

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA
MINERA Y METALURGICA**

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica



**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS EXCEDENTES
EXCESS WATER TREATMENT PLANT
(EWTP)**

INFORME DE INGENIERIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO METALURGICO**

PRESENTADO POR:

MARIO MARTIN ALFONSO GONZALEZ FIGUEROLA

**Lima – Perú
2005**

PRÓLOGO

Los que nos dedicamos al desarrollo de la Ingeniería Metalúrgica en el Perú, no solamente desde un punto de vista académico, sino además de la producción, hemos entendido que el manejo de bibliografía procesada facilita la captación de conocimientos. Debe entenderse que el desarrollo de esta actividad es el reflejo de la formación profesional que recibí como estudiante, la cual me sirvió para ligarme con la realidad nacional, por lo que, los patrones matemáticos de las diferentes operaciones y procesos deben ser captados en forma sencilla y practica.

No es difícil comprender que el momento que se vive en nuestro país es la consecuencia de la adaptación básica de tecnología educativa de otras realidades nacionales y no la nuestra, por lo que se hace necesario desarrollar nuestros propios métodos que permiten acelerar la transferencia de conocimientos y por ende de tecnología avanzada en forma sencilla y eficaz.

El lector hallara en este informe un resumen de mi experiencia profesional adquirida en al Plantas de Tratamiento de Aguas Excedentes de Minera Yanacocha SRL en forma razonada permitiendo de esta manera que el lector entienda fácilmente las operaciones que realizamos en estas Plantas.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Alberto Vargas R., por sus comentarios y sugerencias.

A mi esposa Gabriela, en especial, por su constante soporte.

A mis padres Nelly y Wladimir por su incondicional apoyo.

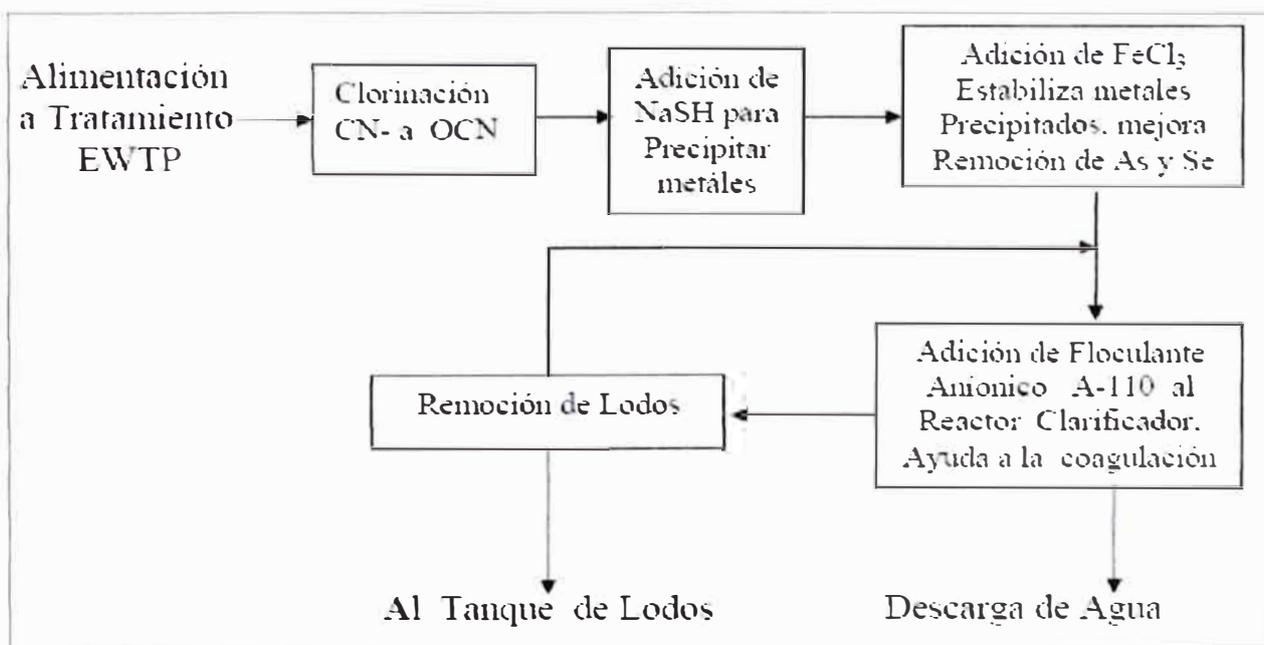
INDICE

		Pág.
	Resumen	3
1	Introducción	4
2	Planta de Tratamiento de Aguas de Excesos (EWTP)	10
	2.1 Descripción detallada del proceso	10
	2.2 Reactivos Empleados	15
	2.3 Reacciones Químicas en el Sistema	20
	2.4 Preparación de reactivos	24
3	Operación de la planta	26
	3.1 Operación del Sistema de Cloración	29
	3.2 Instrucciones para manejo seguro de Cloro	41
4	Plan de Contingencias	43
	4.1 Equipo de Seguridad	46
	4.2 Hoja Informativa del Cloro	55
	4.3 Efecto del cloro sobre la Salud	57
	4.4 Efecto del cloro sobre el Medio Ambiente	58
	4.5 Manejo de sistema by-pass en plantas de cloro	59
	4.6 Procedimiento para detener el Tráfico por escape de Cl ₂	62
5	Innovaciones tecnológicas	63
	5.1 Analizador de mercurio pa-1	63
	5.2 Analizadores en línea CN WAD	74
6	Conclusiones	82
7	Referencias	83
8	Anexos	84

RESUMEN

La Planta de Tratamiento de Aguas de Excesos, conocida también por las siglas en inglés de EWTP (Excess Water Treatment Plant) tiene por objetivo tratar solución Barren proveniente de la planta de Merrill-Crowe para reducir el contenido de cianuro así como los metales disueltos en la solución y clarificar el agua tratada para cumplir con las exigencias que establece el Ministerio de Energía y Minas (MEM) y el Organismo Mundial de Salud (OMS) en cuanto a límites de descarga permisibles. Una vez alcanzados los niveles establecidos, y con la aprobación del área interna de Control de Calidad, el agua tratada se descarga al Medio Ambiente. El tratamiento emplea Cloro gaseoso para destruir el Cianuro. Los metales son precipitados como sulfuros usando Hidrosulfuro de Sodio (NaSH). Se utiliza además el Cloruro Férrico (FeCl_3) como una ayuda para estabilizar los metales precipitados y como un posible medio para mejorar la remoción del Arsénico y del Selenio, por formación de complejos insolubles con hidróxidos férricos cargados. El esquema del Tratamiento de Aguas de Excesos se muestra a continuación en la figura 1.

Figura 1. Esquema de Tratamiento de Aguas de Excesos



1 INTRODUCCION

Antecedentes

Minera Yanacocha S.R.L. es una empresa Joint Venture que fue la primera inversión extranjera en el Perú en cerca de 20 años. Es la más grande productora de oro a nivel mundial. En esta sociedad participan la Compañía aurífera estadounidense Newmont Gold Company con 51.35% y que es la tercer productora mundial de Oro, y la compañía local Compañía Minas Buenaventura S.A. con 43.65%, que es el mayor productor poli metálico del Perú. El 5% restante, pertenece a la Corporación Financiera Internacional (IFC) una agencia del banco mundial.

Ubicación

Ubicada en la parte norte del cordón montañoso de Los Andes Peruanos, más arriba de Cajamarca en el departamento del mismo nombre, a 4200 msnm. Minera Yanacocha consiste en varias minas que se explotan a tajo abierto y cuenta con instalaciones de procesamiento metalúrgico para extraer y recuperar el Oro y Plata contenidos en el yacimiento de mineral. El proceso metalúrgico, incluye las operaciones, lixiviación en pilas (tecnología de relleno de valle), recuperación de Oro y Plata (proceso Merrill Crowe) y Fundición. Actualmente se ha instalado adicionalmente una planta de Carbón Activado y una planta de Trituración-Aglomeración. La Figura 2 muestra las instalaciones de Minera Yanacocha.

Geología y Mineralización

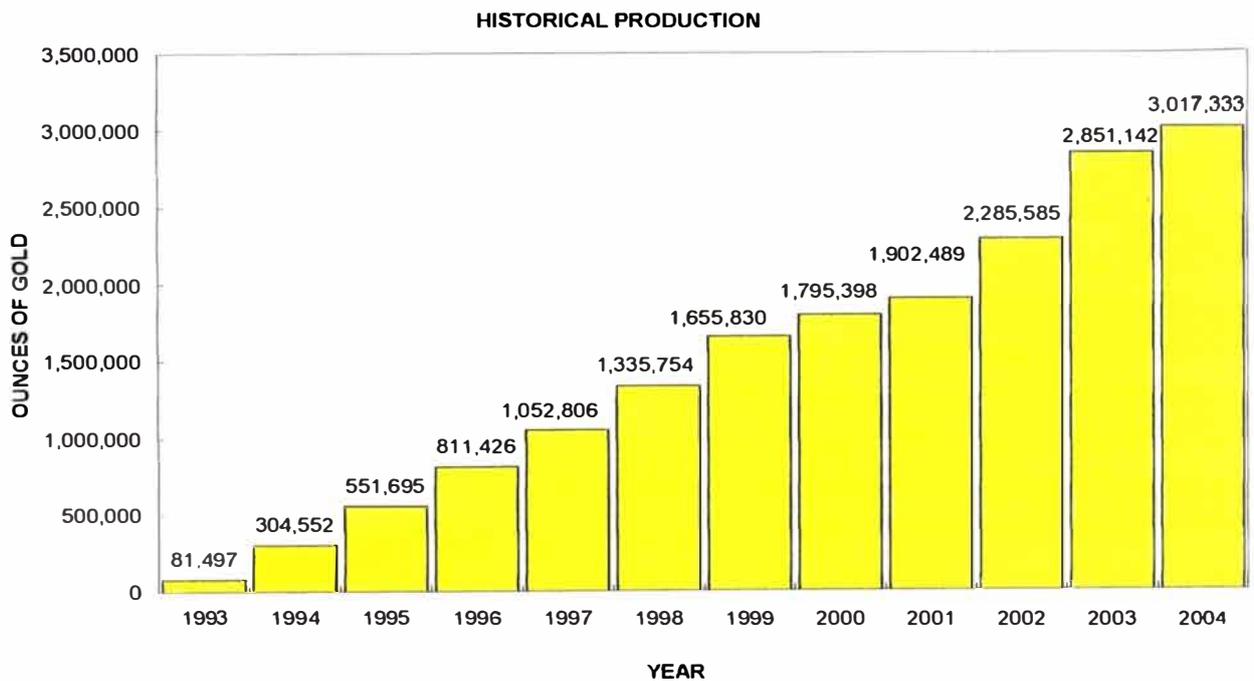
Minera Yanacocha consiste en un complejo de yacimientos hidrotermales de oro diseminado de alta sulfuración, del tipo ácido-sulfato, desarrollado dentro de un vulcanismo calco-alcalino de composición andesítica a dacítica de edad Mioceno, perteneciente a la Formación Porculla dentro del Grupo Calipuy. Las secuencias mineralógicas, los cuales contienen cantidades significativas de Plata, tienen una extensa alteración argílica que ha originado zonas silicosas con alto contenido de Oro.

Figura 2. Instalaciones de Minera Yanacocha



Reservas y Producción

La producción del año 2003 alcanzó los 2.85 millones de onzas de oro, la producción del año 2004 los 3.02 millones de onzas de oro, y se espera una producción alrededor de 3.0 millones de onzas de oro para el año 2005; por tanto, la producción de oro en los 12 años de operación de Minera Yanacocha SRL ha crecido con una alta pendiente, lo cual la convierte en la primera Compañía Minero Metalurgia del Perú, siendo el mayor generador de divisas actualmente. La grafica 1 muestra la producción histórica de Minera Yanacocha SRL desde el inicio de sus operaciones en 1993.



Grafica 1

Descripción general del proceso metalúrgico

Actualmente se están explotando los yacimientos auríferos de Carachugo y Cerro Yanacocha. Los yacimientos son explotados mediante el método de tajo abierto (open pit). En la etapa de perforación se utilizan brocas de 7 7/8" (20cm) de diámetro, para luego realizarse la voladura utilizando principalmente ANFO (Ammonium Nitrate – Fuel Oil) El material así obtenido es transportado directamente a las canchas de lixiviación (Pads) por medio de camiones Haulpack Caterpillar, pues dadas las condiciones porosas del mineral no es necesario el proceso de chancado y molienda.

