejo de las Aguas en el Proyecto Mejorado de Tratamiento Integral de Aguas Residuales Industriales: **Balance de Flujos**

**Diagrama IV.2:** Diagrama de Bloques Propuesto para el Manejo de las Aguas en el Proyecto Mejorado de Tratamiento Integral de Aguas Residuales Industriales: **Balance de Pb.**



**Tabla IV.3:** Data Histórica Promedio y de Pruebas Piloto Promedio, utilizadas para cálculos de balances de flujos y Plomo.

<i>Data</i>	<i>CodPM</i>	<i>Tipo</i>	<i>Flujo(l/s)</i>	<i>pH</i>	<i>TSS</i>	<i>Pb(t)</i>	<i>Cu(t)</i>	<i>Zn(t)</i>	<i>Fe(t)</i>	<i>As(t)</i>	<i>CrVI(t)</i>	<i>Mn(t)</i>	<i>Cd(t)</i>	<i>CN(Wad)</i>
Piloto	E-2ai	Promedio	126.3	8.09	5681	31.987	2.126	52.485	203.232	1.145	0.155	100.203	0.075	0.0000
Piloto	E-2a	Promedio	126.3	8.28	61	0.286	0.024	0.313	1.828	0.033	0.027	1.894	0.003	0.0000
Histórico	E-2i	Promedio	131.4	7.99	3688	53.118	3.559	89.333	424.082	0.857	0.917	128.148	0.154	0.0040
Histórico	E-1	Promedio	883.6	8.19	7	0.027	0.060	0.022	0.157	0.013	0.030	0.339	0.005	0.0041
Histórico	E-3	Promedio	1009.6	8.29	9	0.049	0.025	0.225	0.337	0.014	0.030	0.818	0.003	0.0041
Histórico	E-5	Promedio	63.4	11.50	10	0.219	0.025	0.343	0.130	0.002	0.260	0.064	0.003	0.0040
Histórico	E-10	Promedio	1.4	8.21	14	0.080	0.025	1.232	0.752	0.020	0.022	13.047	0.003	0.0040
Histórico	- 1 = S -	Promedio	26.8	9.34	7	0.310	0.028	0.444	0.194	0.005	0.063	0.177	0.003	0.0040
Histórico	S-6i	Promedio	62.6	11.90	142201	1294.050	113.070	1018.561	45489.897	141.158	4.718	15147.876	0.997	0.0125
Histórico	S-6	Promedio	46.7	11.69	35	0.804	0.054	0.058	1.097	0.010	0.882	0.765	0.005	0.0040
Histórico	R-355	Promedio	34.8	7.17	13	0.073	0.022	3.382	0.815	0.025	0.027	5.015	0.004	0.0047
Histórico	E-2	Promedio	132.7	8.01	64	0.418	0.033	0.805	2.251	0.063	0.030	3.084	0.006	0.0044
Piloto	E-2b	Promedio	126.3	8.30	8	0.082		0.107	0.170	0.022	0.020	0.720	0.003	
Piloto	S-6c	Promedio	62.6	11.30	6	0.208	0.025		1.160	0.008	0.030	1.450	0.003	
Piloto	E-3f®	Calculado	909.5	8.20	7	0.029	0.060	0.044	0.166	0.013	0.030	0.355	0.005	0.0042
Piloto	R ®	Calculado	197.9	8.75	7	0.120	0.033	0.805	0.490	0.016	0.020	0.900	0.003	0.0100
Piloto	R ®	Calculado	121.5	8.75	7	0.120	0.033	0.805	0.490	0.016	0.020	0.900	0.003	0.0100
Piloto	R ®	Calculado	76.4	8.75	7	0.120	0.033	0.805	0.490	0.016	0.020	0.900	0.003	0.0100
Piloto	S-6f®	Calculado	25.9	8.75	7	0.120	0.033	0.805	0.490	0.016	0.020	0.900	0.003	0.0100



## **IV.2 CARACTERIZACION Y DISPOSICION DEL RESIDUO SÓLIDO (LODO) RESULTANTE DEL TRATAMIENTO INTEGRAL DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES**

La pasta producida del tratamiento integral de agua de mina y relave de concentradora podrá ser empleada tanto para disposición superficial como para relleno en mina con estándares superiores a las prácticas actuales.