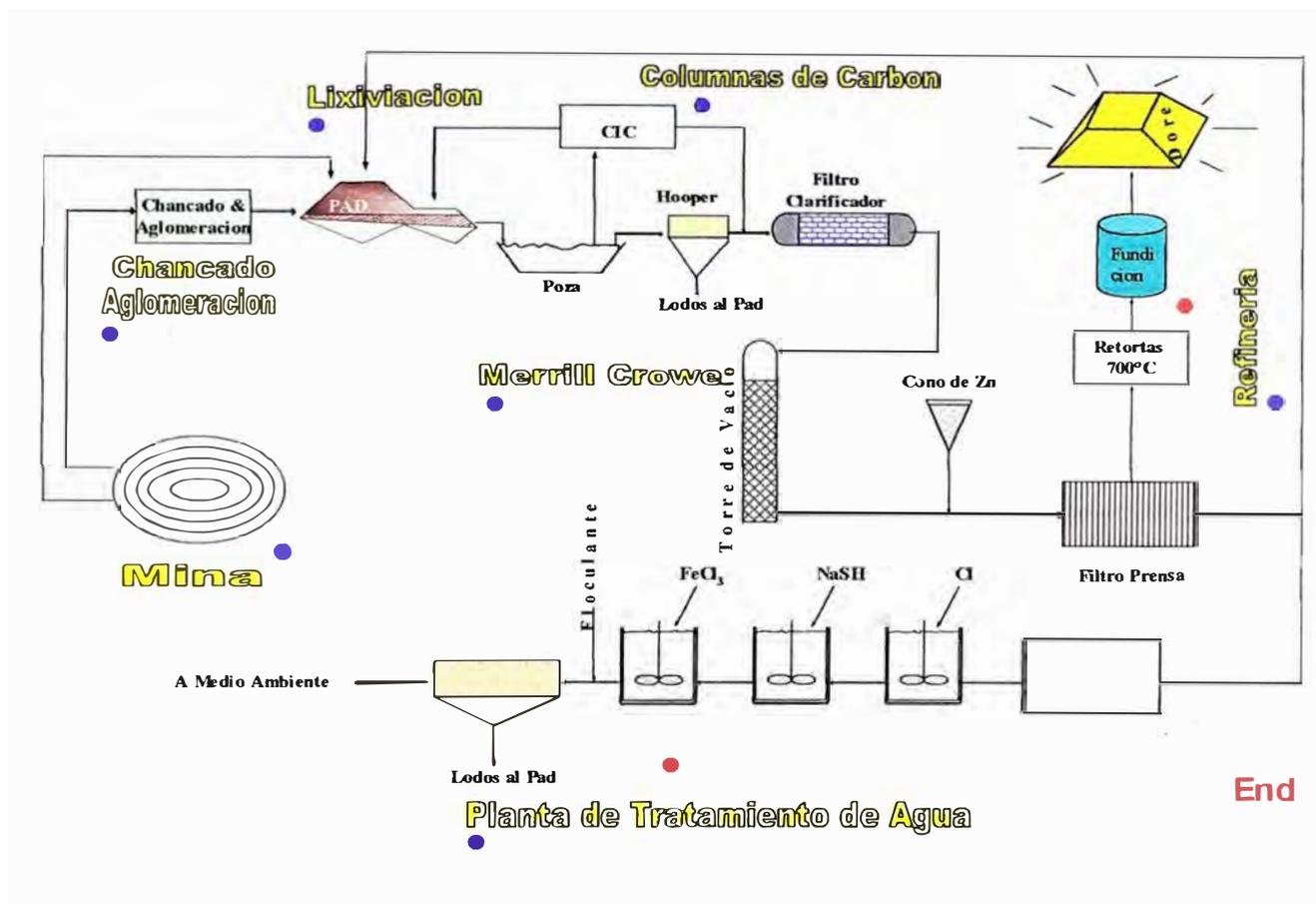
En los Pads se realiza la lixiviación, es decir la disolución del Oro y Plata por efecto del Cianuro de Sodio. Este proceso se inicia con la preparación de una solución de Cianuro de Sodio que se bombea a través de tuberías para regar por goteo el área superficial del Pad. Para prevenir la contaminación del medio ambiente, la base del Pad se reviste con capas impermeables de geomembrana, lo cual evita la filtración de la solución al subsuelo.

La solución cianurada atraviesa todas las capas de mineral, disolviendo el Oro y la Plata, siendo finalmente colectada en la parte inferior del Pad y conducidas luego por canales a las pozas de solución rica, de donde es enviada a la Planta de Procesos en la cual se emplea el método Merrill-Crowe para precipitar el Oro y la Plata. Este precipitado es colectado en Filtros Prensa, secado en retortas y es fundido para obtener finalmente barras de Doré con un contenido de 70% Au y 30% Ag. El Diagrama de Flujo General del Proceso Metalúrgico en Minera Yanacocha se muestra en la Figura 3.

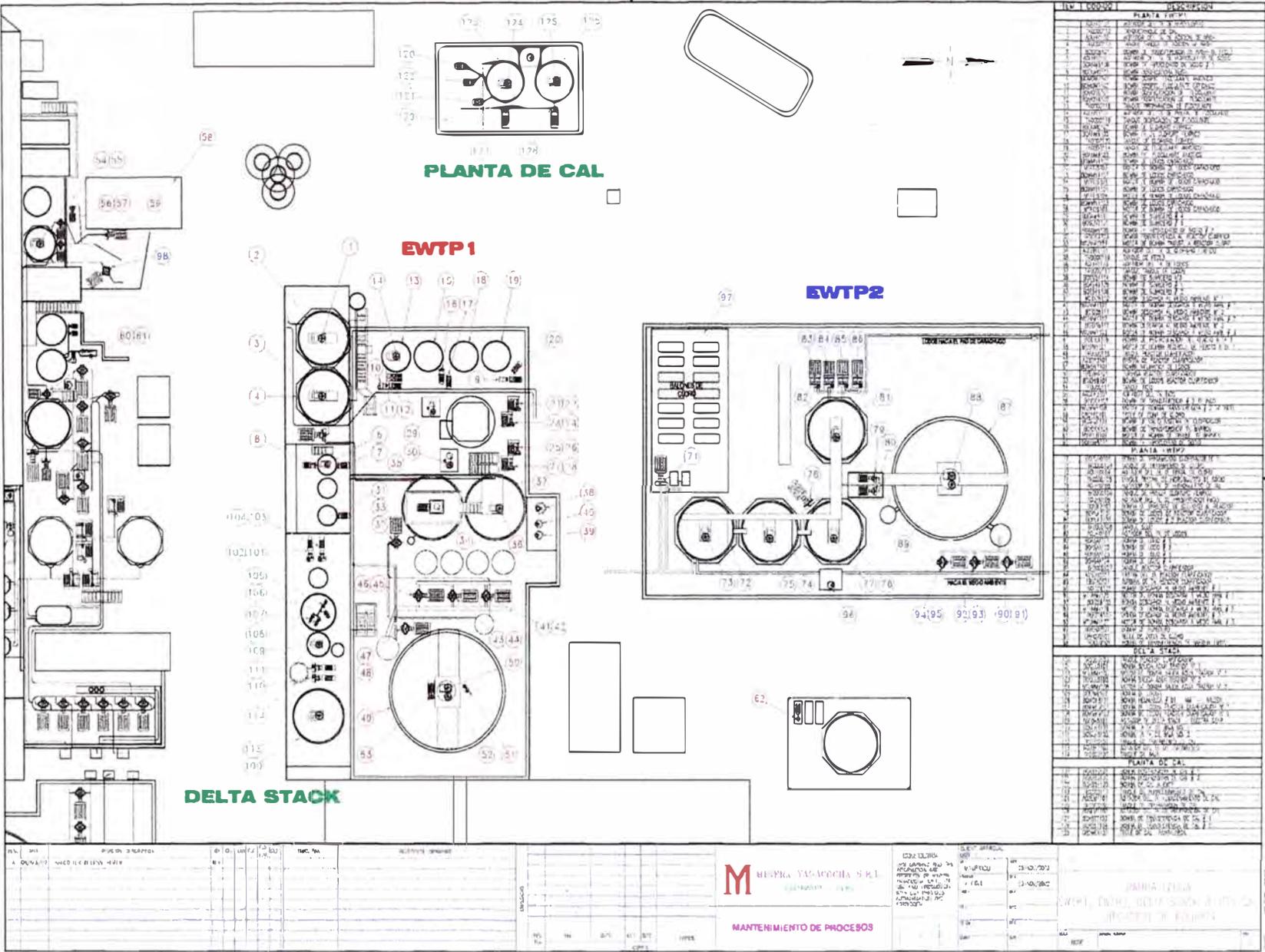
Una vez que el Pad llegue a su capacidad límite, y el proceso de extracción concluya, se procede al lavado de residuos de cianuro mediante agua, para luego recubrirlo con suelo orgánico (Top Soil) y efectuar la reforestación.

Figura 3. Diagrama de Flujo del Proceso Metalúrgico en Minera Yanacocha.

Flowsheet de Procesos



Layout Planta Pampa Larga



ITEM	DESCRIPCION
1	PLANTA DE CAL
2	PLANTA DE CAL
3	PLANTA DE CAL
4	PLANTA DE CAL
5	PLANTA DE CAL
6	PLANTA DE CAL
7	PLANTA DE CAL
8	PLANTA DE CAL
9	PLANTA DE CAL
10	PLANTA DE CAL
11	PLANTA DE CAL
12	PLANTA DE CAL
13	PLANTA DE CAL
14	PLANTA DE CAL
15	PLANTA DE CAL
16	PLANTA DE CAL
17	PLANTA DE CAL
18	PLANTA DE CAL
19	PLANTA DE CAL
20	PLANTA DE CAL
21	PLANTA DE CAL
22	PLANTA DE CAL
23	PLANTA DE CAL
24	PLANTA DE CAL
25	PLANTA DE CAL
26	PLANTA DE CAL
27	PLANTA DE CAL
28	PLANTA DE CAL
29	PLANTA DE CAL
30	PLANTA DE CAL
31	PLANTA DE CAL
32	PLANTA DE CAL
33	PLANTA DE CAL
34	PLANTA DE CAL
35	PLANTA DE CAL
36	PLANTA DE CAL
37	PLANTA DE CAL
38	PLANTA DE CAL
39	PLANTA DE CAL
40	PLANTA DE CAL
41	PLANTA DE CAL
42	PLANTA DE CAL
43	PLANTA DE CAL
44	PLANTA DE CAL
45	PLANTA DE CAL
46	PLANTA DE CAL
47	PLANTA DE CAL
48	PLANTA DE CAL
49	PLANTA DE CAL
50	PLANTA DE CAL
51	PLANTA DE CAL
52	PLANTA DE CAL
53	PLANTA DE CAL
54	PLANTA DE CAL
55	PLANTA DE CAL
56	PLANTA DE CAL
57	PLANTA DE CAL
58	PLANTA DE CAL
59	PLANTA DE CAL
60	PLANTA DE CAL
61	PLANTA DE CAL
62	PLANTA DE CAL
63	PLANTA DE CAL
64	PLANTA DE CAL
65	PLANTA DE CAL
66	PLANTA DE CAL
67	PLANTA DE CAL
68	PLANTA DE CAL
69	PLANTA DE CAL
70	PLANTA DE CAL
71	PLANTA DE CAL
72	PLANTA DE CAL
73	PLANTA DE CAL
74	PLANTA DE CAL
75	PLANTA DE CAL
76	PLANTA DE CAL
77	PLANTA DE CAL
78	PLANTA DE CAL
79	PLANTA DE CAL
80	PLANTA DE CAL
81	PLANTA DE CAL
82	PLANTA DE CAL
83	PLANTA DE CAL
84	PLANTA DE CAL
85	PLANTA DE CAL
86	PLANTA DE CAL
87	PLANTA DE CAL
88	PLANTA DE CAL
89	PLANTA DE CAL
90	PLANTA DE CAL
91	PLANTA DE CAL
92	PLANTA DE CAL
93	PLANTA DE CAL
94	PLANTA DE CAL
95	PLANTA DE CAL
96	PLANTA DE CAL
97	PLANTA DE CAL
98	PLANTA DE CAL
99	PLANTA DE CAL
100	PLANTA DE CAL

ITEM	DESCRIPCION
101	PLANTA DE CAL
102	PLANTA DE CAL
103	PLANTA DE CAL
104	PLANTA DE CAL
105	PLANTA DE CAL
106	PLANTA DE CAL
107	PLANTA DE CAL
108	PLANTA DE CAL
109	PLANTA DE CAL
110	PLANTA DE CAL
111	PLANTA DE CAL
112	PLANTA DE CAL
113	PLANTA DE CAL
114	PLANTA DE CAL
115	PLANTA DE CAL
116	PLANTA DE CAL
117	PLANTA DE CAL
118	PLANTA DE CAL
119	PLANTA DE CAL
120	PLANTA DE CAL
121	PLANTA DE CAL
122	PLANTA DE CAL
123	PLANTA DE CAL
124	PLANTA DE CAL
125	PLANTA DE CAL
126	PLANTA DE CAL
127	PLANTA DE CAL
128	PLANTA DE CAL
129	PLANTA DE CAL
130	PLANTA DE CAL
131	PLANTA DE CAL
132	PLANTA DE CAL
133	PLANTA DE CAL
134	PLANTA DE CAL
135	PLANTA DE CAL
136	PLANTA DE CAL
137	PLANTA DE CAL
138	PLANTA DE CAL
139	PLANTA DE CAL
140	PLANTA DE CAL
141	PLANTA DE CAL
142	PLANTA DE CAL
143	PLANTA DE CAL
144	PLANTA DE CAL
145	PLANTA DE CAL
146	PLANTA DE CAL
147	PLANTA DE CAL
148	PLANTA DE CAL
149	PLANTA DE CAL
150	PLANTA DE CAL

<p>M MIERA YASAYOCHA S.R.L.</p> <p>MANTENIMIENTO DE PROCESOS</p>	<p>FECHA: 13/10/2012</p> <p>PROYECTO: PLANTA DE CAL</p> <p>CLIENTE: MIERA YASAYOCHA S.R.L.</p> <p>UBICACION: PAMPA LARGA</p>	<p>PROYECTISTA: [Nombre]</p> <p>REVISOR: [Nombre]</p> <p>APROBADO: [Nombre]</p> <p>FECHA: 13/10/2012</p>
---	--	--

2. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE EXCESOS

Excess water treatment plant (EWTP)

2.1 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO:

El área de EWTP, zona oeste, cuenta en la actualidad con dos plantas de tratamiento de aguas de excesos de 500m³ cada una. Ambas plantas son iguales y tienen las mismas características. En cada planta de EWTP, el tratamiento de la solución Barren proveniente de la planta Merrill-Crowe y que contiene hasta 35ppm de Cianuro libre, comienza con el bombeo de esta solución hacia el Tanque de Detoxificación. La detoxificación de la solución Barren se hace mediante la inyección de gas Cloro. Este gas es introducido al sistema por medio de presión de vacío (creado por una línea de solución Barren) la cual hace que el Cloro se disuelva y pueda entrar al proceso. El Tanque de Detoxificación tiene 100m³ de capacidad. Figura 4. Es importante controlar el pH en este punto, puesto que la reacción es eficiente a un pH entre 9.5 y 10.5. Se utiliza lechada de cal para controlar el pH.