La disposición de pasta en la actual relavera favorecerá la eficiencia de almacenamiento, percepción de las comunidades, vida útil de la actual área; disminuyendo los valores de metales disueltos en el agua recuperada, riesgo de licuefacción, costos de material retenido y levantamiento del dique. Adicionalmente, liberará el uso de maquinaria pesada destinada a actividades de producción.

Para la potencial aplicación de la pasta como relleno estructural, de acuerdo a la producción proyectada del tratamiento conjunto agua de mina y relave total, se producirá alrededor de 80 m<sup>3</sup>/hr de pasta con 78% - 80% de sólidos en peso, este flujo de relleno permitirá:

- Primero, reducir el tiempo de relleno a aproximadamente 13 horas en tajos de 1000 m<sup>3</sup>.
- Segundo, incrementar las resistencias estructurales en mina de acuerdo a lo requerido; según la relación %de cemento vs tiempo de fraguado.
- Adicionalmente, permitirá la reducción de la dilución, costos de sostenimiento e inventario de agua interior mina.

Si el propósito de la aplicación de pasta no fuera netamente estructural se podrá rellenar los dos últimos 2 metros de relleno, techo de labor, con pasta cementada diferenciada reduciendo de esta manera el costo de cemento.

Sin embargo, es recomendable considerar como primera fase de la implementación el tratamiento conjunto de agua de mina con relaves de concentradora para disposición superficial.

### **IV.3 MONITOREO DE CALIDAD DE AGUAS**

Dentro de las etapas de diseño se ha considerado la verificación de resultados a través de un plan de monitoreo en el que se debe considerar el seguimiento de todas aquellos puntos que podrían ser impactados por las operaciones de la unidad minera de Animon. Como punto de partida se ha tenido en consideración el compromiso de monitoreo especial que tenemos con la DIGESA, sobre todo en realizar el seguimiento a los cuerpos receptores.

De acuerdo a este Plan de Monitoreo Especial de Calidad de Aguas que presentamos a la DIGESA, los puntos de muestreo serán analizados por METALES TOTALES, aun se trate de los efluentes (E-2 y S-6, actualmente). Los parámetros que se analizarán son Plomo, Zinc, Cobre, Arsénico, Hierro, Manganeso, Cianuro WAD, Cromo y Cadmio. Asimismo, los parámetros de campo (Flujo, pH, conductividad, temperatura), serán tomados in situ por nuestro personal.

Durante la operación de monitoreo especial se estará tomando en consideración el cumplimiento de las guías de Salud y Seguridad relacionadas directamente al personal de monitoreo.

Los equipos de medición de parámetros de campo serán limpiados y calibrados antes de ir al campo, dejándolos en el mismo estado al finalizar el muestreo.

Se hará las coordinaciones necesarias con los laboratorios para que nos provean de suficiente material para realizar los monitoreos respectivos.

En el trabajo de campo se identificara los puntos de muestreo de acuerdo a lo establecido en la Resolución Ministerial N° 011-96-EM/VMM, del Ministerio de Energía y Minas. Asimismo, la toma de muestras se realizará de acuerdo a lo indicado por el protocolo de la DIGESA. Las mediciones de caudal en los efluentes será con el método Sección – velocidad y/o Coordenadas para determinar la velocidad del chorro y el caudal.

#### **IV.3.1 BASE LEGAL**

- **R. M. N° 011-96 EM/VMM**, de fecha 10 de Enero de 1996 y anexos respectivos en el cual se aprueban los Limites

Máximos Permisibles para efluentes de las actividades Minero Metalúrgicas.

- **Ley General de Aguas, Decreto Ley N° 17752 y sus reglamentos.**
- **Resolución Directoral N° 1082/2005/DIGESA/SA**

### IV.3.2 ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA

Las estaciones de monitoreo en la cuales se ha estado muestreando para elaborar una base de datos de las condiciones actuales del sistema de efluentes y cuerpos receptores del entorno, son parte de las establecidas en nuestro Plan de Monitoreo Anual en la Unidad de Animón para el control de calidad de aguas del entorno minero. Estas se describen en la siguiente tabla IV.4:

**TABLA IV.4:** DESCRIPCIÓN DE ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUAS.

PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS UTM				DESCRIPCION DE LA UBICACIÓN
	ESTE	NORTE	ZONA	ALTITUD	
E-1 *	344 155,0	8 779 548,0	18	4 600	ESTACION DE BOMBEO AGUA A HOTEL STAFF, DESCARGA DE LA LAGUNA HUARONCOCHA HACIA LA NATICOCHA
E-2 **	343 897,8	8 780 868,0	18	4 600	AGUA DE MINA NIVEL 610. UBICADO A LA SALIDA DE LAS POZAS DE DECANTACION HACIA LA LAGUNA NATICOCHA NORTE
E-2 (i)**	343 992	8 781 086	18	4614	AGUA DE MINA NIVEL 610. UBICADO AL INGRESO A LAS POZAS DE DECANTACION DE AGUAS DE MINA, ANTES DE ADICION DE FLOCULANTE.
E-3 *	344 290,6	8 781 187,0	18	4 600	SALIDA LAGUNA ESIDUAL NORTE, HACIA EL TUNEL QUE CONDUCE ESTA AGUA A LA LAGUNA LLACSACOCCHA
S-6 **	344 471,5	8 779 775,0	18	4 605	AGUA ESIDUAL PROVENIENTE DE LA CANCHA DE EMERGENCIA PARA ALMACENAR AGUA DECANTADA DE RELAVES
S-6 (i)**	345 267	8 780 196	18	4635	PULPA DE RELAVE PROVENIENTE DE NIDO DE HIDROCICLONES EN PLANTA DE RELLENO HIDRÁULICO EN PLANTA DE BENEFICIO
E-10*	343 897,8	8 780 868,0	18	4 600	DESCARGA DE AGUA QUE ES BOMBEO DE LA LAGUNA NATICOCHA CENTRO HACIA NATICOCHA NORTE
S-1= S-2*	344 826,0	8 780 545,0	18	4 678	AGUA DE LA LAGUNA NATICOCHA SUR UBICADA EN LA DESCARGA AL TANQUE PRINCIPAL DE DISTRIBUCION.

\*Son CUERPOS RECEPTORES, Ley de aguas N° 17752, Clase VI.

\*\*Son EFLUENTES, RM. N° 011-96-EM/VMM

Todas se van a mantener a excepción del E-2, ya que este pasa a integrarse al S-6, por donde se verterá el efluente del Sistema de Tratamiento Integral de Aguas Residuales Industriales.

Por razones de control operativo debemos mantener el muestreo de los dos puntos adicionales que son el efluente crudo de las aguas de mina por el Nv 610 y el ingreso crudo de pulpa de relaves al proceso de separación sólido líquido. Estos seguirán identificados como E-2 (i) y S-6 (i) y su seguimiento y análisis es para verificar la eficiencia de funcionamiento de cada una de las operaciones.

Debemos hacer notar que la estación de monitoreo S-6, no ha registrado flujo durante el periodo de monitoreo ya que las aguas decantadas y clarificadas del depósito de relaves N° 2, están siendo recirculadas en su totalidad.

Con el nuevo proceso de tratamiento integral de aguas residuales industriales, el cuerpo receptor va a ser el Canal de Trasvase, el cual descarga en la laguna Naticocha Norte, por lo que tenemos que considerar el efecto que tendrá el vertimiento sobre este cuerpo de agua. Para tal fin tenemos que considerar y realizar el muestreo 50 m antes (E-1) y 50 m después del punto de vertimiento(M-4), de acuerdo a los protocolos de monitoreo de calidad de aguas y una vez que se ponga en marcha el nuevo proceso.

#### **IV.3.3 FRECUENCIA DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.**

La unidad Minera Animón para un control adecuado de estas aguas ha establecido la siguiente frecuencia

- pH, Conductividad, temperatura, caudal                      quincenal
- Análisis Físico y Químico    mensual

#### **IV.3.4 PARÁMETROS CONSIDERADOS EN CADA PUNTO DE MONITOREO**

Los parámetros que serán analizados son Plomo, Zinc, Cobre, Arsénico, Hierro, Manganeso, Cianuro WAD, Cromo y Cadmio.