Figura 4. Tanque de destrucción de cianuro.



Luego, la solución tratada pasa por rebose al Tanque de Precipitación de Metales (también de 100m³ de capacidad) en donde se agrega Hidrosulfuro de Sodio (NaSH) en solución con el fin de precipitar los metales disueltos en la solución, principalmente el Mercurio. Figura 5. Estos metales precipitan de la solución bajo la forma de sulfuros insolubles.

Figura 5. Tanque de precipitación de metales disueltos.



Después de esta etapa, la solución tratada pasa a un tercer Tanque (también de 100m³ de capacidad) en donde se agrega Cloruro Férrico (FeCl₃) en solución con el fin ayudar a estabilizar los sulfuros precipitados dado que es un coagulante. Figura 6. Asimismo facilita la remoción de complejos insolubles formados con hidróxidos férricos. Cada Tanque tiene un tiempo de residencia de 10 min. (aprox.) para un flujo de 500m³.

Figura 6. Tanque de Cloruro Ferrico.



La última etapa del proceso, es la clarificación del agua tratada la cual se hace en un Reactor Clarificador de 22.5m de diámetro. Figura 7. En esta etapa se le agrega Floculante Aniónico a fin de separar los sulfuros precipitados del agua tratada. Los sólidos se descargan del reactor en la forma de lodos, los cuales son bombeados al Tanque de Lodos de la Planta Merrill-Crowe y de ahí es descargado al Pad de lixiviación.

Figura 7. Reactor Clarificador.

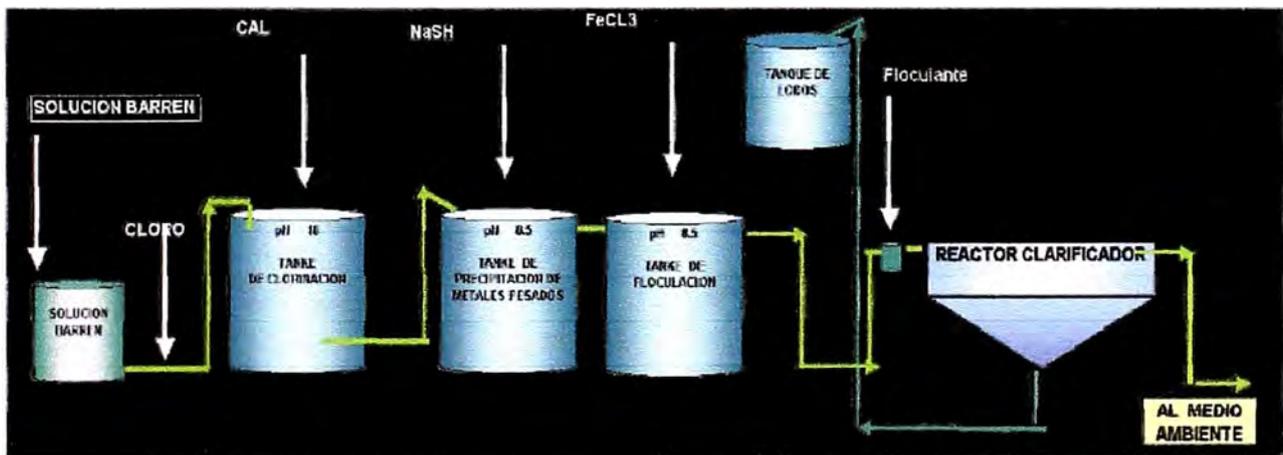


El agua tratada y clara (sin sólidos en suspensión) pasa por rebose a una piscina, en donde es bombeada al Medio Ambiente, si es que cumple con las normas que establece y exige el Ministerio de Energía y Minas (MEM) y el Organismo Mundial de Salud (OMS) en cuanto a límites de descarga permisibles. Si la calidad del agua no es la adecuada, el agua es retornada nuevamente al sistema mediante la poza de Menores Eventos.

Figura 8. Rebose de Agua tratada y Clara



Figura 9. Diagrama de Flujo del proceso EWTP YN



2.2 REACTIVOS EMPLEADOS

Cloro (Cl₂)

En Minera Yanacocha, el Cloro se usa para el tratamiento de la solución barren, con el fin de eliminar el Cianuro de Sodio contenida en esta solución. En condiciones normales de temperatura y presión, el Cloro es un gas de color amarillo verdoso, con fuerte olor irritante. Es 2.5 veces más pesado que el aire, por lo que se concentra en las zonas bajas. También es 1.5 veces más pesado que el agua. El gas Cloro puede licuarse (es decir pasar al estado líquido) a alta presión y baja temperatura, el coeficiente de expansión térmica de Cloro líquido es muy alta, su presión de vapor aumenta con la temperatura. El Cloro líquido se vaporiza lentamente en condiciones ambientales normales. Viene envasado en cilindros de 45, 68, 907 y 1,000 Kg. y en Isotanques de 22 TM. Los recipientes para el cloro están hechos de acero y normalizados por el Instituto del Cloro. En nuestra planta se utiliza los recipientes de 907 Kg. de Cloro.

Identificación del reactivo

LAS NACIONES UNIDAS (DOT)	UN 1017
GRUPO . CLASE	2 . 3
ROTULADO	GAS VENENO
NOMBRE QUIMICO	COLORO
NOMBRE COMERCIAL	COLORO
FAMILIA QUÍMICA	GAS HALOGENO
FORMULA	Cl ₂
VOLUMEN %	99.5
PESO ATOMICO	35.453



Fig.10 ROMBO NFPA



Fig. 11 CODIGO ETIQUETADO CFR

Propiedades físicas

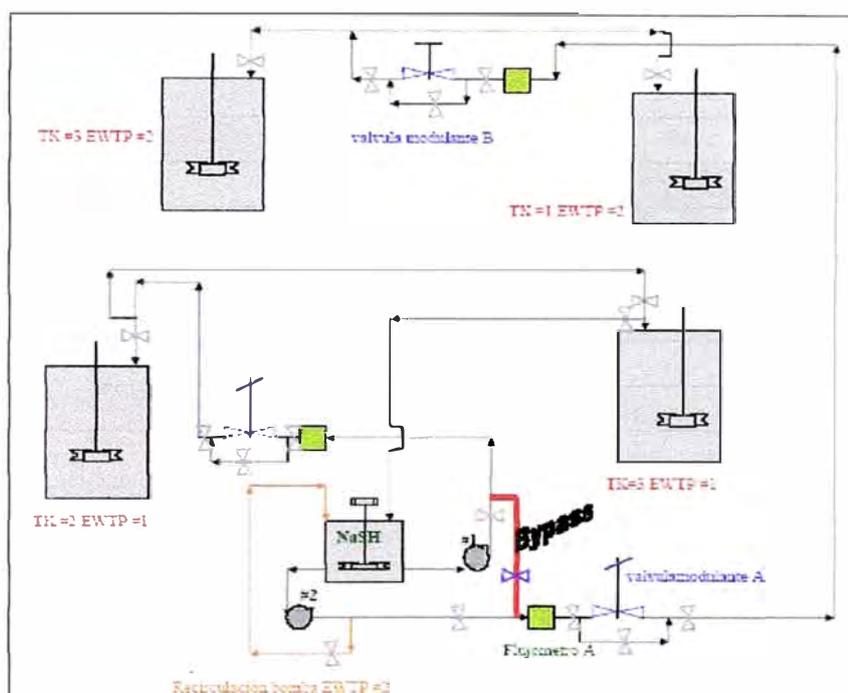
PUNTO DE EBULLICIÓN	- 29.3 °F (-34.05 °C)
PUNTO DE CONGELAMIENTO	-149.76 °F (-100-98 °C)
PRESIÓN DE VAPOR	a 70 °F = 100.2 psia
DENSIDAD:	
Gas (aire = 1.29) a 70 °F	2.47
Líquido (agua = 1.0)	1.467 (°C/4 °C)
TEMPERATURA CRÍTICA	291.2 °F (144 °C)
PRESIÓN CRÍTICA	1,118 psi (76.1 ATM)
APARIENCIA	
Como Gas: amarillo verdoso	
Como Líquido: ámbar.	
SOLUBILIDAD EN AGUA	Ligeramente soluble.
UMBRAL DE OLOR	0.02 a 0.2 ppm.

En condiciones normales de presión y temperatura el cloro es un gas fuerte con olor acre e irritante.

Sulfhidrato de Sodio (NaSH)

En el tratamiento de aguas cianuradas, se utiliza NaSH para la precipitación de metales pesados disueltos, principalmente Mercurio Figura 12. El NaSH es una sustancia química que viene como escamas en bolsas de 25 Kg. con una concentración de 70 - 72%. Es de color amarillo verdoso con ligero olor a huevos podridos, en contacto con ácidos reactivos libera Ácidos. Sulfhídrico el cual es tóxico.

Figura 12. Sistema de dosificación NaSH



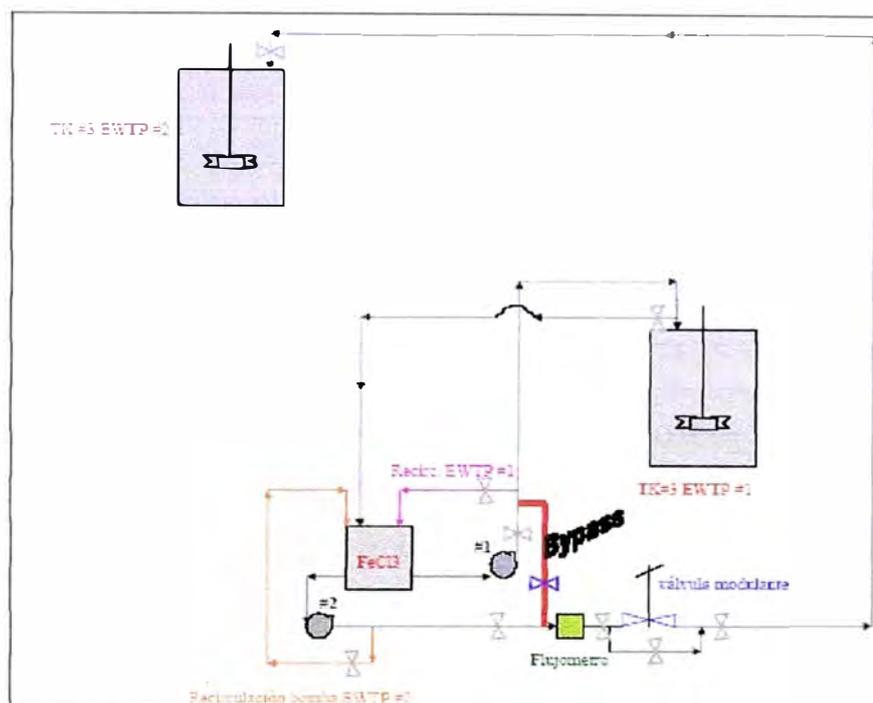
Peligros a la salud.- La exposición directa a los ojos causa daños permanentes, incluido a la ceguera. Al contacto con la piel puede causar quemaduras irritantes y graves, tiene la capacidad de absorberse a través de la piel produciendo intoxicación. Apenas haya contacto lavarse inmediatamente por un espacio de 15 minutos.

La ingestión del NaSH es letal ya que la acidez gástrica produciría ácido Sulfhídrico, produciendo quemaduras en las paredes del estómago. Si se inhala, el NaSH provoca irritación de las membranas mucosas.

Cloruro Ferrico (FeCl_3)

El Cloruro Férrico se emplea como ayudante para la coagulación de las partículas precipitadas, principalmente sulfuros de mercurio Figura 13. Se usa como un posible medio para mejorar la remoción de As, Sb, Se y Mn. El FeCl_3 viene en solución al 40 – 42% y presenta un color marrón oscuro.