Asimismo, los parámetros de campo (Flujo, pH, conductividad, temperatura), serán tomados in situ por nuestro personal.

#### **IV.3.5 REPORTE**

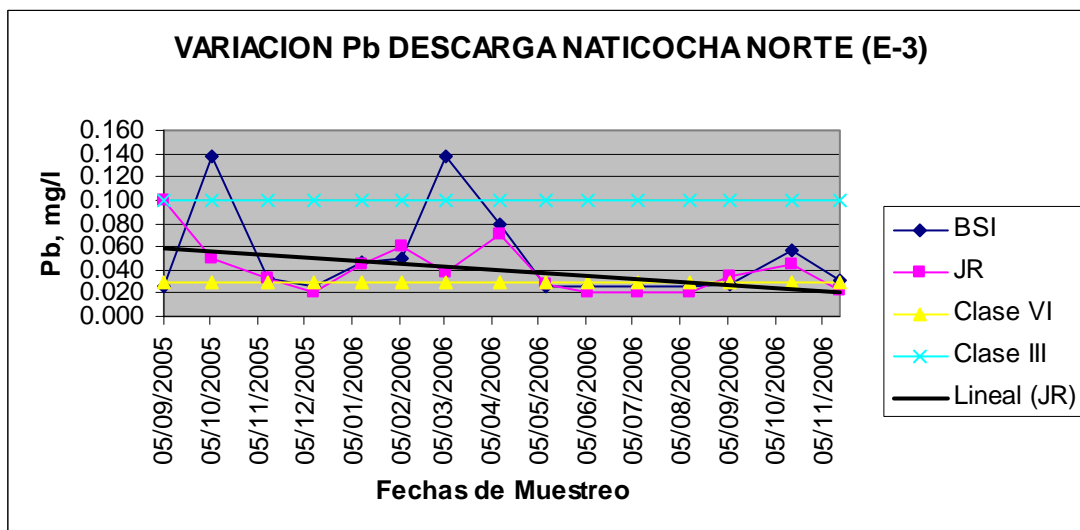
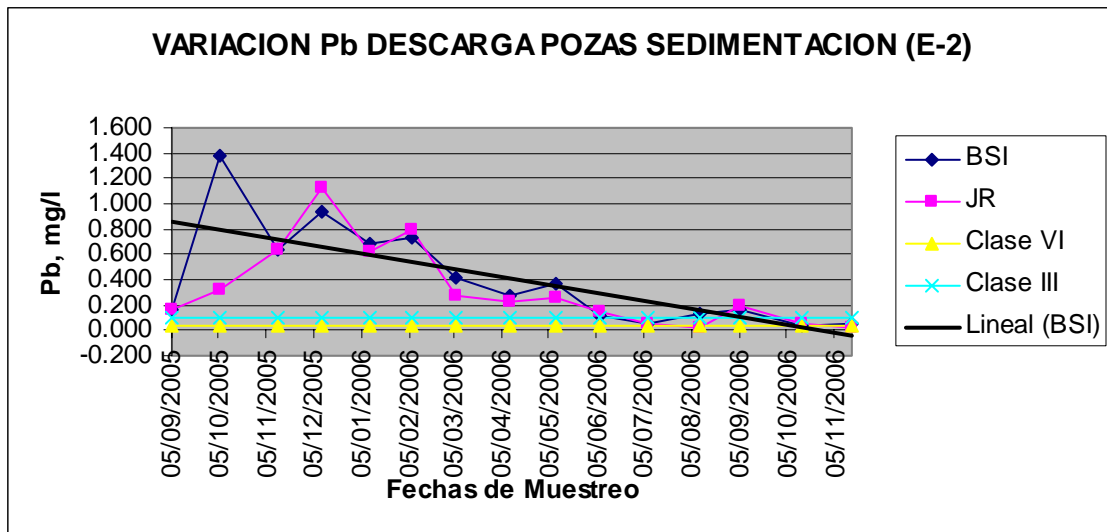
Los resultados del monitoreo son informados al Ministerio de Energía y Minas, de acuerdo a las indicaciones dadas en la RM N° 011-96-EM/VMM (Trimestralmente).