Figura 13. Sistema de dosificación FeCl_3



Peligros a la salud.- En contacto directo con los ojos de este químico causa escozor, lagrimeo, irritación, daño en la cornea y ceguera. En contacto con la piel causa irritación; para esto se recomienda lavarse inmediatamente con agua por 15 minutos. Si el FeCl_3 es ingerido produce daño a la garganta y al esófago, para este caso no se debe inducir al vomito pues puede causar daño a la garganta. Se puede dar agua, leche de magnesia y mantener a la persona quieta. Si se inhala puede causar irritación en las fosas nasales y en todo el sistema respiratorio. Si la persona lo inhaló, retirarla rápidamente a un lugar donde haya buena ventilación; si respira con dificultad suministrarle oxígeno y si no respira, darle respiración artificial, comunicar inmediatamente al supervisor y a unidad médica.

Floculante (A-110 Superfloc Anionic Polyacrylamide)

El Floculante es una sustancia química que al adicionarse a la solución, provoca la unión de las partículas pequeñas a fin de incrementar su tamaño y favorecer su remoción del agua por simple sedimentación. Ayuda a obtener un agua tratada sin contenido de sólidos en suspensión. El Floculante Superfloc A-110 es un reactivo que viene granulado. Es de color blanco y tiene un aspecto parecido al azúcar.

Peligros a la salud.- En contacto con la piel, se debe lavar con agua y jabón. En contacto con los ojos, se debe lavar inmediatamente con agua durante 15 minutos. Cuando se aspira el polvillo de este reactivo, puede irritar la nariz y/o la garganta.

Cal (CaO)

Es un compuesto sólido blanco que ayuda al control del pH en el tratamiento de aguas de excesos. Además ayuda a la coagulación de las partículas precipitadas y forma un medio alcalino.

Peligros a la salud.- En contacto con la piel, se debe lavar inmediatamente con abundante agua; se debe despojar de la ropa contaminada. En contacto con los ojos, se debe lavar con abundante agua manteniendo los párpados abiertos (al menos por 10 minutos) Si se aspira el polvo, se debe retirar a la persona afectada a un lugar con buena ventilación.

Metabisulfito de Sodio (Na₂S₂O₅)

Es un compuesto sólido blanco fino que ayuda al control del Cloro libre en el agua tratada.

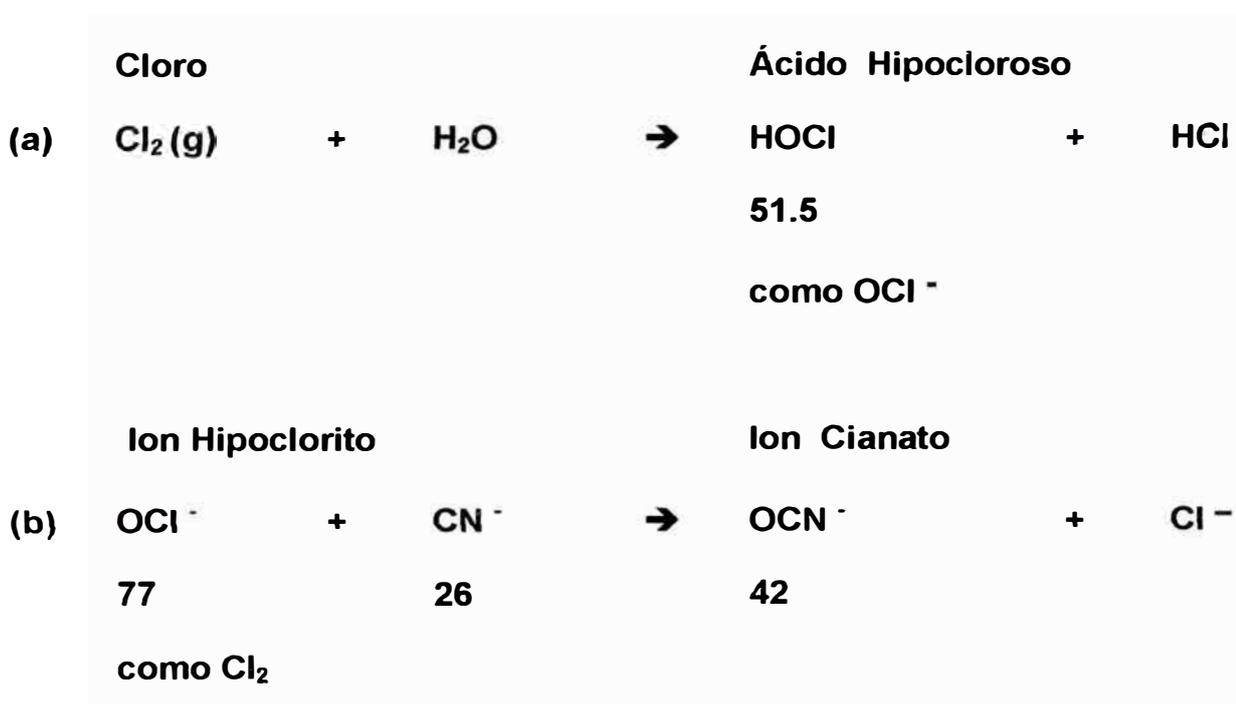
Peligros a la salud.- En caso de contacto, enjuagar inmediatamente los ojos o la piel con abundantes cantidades de agua durante 15 minutos por lo menos. En caso de inhalación, sacar al sujeto afectado al aire libre. Si no respira, administrar respiración artificial. Si respira con dificultad administrar oxígeno.

2.3 REACCIONES QUÍMICAS EN EL SISTEMA DEL TRATAMIENTO

Durante el tratamiento de las aguas de excesos se dan diversas reacciones químicas a lo largo del proceso EWTP. La ocurrencia de estas reacciones depende de las condiciones adecuadas de operación, como pH, concentración de reactivos, dosificación. Las reacciones se dan por etapas y son las siguientes:

Reacciones del Cloro gaseoso:

El cloro gaseoso se disuelve en agua y convierte el cianuro a cianato no tóxico (Nota: Los pesos de las especies reactantes se dan bajo las especies de interés. El peso de la reacción del Hipoclorito con el Cianuro se da como el valor del Cloro original.)



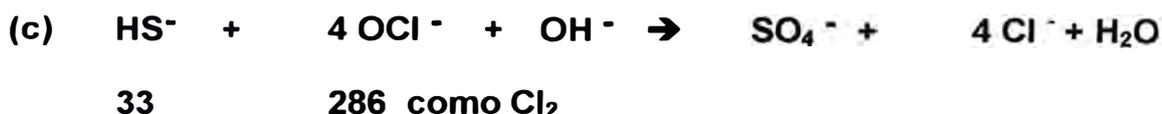
La proporción de $\text{Cl}_2 / \text{CN}^-$ en la reacción (b) = $71/26 = 2.73$. Este es el valor estequiométrico. En la práctica se requiere más Cloro: 8/1 por lo menos.

Reacciones del hidrosulfuro de Sodio

I) El hidrosulfuro de sodio reacciona con el cloro en exceso

(Nota: Los pesos de las especies que reaccionan se dan bajo las especies de interés. El peso de la reacción del Hipoclorito con el Hidrosulfuro también se da como el valor del Cloro original.)

Ion Hidrosulfuro Ion Hipoclorito



La Proporción de Cl₂ / HS⁻ = 17.2 (1 ppm HS⁻ reducirá 17.2 ppm de Hipoclorito como Cloruro equivalente.)

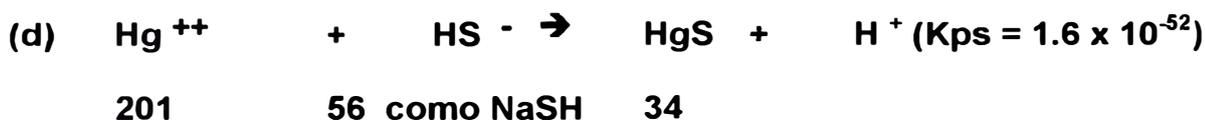
II) El hidrosulfuro reacciona con iones metálicos para formar sulfuros insolubles

(Nota: Los pesos de los reactantes se dan bajo las especies de interés.

K_{ps} = Es la constante de solubilidad de cada sulfuro de metal mostrado. Solo el Selenio (Se) y el Arsénico (As) no pueden ser lo suficientemente insolubles como sulfuros para encontrarse dentro de las normas de descarga.)

Ion Mercurioso

Ion Hidrosulfuro Sulfuro de Mercurio



Radio de reacción NaSH / Hg = 1 / 3.6

Ion Cúprico

Sulfuro Cobre

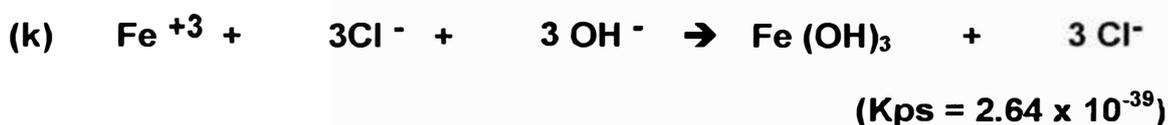


Radio de reacción NaSH / Cu = 1/1.1

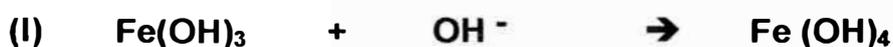
El cloruro férrico como ayudante de la coagulación

El Cloruro Férrico reacciona en soluciones alcalinas para formar principalmente Hidróxido Férrico, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ que actúa como una ayuda de coagulación en la precipitación del Sulfuro del metal formado por el NaSH mostrada en las reacciones químicas anteriormente. Existen trabajos de investigación que muestran la formación de complejos del Hidróxido Férrico que pueden mejorar la remoción del Arsénico y otros metales.

Las reacciones del Cloruro Férrico para formar Hidróxidos y complejos del Hidróxido se muestran a continuación:



El Hidróxido Férrico es un compuesto insoluble que ayuda a la precipitación con la coagulación, incrementando el tamaño de la partícula y mejorando las proporciones establecidas.



Se ha encontrado que el Hidróxido del complejo y otros complejos cargados del Hidróxido son para remover el Arsénico y Selenio, sobre todo si están en la forma de arseniatos o selenatos.

2.4 PREPARACIÓN DE REACTIVOS

Hidrosulfuro de sodio (NaSH)

Para el Tratamiento de aguas de excesos, se debe preparar una solución de NaSH con 44.6 gr/lit de concentración. Para la preparación de este reactivo se debe seguir el siguiente procedimiento:

- a) Verificar que las bolsas se encuentren en buen estado y limpias, para su mejor preparación.
- b) El operador y auxiliar debe contar con sus respectivos implementos de seguridad, ropa de agua, botas de jete, guantes de neopreno, lentes, casco y máscara con filtros 3M para polvos.
- c) En el momento de la preparación chequear que el agitador se encuentre apagado.
- d) Vaciar dos bolsas y luego añadir agua hasta un 60% y luego prender el agitador durante 5 minutos para disolver el NaSH.
- e) Una vez terminada la preparación se debe agitar por un espacio de 4 a 5 horas.
- f) Cuando hay un derrame de NaSH evacuar el área unos 5m a la redonda.
- g) Evitar el contacto con otros reactivos, y altas temperaturas.
- h) Si la persona ha sido intoxicada con el NaSH, lo primero que se debe hacer es comunicar al supervisor y a la unidad médica, llevarlo al aire fresco, si no respira dar respiración boca a boca y si respira con dificultad suministrarle oxígeno si se encuentra conciente darle grandes cantidades de agua y después inducir al vomito.

Cloruro férrico (FeCl₃)

La preparación del FeCl₃ no es necesaria porque viene preparado en bidones de 1170Kg a una concentración de 40 – 42%; solo es agregado a su tanque alimentador. Para el vaciado del FeCl₃ se debe seguir el siguiente procedimiento:

- a) Verificar que los cilindros se encuentren tapados y en buen estado para evitar las corrosiones en la zona de vaciado.
- b) Solo personal capacitado tendrá la autorización del vaciado de los cilindros del FeCl₃ (operador y auxiliar).
- c) Para el vaciado de este reactivo, el auxiliar y el operador deben contar con sus respectivos implementos de seguridad, tales como: ropa de agua, máscara de cara completa con cartuchos 3M para ácidos, casco de seguridad, guantes de neopreno y botas de jebe.
- d) Si se produce un derrame se procederá a aislar el área implicada, 5m a la redonda, para realizar la respectiva limpieza.
- e) Lavar con agua de inmediato cuando hay un derrame sobre algún material que sea metálico para evitar la corrosión.

Floculante anionico A-110

La preparación del A-110 se realiza de forma automática para obtener una solución con 1.25gr/lit de floculante. Para la preparación del Floculante Superfloc A-110 se debe seguir el siguiente procedimiento:

- a) Para la preparación de este reactivo, el operador y el auxiliar deben estar capacitados, para el manejo del tablero de controles.
- b) El operador y el auxiliar debe utilizar ropa de agua, botas de jebe, casco de seguridad, lentes, y máscara de polvo.
- c) Si se produce un derrame en la preparación de este reactivo, aislar el área 5m a la redonda, hasta realizar la respectiva limpieza.