También vamos a mantener la solicitud de la DIGESA en su Resolución Directoral N° 1082/2005/DIGESA/SA, artículo 2, de presentar los reportes de monitoreo de los vertimientos de las aguas de la planta de tratamiento integral de aguas residuales industriales, así como de los cuerpos receptores laguna Naticocha Norte, Centro y Sur, así como de la laguna Huaroncocha, con una frecuencia trimestral.

#### **IV.3.6 COMENTARIO DE LOS RESULTADOS ESPERADOS**

El muestreo realizado durante el periodo 2005 - 2006, muestra los esfuerzos que ha realizado Empresa Administradora Chungar SAC, en lo que concierne al tratamiento de las aguas que salen de interior mina por el Nivel 610, con las pozas de sedimentación, que como comentamos es un proceso semi batch y no es un circuito abierto como el que estamos implementando para el tratamiento integral de tratamiento de aguas residuales industriales. No mostramos los resultados del agua decantada del depósito de relaves (E-5), porque esta es recirculada en su totalidad a la planta de beneficio, pero definitivamente mejorara con el nuevo proceso que se va a implementar.

Los siguientes gráficos muestran la tendencia de mejoría de los resultados alcanzados en el tratamiento de las aguas de mina (E-2), lo que se traduce también en la mejora de la calidad de las aguas que salen de la laguna Naticocha Norte hacia la laguna Llacsacocha (E-3).

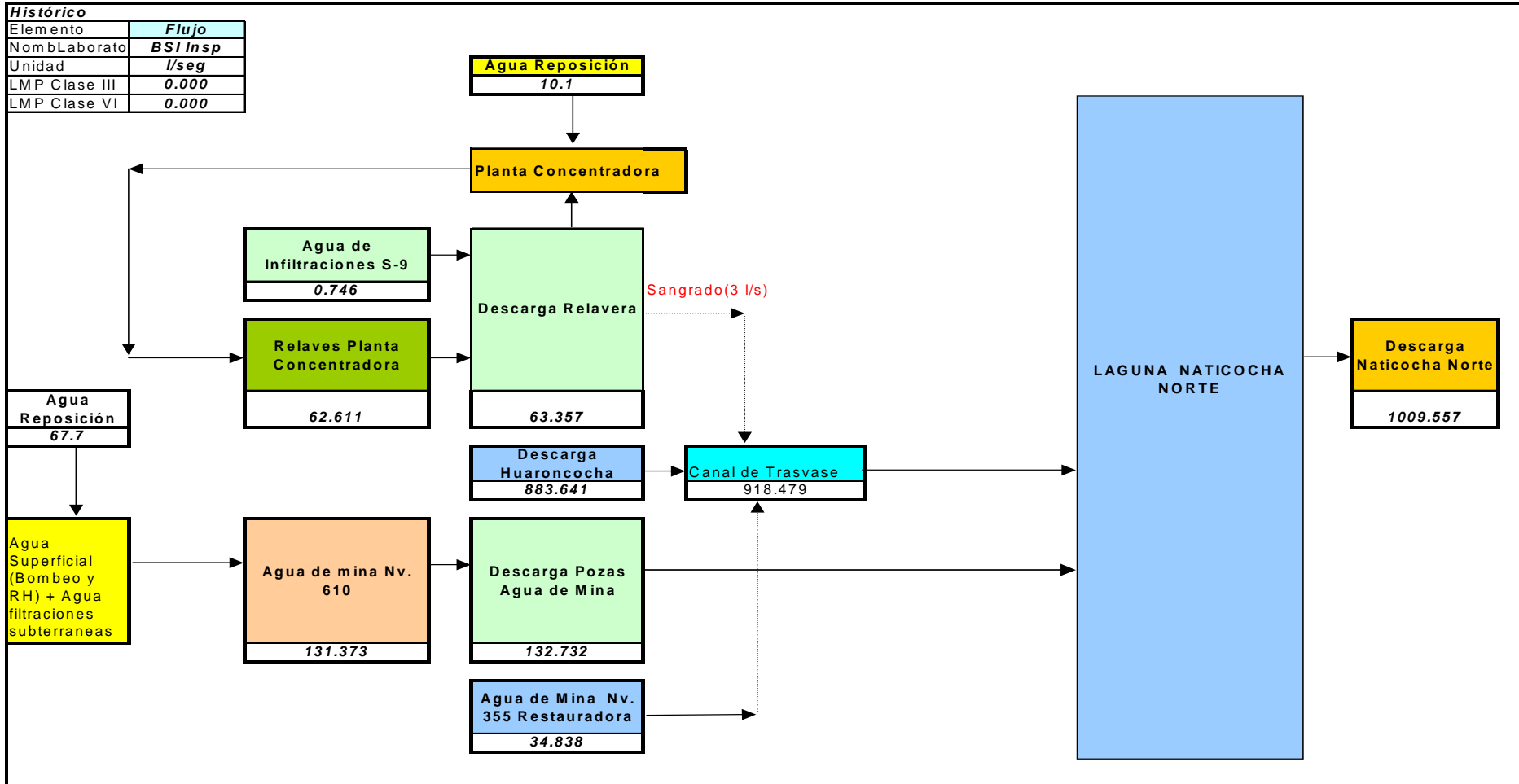


En los diagramas de bloques IV.3 y IV.4 se observa la situación actual del tratamiento de los efluentes de la unidad de Animon, donde se muestra el promedio de 0,049 mg/l de plomo total en la descarga de la laguna Naticocha Norte, que irá disminuyendo con el tratamiento integrado que se esta implementando.