3 OPERACIÓN DE LA PLANTA (procedimientos)

El propósito es establecer un procedimiento para la operación de la planta de tratamiento de agua de excesos y definir responsabilidades del personal involucrado. Donde los responsables son el Supervisor que es el que organizará e indicará la hora en que ha de empezar la operación, su responsabilidad es conseguir una buena calidad de agua tratada, el operador que es el encargado de operar la planta de tratamiento de aguas y el Auxiliar que es la persona encargada de apoyar al operador, se encarga de tener los tanques de los reactivos siempre llenos.

Equipos de seguridad necesarios

- Casco de Seguridad
- Calzado o botas de Jebe con punta de acero
- Lentes de seguridad claros
- Guantes de neopreno
- Mameluco de drill
- Mascarilla de carbón activado
- Guantes de látex descartables

Material necesario

- Floculante Aniónico A-110 preparado.
- Cloruro Férrico.
- Hidrosulfuro de Sodio.
- Cloro líquido.

Conocimientos necesarios y/o entrenamiento

Saber operar la planta en forma manual ó automática desde la computadora, conocer plan de emergencia para actuar en caso que se produjera fuga de cloro, conocer los MSDS de los reactivos antes mencionados y el manejo del sistema de cloro, descarga de balones, conexión a las líneas de alimentación, operación del vaporizador, operación del dosificador.

Arranque de planta

Media hora antes del arranque de planta se debe calentar el vaporizador de Cloro, para que al momento del arranque se tenga cloro gas listo para ser inyectado a la línea de Barren luego debe iniciar la revisión de las bombas y las tuberías que llevan los reactivos a los puntos de dosificación. Arrancar las bombas dosificadores de NaSH, Cloruro Férrico, Floculante y Cal; asegurarse que los reactivos estén llegando a los puntos de dosificación, en la cantidad requerida. Inmediatamente debe arrancar de la bomba de vacío de la planta con el fin de inyectar Cloro al sistema y no contaminar los tanques al iniciar la operación. Iniciar la dosificación de cloro gas, puede ser de forma manual o automática. Cuando el cloro ingrese el pH de la solución bajara; la dosificación de lechada de cal debe mantener el pH de 9.5 a 10.0. Arrancar la bomba de alimentación de solución Barren. El tanque se llenara, y por rebose pasara el agua al tanque de NaSH. La dosificación de este reactivo dependerá de la concentración de Mercurio en la solución Barren. Después la solución llega al tanque de Cloruro Férrico, el pH bajará como consecuencia de la adición de Cloruro Férrico, debemos de tener mucho cuidado en mantener pH entre 8.5 a 9.0 con lechada de cal.

La dosificación adecuada de floculante al tanque rompempresiones puede variar, según las observaciones que se van haciendo en el tanque reactor. Arrancar el rastrillo del reactor clarificador (si el reactor no tiene lodos,) de lo contrario el rastrillo siempre debe de estar trabajando, y cuando la solución llega a las canaletas de descarga, arrancar la turbina. La velocidad de la turbina depende del tamaño que adquieren los lodos floculados, esta es una operación que depende mucho de las observaciones del operador, (una alta velocidad destruye los flóculos, una velocidad baja hace crecer los flóculos) esto esta relacionado con la cantidad de floculante dosificado; el objetivo es tener una solución cristalina.

Después de media hora del arranque de planta recircular los lodos del reactor.

El área de Control de calidad debe monitorear cada media hora el rebose del tanque del reactor con el fin de analizar Cianuro WAD, Mercurio y Cloro libre. El área de Control de Calidad también debe monitorear cada hora la ley del Mercurio del Barren.

Parada de planta

En primer lugar se coordinará con el Supervisor y Operador de la Planta de Procesos (Merrill-Crowe) para suspender el Flujo de Solución Barren a EWTP, al mismo tiempo se dará a conocer al electricista de turno sobre dicho procedimiento para que se tomen las previsiones necesarias del caso (Avisar a Estación Eléctrica de la Pajuela).

Media hora antes de la parada el vaporizador de la planta de Cloro será apagado.

Se procede a cortar el ingreso de Solución Barren a la planta y se apagar la bomba de vacío (La parada del vaporizador de Cloro se detallara mas adelante en la sección de Operación del Sistema de Cloración) junto con los dosificación de los reactivos.

Finalmente cuando la columna del tanque de cloruro férrico baje su nivel apagar la bomba que envía solución al reactor, continuando con la recirculación de lodos hacia el tanque de floculante.

3.1 OPERACIÓN DEL SISTEMA DE CLORACION.

El sistema de cloro esta diseñado para dosificar cloro gaseoso a la solución Barren que ingresa a la Planta de tratamiento de agua de excesos con la finalidad de destruir el Cianuro de Sodio y sus complejos presentes en dicha solución. La operación comprende cinco áreas bien definidas:

Descarga de los balones de cloro líquido

Periódicamente los balones de cloro líquido llegan al área de almacenamiento proveniente de Química del Pacífico (QUIMPAC S.A.) en camiones acondicionados para tal fin; la forma de descargar es con el tecele de 2 TM construidos para tal fin y con el equipo de protección personal (Casco, lentes de seguridad, respirador con cartucho para cloro gas, mameluco descartable, guantes de neopreno, botas de jebe). La capacidad de almacenamiento es de 20 balones de cloro de 1 TM. Y estos deben ser colocados uno a continuación de otros empezando por el lado izquierdo del almacén, ver figura 14. Terminada la operación el operador debe asegurarse de dejar con candado la puerta del enmallado del sistema de cloro.

Figura 14. Tanques de Cloro



II Conexión de los balones de cloro a la línea de dosificación

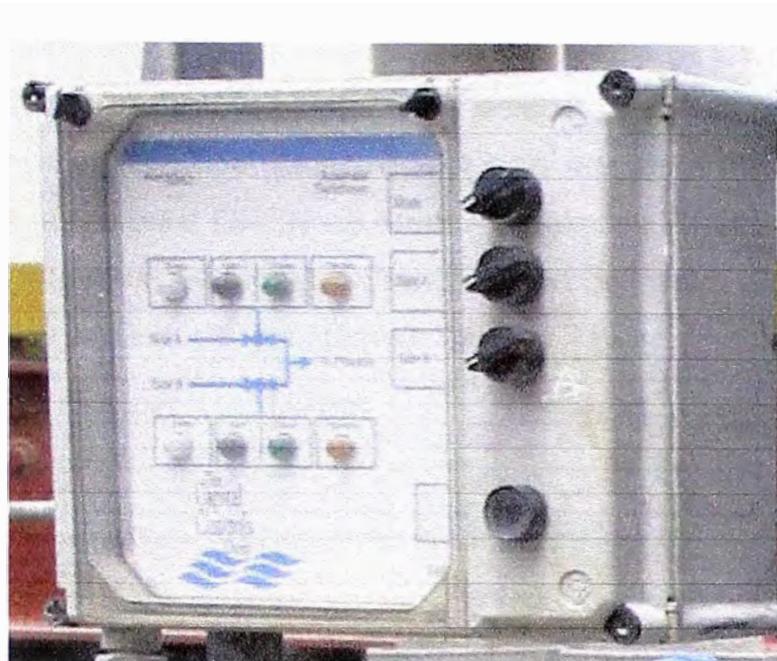
La operación de conexión de los balones de cloro a la línea de dosificación es una de las más delicadas, la realiza el operador con el auxiliar y con esencia el Supervisor de la Planta EWTP. Antes de realizar la tarea el operador debe verificar el correcto funcionamiento de todo el **KIT DE EMERGENCIA DE ESCAPES DE CLORO, Figura 15** y contar con las herramientas adecuadas para efectuar la operación, tales como: llave francesa de 12", llave especial para manipular el vástago del balón de cloro, martillo pequeño, empaquetaduras de plomo nuevas.

Figura 15. Traje Nivel "A" de emergencia de escapes de cloro



Operación del controlador de válvulas automáticas de las líneas de cloro

En esta parte se dan las instrucciones para la operación de las válvulas eléctricas que alimentan el cloro al vaporizador, se esta indicando la operación en forma automático, manual y señales en caso de fallas.



Indicadores: Los indicadores luminosos son representados por los siguientes símbolos:

○	=	apagado
●	=	encendido
★	=	intermitente
-	=	no considerar

Llamaremos válvula A o B a las válvulas eléctricas que son accionados por este equipo de la línea A o B del cloro líquido respectivamente. Los cuadros muestran la forma como están las lámparas durante la operación.

Modo Automático.- Inicialmente las válvulas de globo deben estar cerradas, los contenedores (balones que contienen cloro líquido) deben estar conectados a los manifolds, las válvulas de cada contenedor deben de estar abiertas listas para alimentar de cloro a las líneas.

Side	Empty	Open	Closed	Stand-by
A				
B				
La válvulas estan cerradas y cada línea en stand-by				

Abrir las válvulas de globo (color amarillo) de cada línea (A y B), las que envían cloro líquido al vaporizador. Inmediatamente colocar el switch selector en **AUTO** y presionar el botón **RESET** hasta que todas las lámparas se enciendan. Inmediatamente la lámpara **OPEN** de línea A parpadea, hasta que la válvula A queda abierta totalmente, La lámpara Stand –By de la línea B queda encendida. El panel de control se vera de la siguiente manera:

Side	Empty	Open	Closed	Stand-by
A				
B				
Válvula A esta abierta y alimentando al vaporizador. la línea B esta en Stand-by				

Cuando La línea A esta vacía, la lámpara **EMPTY** de la línea A se enciende, la alimentación es transferida automáticamente a la línea B, esto ocurre de la siguiente manera. La lámpara de la válvula A se pone intermitente en la columna de **CLOSED**, las lámparas **CLOSED** y **STAND-BY** de la línea B permanecen encendidas.

Side	Empty	Open	Closed	Stand-by
A				
B				
La línea A esta vacia. la válvula se esta cerrando y la línea B esta en stand-by				

Solamente cuando la válvula A esta completamente cerrada, la válvula B se abre y alimentara al vaporizador.

Side	Empty	Open	CLOSED	Stand-by
A				
B				
La línea A esta vacia y la válvula esta cerrada. La válvula B esta abierta y alimentando.				

Cuando la línea A es reemplazada con balones llenos, la lámpara **EMPTY** y **STAND-BY**, se ponen intermitentes, indicando que la línea A ha sido reemplazada.

Side	Empty	Open	Closed	Stand-by
A	★	○	●	★
B	○	●	○	○
La línea A ha sido reemplazada.				

Terminado esto el operador presionara el botón **RESET**, después la lámpara **STAND-BY** de la línea A se enciende, indicando que esta lista para abrirse cuando la línea B quede vacía.

Side	Empty	Open	Closed	Stand-by
A	○	○	●	●
B	○	●	○	○
La válvula B esta abierta y alimentando. la línea A esta en stand-by				

Cuando la lámpara **EMPTY** de la línea B se enciende, la alimentación es automáticamente transferida a la línea A. Cuando la lámpara **CLOSED** de la línea B esta intermitente las lámpara **CLOSED** y **STAND-BY** de la línea permanecen encendidas.

Side	Empty	Open	Closed	Stand-by
A	○	○	●	●
B	●	○	★	○
La línea B esta vacía y la válvula se esta cerrado. La línea A se mantiene en stand-by.				

Cuando la válvula B este completamente cerrada, la válvula A se abrirá

Side	Empty	Open	Closed	Stand-by
A	○	●	○	○
B	●	○	●	○
La línea B esta vacía y la válvula esta cerrada. La válvula A esta abierta y alimentando				

Cuando la línea B es reemplazada, Las lámpara de **STAND-BY** y **EMPTY** de la línea se ponen intermitentes.

Side	Empty	Open	Closed	Stand-by
A	○	●	○	○
B	★	○	●	★
La línea B a sido reemplazado				

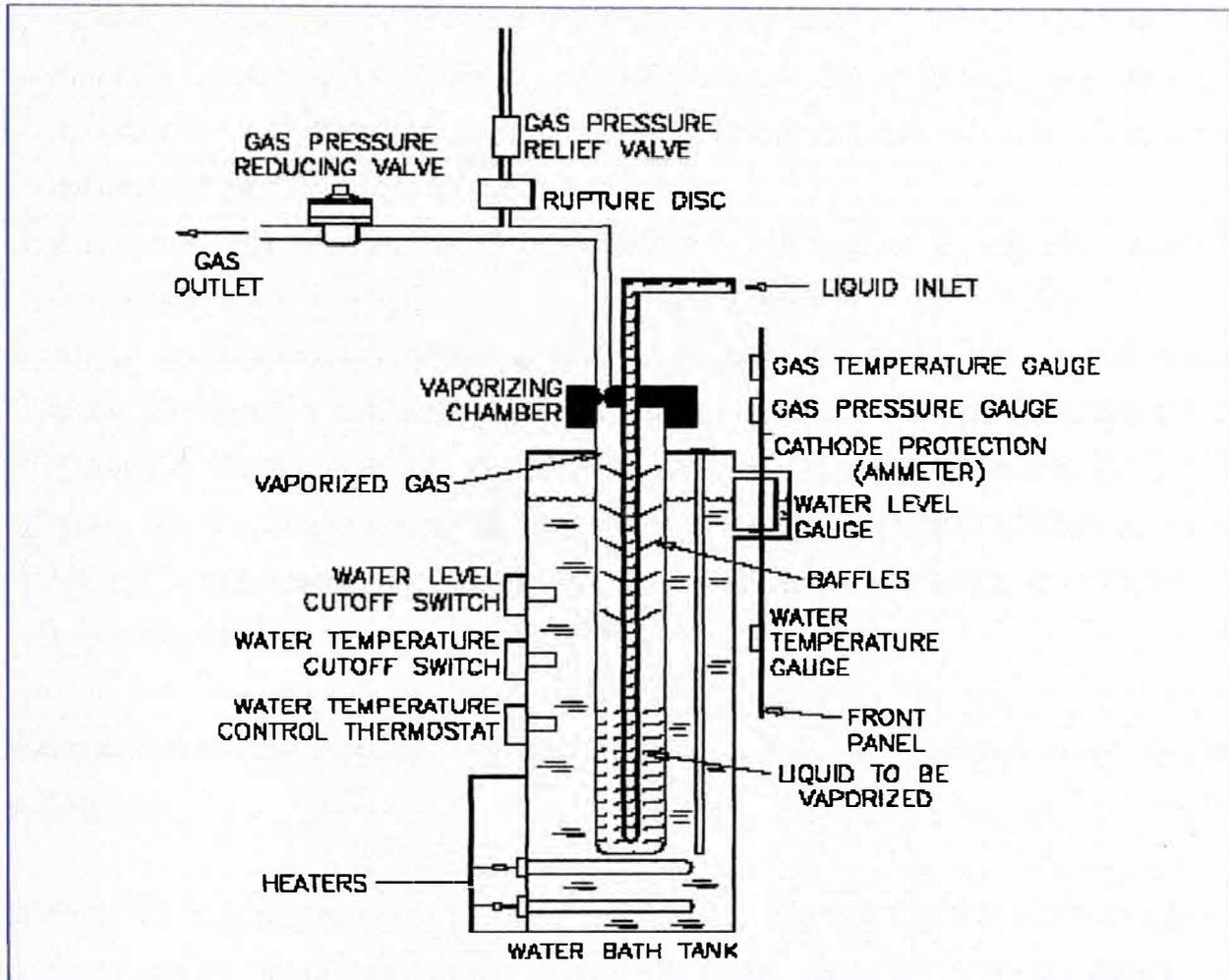
El operador presionara el botón **RESET** y las lámparas **CLOSED** y **STAND-BY** se encenderán indicando que estén listos para alimentar el vaporizador.

Side	Empty	Open	CLOSED	Stand-by
A	○	●	○	○
B	○	○	●	●
La línea A esta abierta y alimentando, la línea B esta en stand-by.				

Operación del vaporizador.- El vaporizador esta diseñado para evaporar cloro líquido automáticamente a cualquier flujo. El equipo esta formado principalmente por un recipiente intercambiado de calor sumergido en una tina de agua. El agua es calentada por seis resistencias eléctricas sumergidas y controlados termostáticamente con switches de temperaturas. Figura 16.

El cloro líquido es introducido dentro del intercambiado a través de una línea de entrada del cloro líquido ubicado en la parte alta del equipo y descargado en la parte baja del recipiente intercambiado donde el nivel de cloro líquido es mantenido en el interior. El cloro líquido absorbe calor del agua de la tina y vaporiza, el flujo de gas asciende y sale del vaporizador a través de una válvula reductora de presión y va hacia el dosificador de cloro.

Figura 16. DIAGRAMA DE FLUJO DE VAPORIZADOR



Instrucciones de operación.-

- a) Aplicar energía al circuito de control para energizar el control automático de nivel de agua y abrir la válvula manual de agua, se iniciara a llenar de agua la tina del vaporizador y se controlara automáticamente el nivel en la parte central del visor instalado en el vaporizador.
- b) Energizar las resistencias calentadoras del agua y esperar que la temperatura se estabilice. Esto puede tomar entre 60 – 90 minutos.
- c) Antes de introducir el cloro líquido al evaporador, todas las juntas deben estar probadas y verificadas que no existan fugas o escape del material (la prueba de fugas se realizaron con aire seco o nitrógeno, ver apéndice 1)
- d) Abrir todas las válvulas de la línea de gas; y luego abrir las válvulas del cloro líquido. Advertencia ¡No cerrar ninguna válvula de gas hasta que todas las válvulas del cloro líquido estén cerradas!

Instrucciones de parada.- El vaporizador puede ser parado usando dos métodos:

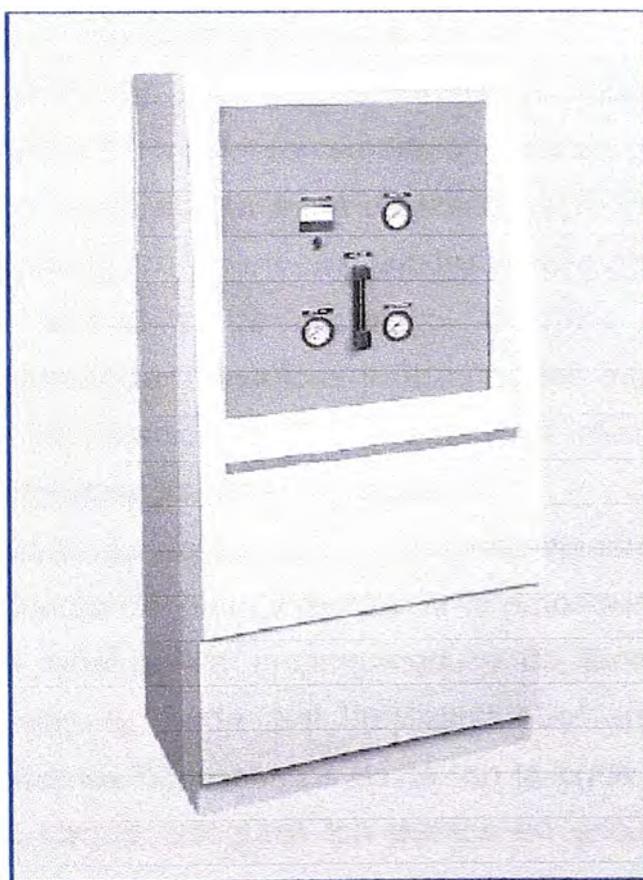
Método 1.- Cerrar las válvulas del cloro líquido del balón mientras se mantiene la temperatura de operación de la tina de agua. El remanente de líquido se evaporará y desvanecerá al proceso. Para esto el proceso debe continuar, cuando el indicador de la presión del gas ha llegado a cero todo el líquido que estaba presente en el intercambiador se habrá evaporado. Entonces la válvula manual de descarga del gas debe ser cerrado.

Método 2.- Cerrar la válvula manual de descarga del cloro gas mientras se mantiene la temperatura de la tina de agua. La presión que se creara dentro del vaporizador va a obligar que todo el cloro regrese hacia el balón (la presión final debe ser cero como en el método 1), después cerrar la válvula que suministra el cloro líquido al vaporizador.

Después de completar cualquier método, todavía puede quedar algún residual de cloro gas dentro del vaporizador; si se va desconectar alguna tubería abrir la válvula manual de alivio y asegurarse que todo el gas se halla evacuado.

Protección Catódica del recipiente intercambiador.- El nivel de corriente requerido para prevenir degradación electrolítica en el tanque intercambiado es de 25 a 30 mA y se puede leer en el amperímetro instalado en el panel frontal. Esto debe ser leído y ajustado semanalmente usando un potenciómetro conocido instalado directamente al amperímetro. Una lectura de cero en el amperímetro indica que debe ser reemplazado el ánodo de sacrificio de la protección catódica.

Limpieza del vaporizador.-



El vaporizador requiere periódicas limpiezas para lograr una segura y eficiente operación. La frecuencia varía con el uso y calidad del cloro usado. La limpieza el vaporizador se puede realizar cada seis mese de uso o al inicio de la temporada de lluvias; para realizar la limpieza siga el procedimiento siguiente:

Parar el vaporizador siguiendo cualquiera de los 02 métodos explicados anteriormente. Desconectar la energía eléctrica de las resistencias eléctricas y de los controles. Abrir la válvula de drenaje de 1" diámetro de la tina de agua,

cuando la tina esta vacía cerrarla. Abrir la válvula manual del by - pass para asegurarse que la presión vaya a cero. Desconectar la unión de 1" de la tubería de entrada del cloro líquido que se encuentra antes del ingreso del vaporizador. Pasar aire seco dentro del vaporizador a través de la tubería desconectada referida en el punto e para purgar todo el vaporizador. Desconectar la unión de 1" de la salida del gas cloro y abrir la parte izquierda de la unión. Remover los medidores de presión y temperaturas. Remover los dos ánodos de protección catódica. Remover los 08 pernos de $\frac{3}{4}$ " de la brida.

Remover la brida del intercambiado verticalmente del recipiente del vaporizador, remover la empaquetadura grande de plomo, los ocho pernos alrededor del plato. Con el uso de un elevador (pato), levantar verticalmente el intercambiado de la tina, para realizar esto use los dos puntos de elevación soldados en el intercambiado. Limpiar dentro del intercambiado, tuberías y partes internas con agua caliente y paño hasta que el agua de lavado este limpia y libre de olor. Secar todas las partes, examine los dos ánodos y reemplace si es necesario. Limpiar dentro de la tina si es necesario. Examine dentro de la tina, intercambiadores, resistencias eléctricas y otras partes internas por corrosión. Remover cualquier incrustación de las resistencias electoras para prevenir prematuras fallas, remplazar partes si es necesario.

Instalar el intercambiado dentro del tanque en su apropiada orientación, colocar los ocho pernos alrededor del plato y remplazar la empaquetadura de jebe si es necesario. Insertar una nueva empaquetadura de plomo en la brida del intercambiado, instalar la brida del intercambiado en el recipiente del intercambiado. Insertar los ocho pernos de $\frac{3}{4}$ " en la brida del intercambiado y aplicar 90 libras de torque, asegurar los pernos en secuencia de oposición. Reconectar cables y ánodos y amperímetro. Insertar los medidores de presión y temperatura en sus respectivas posiciones. Preparar el vaporizador para la operación.

Operación del dosificador de cloro.- El principal soporte de la operación del dosificador de cloro reside en el vacío. El agua que fluye a través del eyector Venturi crea un vacío el cual abre la válvula check en el eyector; el vacío generado es trasladado hacia la línea del regulador de vacío donde la presión diferencial causa que la entrada de la válvula se abra, iniciando el flujo de gas. El gas fluye a través de la tubería y a través del eyector donde es mezclado con el agua a tratar como una solución.

Después de encender las resistencias eléctricas del vaporizador y cuando la temperatura del gas del vaporizador este en 100 °F aproximadamente, encender la bomba horizontal que se encuentra junto al tanque de destrucción de cianuro para efectuar vacío (regular la presión de trabajo a 50 psi con la válvula manual que se encuentra a la salida de esta bomba). Posesionar el Switch en ON del gabinete del dosificador. Al llegar a la temperatura adecuada y estable del vaporizador (1 a 1 ½ hora después de encender la resistencia eléctrica) la válvula de ingreso de gas al dosificador se abrirá en forma automática. Cuando se visualice "MENU" setear a "MANUAL" y presionar enter, para controlar la operación en forma manual.

Setear la cantidad de flujo de cloro gas que sea necesario con las teclas:

▲ (incremento); ▼ (disminución) localizadas en el panel frontal del gabinete del dosificador. Cerrar la válvula manual del dosificador de gas; esta válvula no debe estar cerrada muy fuerte. Si el flujo de cloro gaseoso desciende, incrementar (▲) al flujo requerido. El controlador ahora estará operando en modo manual. El dosificador de cloro no esta construido para trabajar en forma automática por el momento. En este momento el Cloro ingresara hacia la tubería de 4", que contiene solución barren y que es responsable de la fluidez del cloro por el vacío generado, a través de eyector que se encuentra en la parte alta del equipo del clorador e ingresara hacia el tanque de destrucción del Cianuro para cumplir su objetivo.

Figura 17. Analizador en línea de “Cloro total”



3.2 INSTRUCCIONES PARA MANEJO SEGURO DE CLORO EN RECIPIENTES

Manipuleo

Se inicia con lo básico que es el manejo cuidadoso de los recipientes, evitando caídas o golpes con cualquier otro objeto. Nunca eleve un recipiente de 68 y 45 kg. por su bonete. No es lo suficientemente fuerte para soportar el peso para ello use una carretilla apropiada para su manipuleo.

Los recipientes de 907 y 1,000 kg. Pueden ser rodados sobre una superficie lisa, pero, más fácilmente, manipulado sobre rieles. Use un aparejo adecuado para su levantamiento.

Almacenamiento

En un lugar seco y ventilado, lejos de fuentes de calor o peligros de fuego. Sin sistema de aire acondicionado o de ventilación.

Mantener separados los recipientes llenos de los vacíos. Los recipientes de 68 y 45 kg. deberían almacenarse en una posición vertical y los de 907 y 1000 kg. sobre sus lados. Es recomendable el uso de los recipientes mas antiguos, ya que, las empaquetaduras de la válvulas pueden endurecerse provocando fugas cuando son operadas.