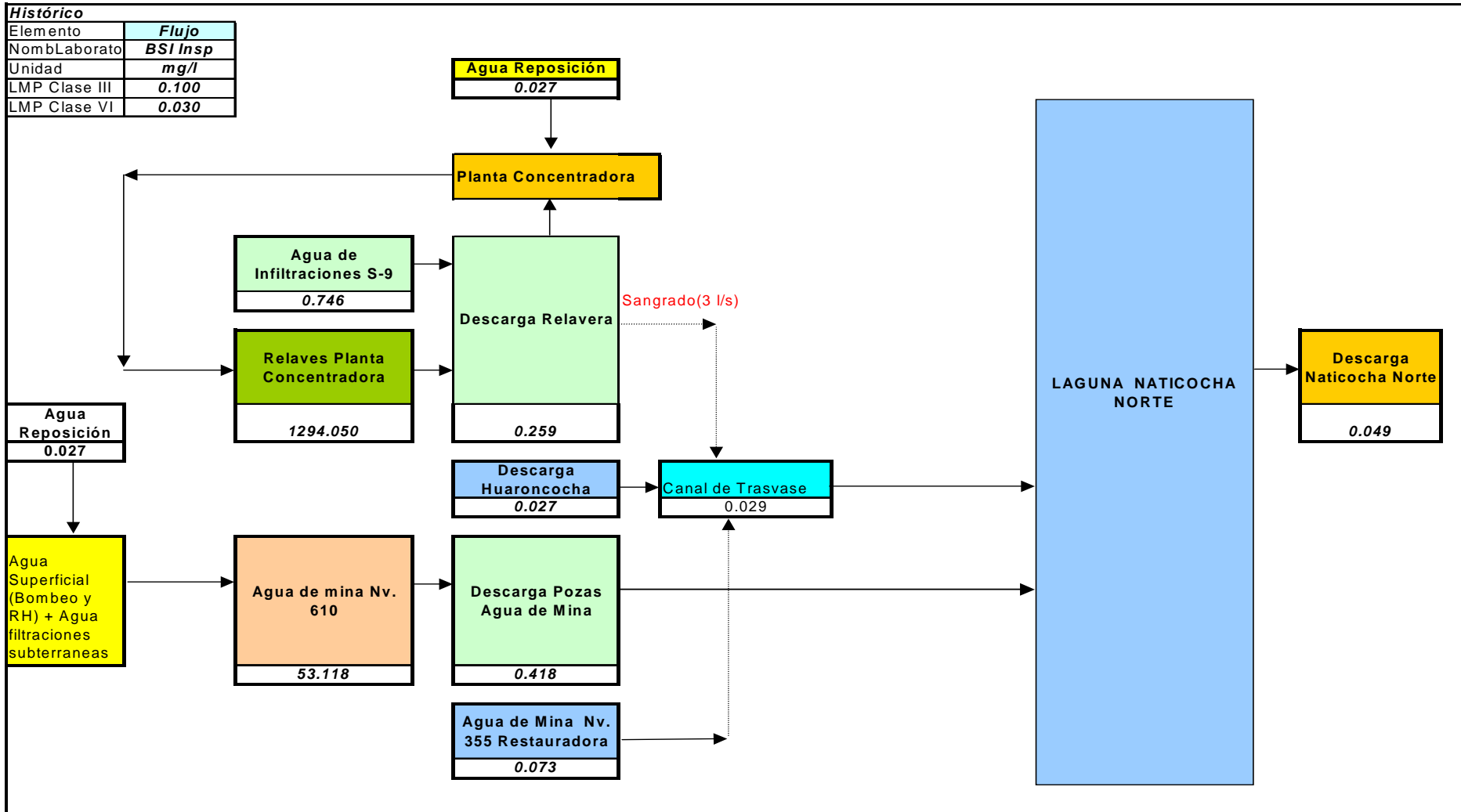




**Diagrama IV.3:** Diagrama de Bloques del Manejo de las Aguas Actual Balanceado con Data Histórica de Monitoreo presentado a la DIGESA: Balance de **Flujos**.



**Diagrama IV.4:** Diagrama de Bloques del Manejo de las Aguas Actual Balanceado con Data Histórica de Monitoreo presentado a la DIGESA: Balance de **Plomo Total**.



# **CAPITULO V**

## **VENTAJAS, INVERSION Y CRONOGRAMA**

### **V.1 VENTAJAS GENERALES DEL PROYECTO**

- Debido a la calidad de agua, 7 NTU, es posible el empleo económico de resinas selectivas de intercambio iónico para reducir aún mas los niveles de los metales pesados disueltos que están sobre el estándar.
- El agua recuperada del tratamiento conjunto de agua de mina y relave total reporta un pH de aprox. 8,7, valor que está dentro de lo permitido (6,0 – 9,0).
- La pasta producida por el tratamiento integral de agua de mina y relave de la planta de beneficio podrá ser empleada tanto para disposición superficial como para relleno en mina con estándares superiores a las prácticas actuales.
- La disposición de pasta en la actual relavera favorecerá la eficiencia de almacenamiento, mejorará la percepción de las comunidades, incrementará la vida útil de la actual área, disminuirá los valores de metales disueltos en el agua recuperada, disminuirá el riesgo de licuefacción, los costos de material retenido y levantamiento del dique.

Adicionalmente, liberará el uso de maquinaria pesada destinada a actividades de producción y remediación ambiental.

- Para potencial aplicación de la pasta como relleno estructural, de acuerdo a la producción proyectada del tratamiento conjunto agua de mina y relave total, se producirá alrededor de 80 m<sup>3</sup>-hr de pasta con 78% - 80% de sólidos en peso, este flujo de relleno permitirá:

Primero, reducir el tiempo de relleno a aproximadamente 13 horas en tajos de 1 000 m<sup>3</sup>. Segundo, incrementar las resistencias estructurales en mina de acuerdo a lo requerido; según la relación %de cemento vs

tiempo de fraguado. Adicionalmente, permitirá la reducción de la dilución, costos de sostenimiento e inventario de agua interior mina.

- Si el propósito de la aplicación de pasta no fuera netamente estructural se podrá rellenar los dos últimos 2 metros de relleno, techo de labor, con pasta cementada diferenciada reduciendo de esta manera el costo de cemento.

Sin embargo, es recomendable considerar como primera fase de la implementación el tratamiento conjunto agua de mina con relaves de concentradora para disposición superficial.

- El costo aproximado de floculación y sedimentación gravitacional de tratamiento conjunto, agua de mina y relave concentradora será de 0,13 US\$/tms y 0,024 US\$/m<sup>3</sup>. Si consideramos el proceso de neutralización y uso de resinas de intercambio iónico, el costo se incrementara a 0,152 US\$/tms y 0,027 US\$/m<sup>3</sup>.
- Se debe enfatizar la conveniencia de diseñar las cuatro fases del proyecto: Clarificación, preparación, transporte y disposición de la pasta como un sistema con el reconocimiento que las varianzas de la reología que existe en cada fase.