De las válvulas

Las válvulas y sus accesorios aprobados por el Instituto del Cloro Americano. Luego para abrir la válvula golpee suavemente el extremo de la llave para girar el vástago de la válvula en contra de las agujas del reloj, luego abrir lentamente. Finalmente un giro completo permite una descarga MAXIMA. No fuerce la válvula más allá de este punto. No usar llaves inadecuadas para accionar las válvulas.

Descarga

Debe usarse conexiones flexibles entre los recipientes y la línea de alimentación. Tubos de cobre de alta presión (250 psi) son adecuados.

Los recipientes de 68 y 45 kg. descargan gas, cuando están en posición vertical (con la válvula hacia arriba), líquido, cuando están invertidos. Los recipientes de

907 y 1000 Kg., son descargados en posición horizontal (una válvula, encima de la otra). La válvula superior descarga gas y la válvula inferior líquido.

Si se requiere descargar mayor flujo de gas, el cloro deberá ser retirado como líquido y convertido en gas por medio de un vaporizador. Cuando el cloro está siendo absorbido en líquido hay siempre la tendencia a que el líquido sea succionado dentro del recipiente, cuando llega a vaciarse. Debe usarse un lazo barométrico.

Es ilegal rellenar los recipientes sin el permiso específico de los propietarios así como hacer reparaciones o modificaciones sobre los recipientes y por ningún motivo aplique fuego al recipiente.

Devolución de envases

Regrese todos los recipientes vacíos. Asegúrese que todas las válvulas estén cerradas y con su tapita. Reponga todos los bonetes protectores de válvulas e inspeccione los recipientes y asegúrese que no tengan fuga de cloro.

4 PLAN DE CONTINGENCIAS

En caso de emergencias por fuga de cloro debe alejarse de la zona afectada en dirección contraria al viento.

Procure trasladar el envase a un lugar aislado. Comuníquese con SUPERVISOR / LOSS CONTROL. En caso de fuga mayor, informe a las autoridades policiales para aislar el área afectada.

Nunca use agua sobre una fuga de cloro y en caso de incendio retire los envases del área o refrigérelos con agua si es que no hay fuga.

Procedimientos en caso de emergencias

Toda persona que deba manejar cloro debe ser instruida cuidadosamente acerca de las precauciones para su manejo, uso y almacenamiento seguros. El cloro es un elemento químico, que no es inflamable ni explosivo, si está puro. Siendo más pesado que el aire, tiende a acumularse en sitios bajos, en casos de escape del producto. Este capítulo da pautas acerca del uso de equipos de protección personal y procedimientos de primeros auxilios.

Protección personal

No se debe respirar vapores de cloro. Este irrita las membranas mucosas, los ojos y el sistema respiratorio. La exposición prolongada al cloro puede causar tos, congestión, pudiendo llegar a generación de edema pulmonar y muerte. Todo trabajador con problemas respiratorios, debe consultar con su médico antes de trabajar con cloro.

Debe evitarse el contacto con los ojos, la piel y la ropa. El cloro gaseoso se hidroliza, en presencia de humedad, formando ácido clorhídrico que irrita los ojos y la piel. El cloro líquido, en contacto con la piel, provoca fuertes quemaduras. Después de trabajar con cloro, es conveniente lavarse cuidadosamente,

Equipo de seguridad

Se debe usar casco de seguridad, guantes de goma, zapatos de goma, antiparras (googles) y respirador aprobado para cloro como protección ante posibles derrames del producto. Es indispensable que toda persona que mueva

el producto disponga en todo momento, de respirador aprobado para cloro. Para ingresar en una zona de emergencia, por escape de cloro, debe disponerse de un equipo de respiración autónoma y estar entrenado en su uso.

PRIMEROS AUXILIOS en caso de fuga de CLORO

Síntomas de exposición al cloro.- El cloro líquido es irritante de la piel y los ojos, produciendo quemaduras al entrar en contacto. El cloro líquido se vaporiza lentamente en condiciones ambientales normales. En niveles en que su olor es detestable entre 0.3 y 3.0 ppm. - el gas tiende a irritar las membranas mucosas y vías respiratorias. En excesiva exposición al cloro el paciente muestra excitación, acompañada de intranquilidad, estornudos y salivación copiosa. En casos extremos se produce arcadas, edemas pulmonares e incluso la muerte. No hay antídotos específicos para el cloro. Atención médica apropiada es importante para aliviar los síntomas, con tratamiento adecuado. Lo habitual es que un paciente afectado se recupere totalmente.

Inhalación.- En caso de inhalación, se debe colocar al afectado al aire fresco, iniciando respiración artificial si ha dejado de respirar. **Se debe llamar a un médico de inmediato.** Puede suministrarse oxígeno cuando vuelva a respirar. **Nunca debe administrarse comida alguna, líquido o medicina a una persona inconsciente.**

El paciente debe ser colocado en posición cómoda. Manteniéndoselo abrigado hasta la llegada de un médico.

Contacto con la piel.- Si un paciente a inhalado cloro, la atención primaria debe concentrarse en este caso. Si ha habido contacto con la piel, toda la ropa contaminada debe ser removida de inmediato. Se debe lavar toda la piel con abundante agua y jabón. Jamás se debe neutralizar el efecto del cloro con agentes químicos. Pomadas o cremas pueden ser aplicadas sólo por prescripción médica. Se debe lavar cuidadosamente las ropas antes de volver a ser usadas y los zapatos que no sean de goma deben ser eliminados.

Contacto con los ojos.- En tal caso, se debe lavar los ojos, de inmediato, con abundante agua, por contacto directo durante 15 minutos. Los párpados se deben mantener abiertos para mojar toda la superficie del ojo. El lavado se debe repetir hasta que llegue un médico, quien es el único que puede autorizar el uso de alguna crema. Para estos casos, las fuentes de agua de lavado de ojos son el ideal para una instalación industrial.

Ingestión.- Debido a sus propiedades físicas, es muy raro que alguien ingiera cloro. En tal caso, se debe llamar de inmediato a un médico.

Otras medidas.- Ninguna droga para cualquier tratamiento, incluido el shock, debe suministrarse a un paciente sin la aprobación de un médico. El uso de estimulantes no es necesario si se dispone de oxígeno adecuadamente suministrado.

Equipo de protección personal.- El personal que participe en el control de cualquier emergencia debe usar, necesariamente, el siguiente equipo de protección personal:

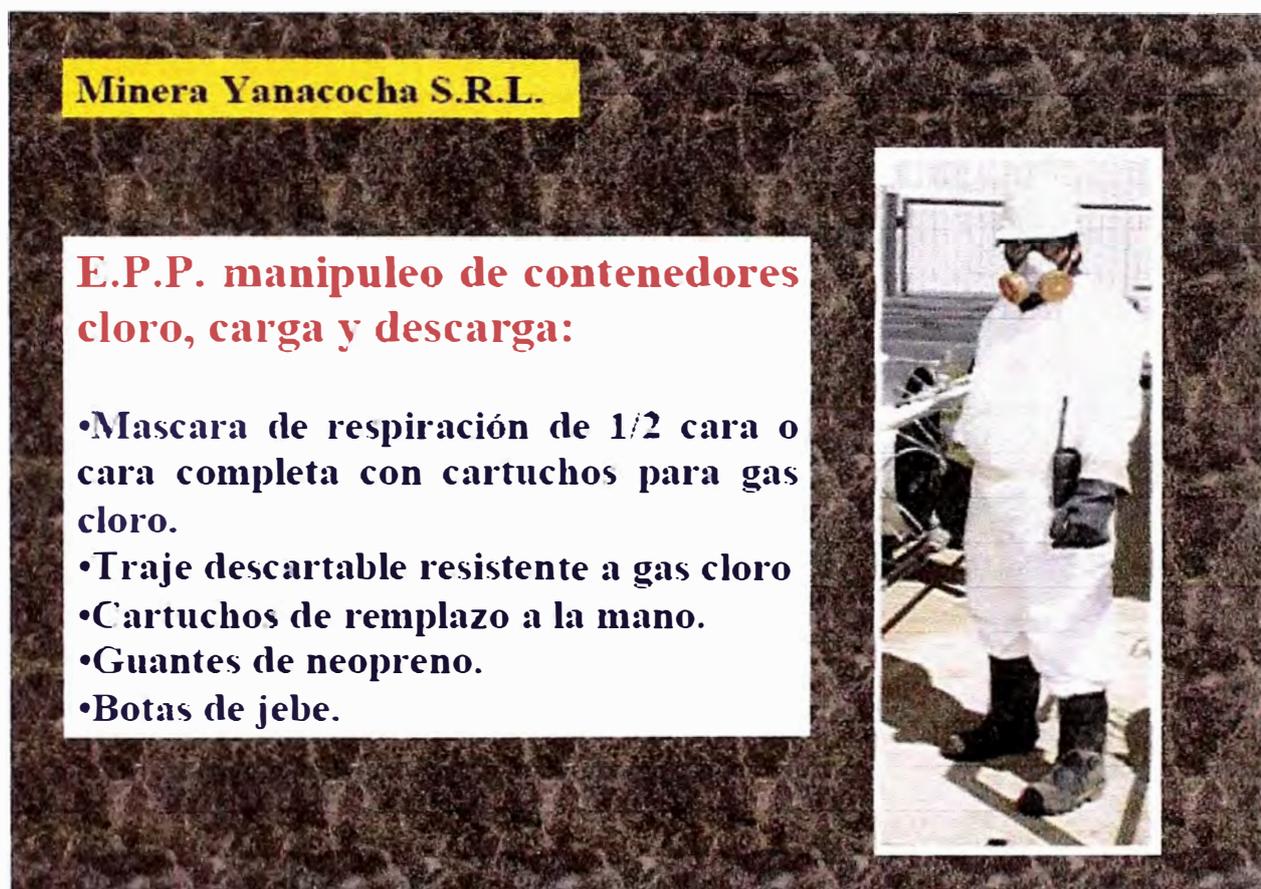
- Vías respiratorias: Equipo de respiración autónomo.
- Ojos y cara: Anteojos de seguridad y careta de protección facial.
- Manos: Guantes de neopreno con protección térmica.
- Cuerpo: Traje de PVC.

4.1 EQUIPO DE SEGURIDAD REQUERIDO EN UN SISTEMA DE ADICIÓN DE CLORO

Los equipos descrito líneas abajo se debe tener al menos dos de cada uno, el Supervisor es responsable de mantener todos estos equipos en un gabinete ubicarlo en una zona cercana al área de peligro y revisar constantemente la expiración de los mismos.

Para manipuleo de contenedores de cloro carga y descarga de balones:

Figura 18.



Para manipuleo de válvulas de balones de cloro, colocación en línea de balones de cloro y para sofocar fugas de Cloro en la línea de gas: o cuando la fuga sobrepase la concentración de 25 ppm:

Figura 19



Para fuga de cloro líquido (cualquier fuga comprendida entre el balón de cloro hasta el vaporizador): Cuando la fuga sobrepase la concentración de 25 ppm:

Figura 20.

Minera Yanacocha S.R.L.

E.P.P. sofocar fugas de cloro líquido mayores a 25 ppm:

- Traje de cuerpo completo incluido guantes y botas resistente al cloro (material butyl coated o equivalente).
- Equipo de aire respirable presurizado que pueda suministrar línea de vida por 30 min.
- Botas de Jebe.

A photograph showing a person in a full-body protective suit, including a hood and respirator, standing in an industrial environment. The person is wearing a grey suit with yellow accents and is holding a piece of equipment. The background shows industrial machinery and pipes.

Este tipo de equipo estará al ingreso de la Planta (Prevención) con la finalidad de efectuar rescates.

Ventilación.- Las áreas deben ser bien ventiladas, para evitar la posible acumulación de gases. En algunos casos, la ventilación natural es adecuada; en otros, debe mantenerse ventiladores. En caso de emergencias, la velocidad de cambio de aire debe ser entre uno y cuatro minutos. El aire de escape debe ubicarse de manera que no cause daños a otras personas, dirigiéndolo hacia áreas vacías.

Lavadores de ojos y duchas de seguridad.- Donde quiera que se maneje cloro, debe existir lavadoras de ojos y duchas de seguridad en ubicaciones claramente establecidas. El personal debe verificar las condiciones de estos equipos diariamente.

Equipos de respiración para emergencias.- Exposición severa al cloro puede ocurrir cuando se maneja el producto. De aquí que debe disponerse de equipos de respiración autónoma, aprobados para su uso con cloro, los que deben estar ubicados estratégicamente fuera de las áreas de trabajo, lejos de posibles fuentes de contaminación. Tales equipos deben durar, al menos, 30 minutos en uso y estar provistos de alarma por baja presión de aire. Cualquier persona que entre en una zona de emergencia de cloro, debe estar protegido por uno de estos aparatos.