## **V.2 INVERSION Y CRONOGRAMA DE EJECUCION**

### **V.2.1 INVERSION A REALIZAR**

Como se puede apreciar en las tablas abajo mostradas, además de tener una propuesta de mejor manejo técnico y minimizar impactos ambientales, el proyecto de tratamiento integral de aguas residuales industriales requiere de una inversión, que será recuperada una vez se implementen los proyectos de relleno en pasta.



<b>Presupuesto Propuesto el 2006 (\$)</b>		<b>Presupuesto Actual Aprobado con AGI N° 29 / 29-1 (\$)</b>	
<b>A.</b> Planta de Neutralización y coagulación.	283 185,00	A. Espesador Cono Profundo	764 000, 00
<b>B.</b> Bombeo de lodos	16 000,00	B. Accesorios de Control Importados	216 236,00
<b>C.</b> Bombeo de aguas.	83 948,00	C. Sistema motriz y planta de floculante	310 200,00
<b>D.</b> Repotenciación Sub estación	0	D. MCC (Motor Control Center)	252 000,00
<b>E.</b> Obras Civiles	NC	E. Obras Civiles	NC
<b>Total (\$)</b>	<b>383 133,00</b>		<b>1 552 436,00</b>

## V.2.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Adjuntamos como anexo 3 el cronograma de actividades que se seguirá para la implementación y puesta en marcha de la planta de tratamiento integral de aguas residuales industriales.

# **CAPITULO VI**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **VI.1 CONCLUSIONES**

Este es un proyecto muy amigable con el medio ambiente por las siguientes razones:

1. Propone la recirculación de las aguas industriales tratadas a los procesos de planta de beneficio y de mina, con lo se disminuye el consumo de agua fresca en las operaciones minero metalúrgicas.
2. Preserva las fuentes naturales de agua para su utilización racional futura por parte de las comunidades del entorno, la empresa y del estado.
3. Conserva la calidad natural del agua de los cuerpos receptores al disminuir los vertimientos industriales.
4. Minimiza el impacto ambiental producido por el almacenamiento de los relaves en pasta ya sea en el deposito actual así como al interior de la mina.
5. Evita el impacto ambiental de un nuevo deposito de relaves al incrementar la vida útil de la cancha de relaves actual.
6. Previene el impacto ambiental al aire al almacenar relave en pasta con propiedades que disminuyen la formación de polvos sobre la superficie del deposito de relaves.

### **VI.2 RECOMENDACIONES**

- Se realice el estudio complementario de disposición de relleno en pasta, como valor agregado del proyecto.
- Se realice estudios de reuso del vertimiento para el riego de zonas reforestadas, una vez que alcance la calidad III, de la Ley General de Aguas 17752.

## BIBLIOGRAFIA

- Taggart, A.F., Handbook of Mineral Dressing, N.Y.Wiley, 1945
- S.V. Dudenhov, Fundamentos de la Teoria y Practica de Empleo de Reactivos d Flotacion, , MIR 1980
- G. Tyller Millar, Jr, Ecologia y Medio Ambiente, Grupo Editorial Iberoamerica, 1994
- Larry W. Canter, Manual de Evaluacion de Impacto Ambiental, Mc Graw Hill 1998.
- Antonio Carlos Rossin, Impacto Ambiental en Proyectos de Inversion, 1998.
- Wikilibros, Ingenieria de Aguas Residuales, Tratamiento Fisico Quimico.
- [www.agua-latina](http://www.agua-latina.info) .info, Drescripcion de Procesos.
- Consulcont SAC, Pruebas de Tratamiento de Efluente Turbio de Mina y Efluente Alcalino de Planta, UM Chungar, 2006.
- Dorr Oliver EIMCO, Reporte de Tratamiento de Efluentes de Agua de Mina y Relaves de Concentradora , Minera Chungar, 2006.
- Ministerio de Energia y Minas del Peru, Protocolos de Monitoreo de Calidad de Aguas.