KITS DE EMERGENCIA

En ciertos contenedores de cloro es posible usar equipos destinados al control de la propagación de una fuga de cloro, llamados Kits de emergencia. Existe diversos Kits para diferentes envases de cloro. El Instituto del Cloro editó las Instrucciones Booklets Emergency Kit "A" Fig.21, para 100 hasta 150 lbs. en Cilindros de Cloro y Emergency Kit "B" Fig.22, para cilindros de cloro desde 907 Kg, especialmente dedicados a dichos equipos, los que son muy útiles para quienes usen cloro. Este último es lo que tenemos que usar en fugas de Cloro de la Planta de tratamiento de excesos de agua. (ver anexo 1)

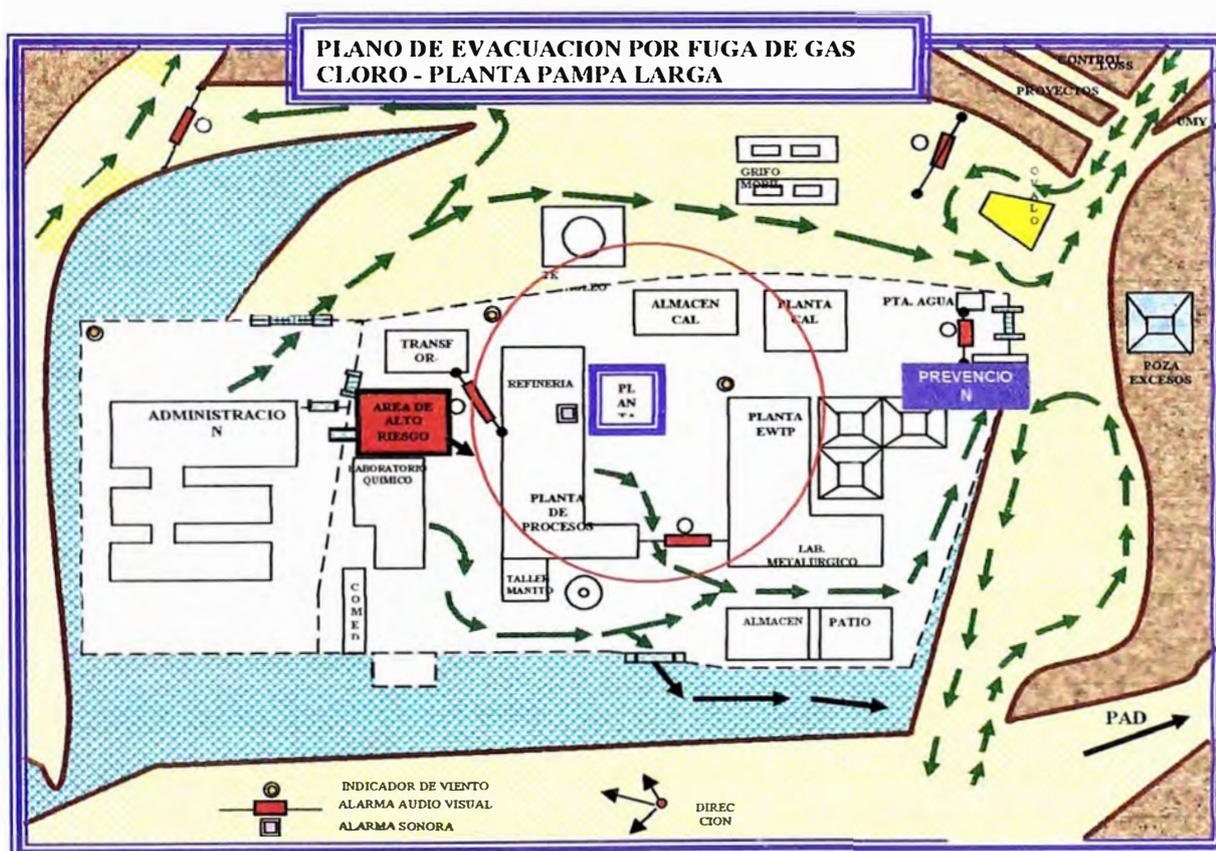
En caso de fuego.- El cloro, por sí mismo, no arde pero puede ayudar a una combustión, aún sin la presencia de oxígeno. Enfriamiento con agua de los contenedores no es conveniente, por lo que es recomendable usar otro medio de extinción para el fuego que pueda rodear los contenedores de cloro. Como todo fuego libera gases tóxicos, por lo que se recomienda el uso de equipos de respiración autónoma y equipos de seguridad en estos casos.

Figura 23. Tanques de Cloro



Fugas de cloro.- Jamás se debe aplicar agua directamente a una fuga de cloro. La humedad formará ácido clorhídrico, que ataca los metales, empeorando la fuga. Si un contenedor está fugando cloro debe colocársela en posición tal que escape cloro gaseoso y no líquido, ya que el volumen que genera el cloro líquido es 460 veces su propio volumen gaseoso. El área afectada debe ser evacuada, manteniéndose al personal en posición tal que no reciba el viento y mejor aun en sitios de altura. Para controlar las fugas debe disponerse de equipos de respiración autónoma. Normalmente, la mayor parte de las fugas se controla cerrando las válvulas de la fuente de origen.

Figura 24.



Eliminación de aguas.- El cloro debe ser absorbido en una solución alcalina, la que debe mantenerse en exceso. Lo más usual es soluciones de soda cáustica. La solución de hipoclorito de sodio resultante de la absorción puede ser destruida, posteriormente, tratándola con sulfito de sodio. Previo a su

eliminación, debe controlarse el pH de las aguas afluentes, de acuerdo con las regulaciones locales que corresponda.

Entrenamiento de los empleados.- La seguridad en el manejo del cloro depende fundamentalmente, de la efectividad de la educación de los trabajadores, adecuadas instrucciones de seguridad, efectiva supervisión y el uso del equipo apropiado de seguridad.

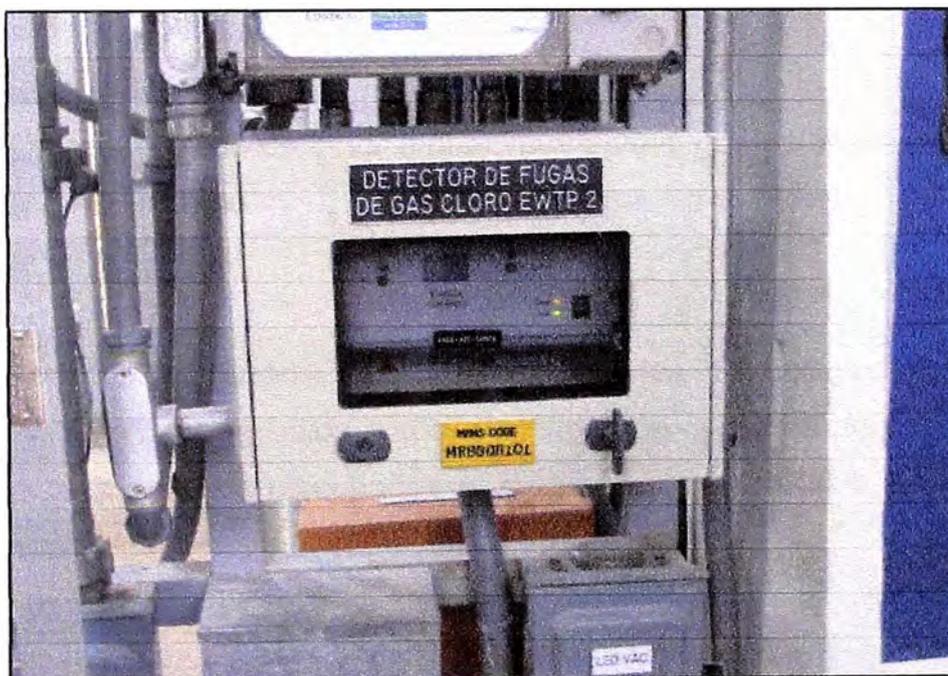
Es responsabilidad del personal supervisor dar adecuado entrenamiento al personal a su cargo. Todo empleado nuevo debe ser entrenado antes de operar cualquier equipo. El entrenamiento debe ser permanentemente reforzado en los métodos correctos de operación, para mantener un alto nivel de eficiencia en los procedimientos de manejo del cloro. Todos los empleados deben estar familiarizados con los riesgos que pueden resultar de un inadecuado manejo del producto. Debe dárseles entrenamiento para la prevención de fugas y, en forma muy completa, de como controlar las fugas en caso de ocurrencia. Cada empleado debe conocer las medidas de emergencia y de primeros auxilios y como usar el equipo de seguridad apropiado.

Como mínimo, el entrenamiento debe considerar lo siguiente:

- a) Simulacros periódicos según sea la ubicación de las instalaciones. Propósito, limitaciones y uso de los kits de emergencia, equipos de control de fuego, alarmas y equipos de corte que son las válvulas y desconectores.
- b) Instrucción práctica acerca de los equipos de protección personal, incluyendo su uso, propósito y limitaciones.
- c) Instrucción práctica acerca del propósito, uso y limitaciones de equipos lavadoras de ojos, duchas de seguridad y fuentes alternativas de agua, en caso de emergencias.
- d) Instrucción práctica para determinados empleados de cada turno acerca del uso de los equipos respiratorios.
- e) Instrucción acerca de como evitar las inhalaciones de cloro y su contacto con la piel y ojos, explicando las propiedades del mismo y sus efectos en el cuerpo humano a distintos niveles de exposición.

- f) Entrenamiento acerca el reporte por daños en equipos e instalaciones.
- g) Entrenamiento acerca de las inspecciones apropiadas antes de operar con cualquier equipo y las que, periódicamente, deben ejecutarse durante la operación normal. Debe enseñarse como advertir fallas potenciales en los equipos.
- h) Instrucción de como y cuando evacuar determinadas áreas.

Figura 25. Detector de fugas de Gas Cloro



4.2 HOJA INFORMATIVA DEL CLORO.-

Identificación

Producto: Cloro líquido.

Fórmula: Cl₂

Nombre comercial- Cloro

Número N.U. : 1017

Propiedades

Composición: Cl₂ 100 %

Gravedad específica (Aire = 1): 2.5

Apariencia y color líquido de color ámbar muy volátil, gas color amarillo verdoso, olor penetrante e irritante.

Salud

Irritante primario del sistema respiratorio, irrita las membranas mucosas, en contacto con la piel y ojos produce irritación y quemaduras, en altas concentraciones produce dificultades al respirar, sobre 25 ppm y con horas de exposición causa desmayos y muerte.

Inflamabilidad

No es inflamable, en caso de fuego *los envases* deben ser retirados del área de peligro, enfriar con agua si no es posible lo primero.

Reactividad

El Cloro es estable, pero puede reaccionar explosivamente o formar compuestos explosivos con Hidrógeno, Acetileno, Amoniac, Éter y metales en polvo. En presencia de agua es altamente corrosivo para la mayoría de metales.

Envases para transporte

El Cloro se transporta como líquido en cilindros de acero con capacidad para 45 Kg., 50 Kg., 55 Kg., y 68 Kg. También en recipientes con capacidad para 907 Kg. y 1000 Kg. y en ISO-TANK con capacidad para 22 IM.

En caso de derrames o fugas

Aléjese de la zona afectada en dirección contraria al viento. Siempre use el equipo de protección en caso de fuga. En el caso de cilindros, poner en posición vertical para que fugue gas y no líquido. En los tres tipos de envases usar el kit de emergencia correspondiente. **NUNCA** use agua sobre una fuga de cloro. Avise a los números de emergencia indicados.

Figura 26. Mangas, dirección de viento.



4.3 EFECTOS DEL CLORO SOBRE LA SALUD

El gas tiende a irritar las membranas mucosas y vías respiratorias. No hay un antídoto específico para el Cloro. La atención médica apropiada es importante para aliviar los síntomas. Lo habitual es que un paciente afectado se recupere totalmente. Si una persona ha inhalado, se le debe retirar al aire fresco, iniciando respiración artificial si ha dejado de respirar. Se puede suministrar oxígeno cuando vuelva a respirar. Nunca debe administrarse comida, líquido o medicina a una persona inconsciente. El paciente debe ser colocado en posición cómoda, mantenerlo abrigado hasta la llegada del médico. Si la persona ha tenido contacto con la piel, se debe lavar toda la zona afectada con abundante agua y jabón. Jamás se debe neutralizar el efecto del Cloro con agentes químicos. Pomadas o cremas pueden ser aplicadas solo por prescripción médica. Toda la ropa contaminada debe ser removida de inmediato. Se debe lavar cuidadosamente la ropa antes de volver a ser usadas y los zapatos que no sean de goma deben ser eliminados. Si la persona ha tenido contacto con los ojos, se debe lavar de inmediato con abundante agua durante 15 minutos, el lavado se debe continuar hasta que llegue el médico, quien es el único que puede autorizar el uso de alguna crema.

4.4 EFECTOS DEL CLORO EN EL MEDIO AMBIENTE

El cloro se disuelve cuando se mezcla con el agua. También puede escaparse del agua e incorporarse al aire bajo ciertas condiciones. La mayoría de las emisiones de cloro al medio ambiente son al aire y a las aguas superficiales.

Una vez en el aire o en el agua, el cloro reacciona con otros compuestos químicos. Se combina con material inorgánico en el agua para formar sales de cloro, y con materia orgánica para formar compuestos orgánicos clorinados.

Debido a su reactividad no es probable que el cloro se mueva a través del suelo y se incorpore a las aguas subterráneas.

Las plantas y los animales no suelen almacenar cloro. Sin embargo, estudios de laboratorio muestran que la exposición repetida a cloro en el aire puede afectar al sistema inmunitario, la sangre, el corazón, y el sistema respiratorio de los animales.

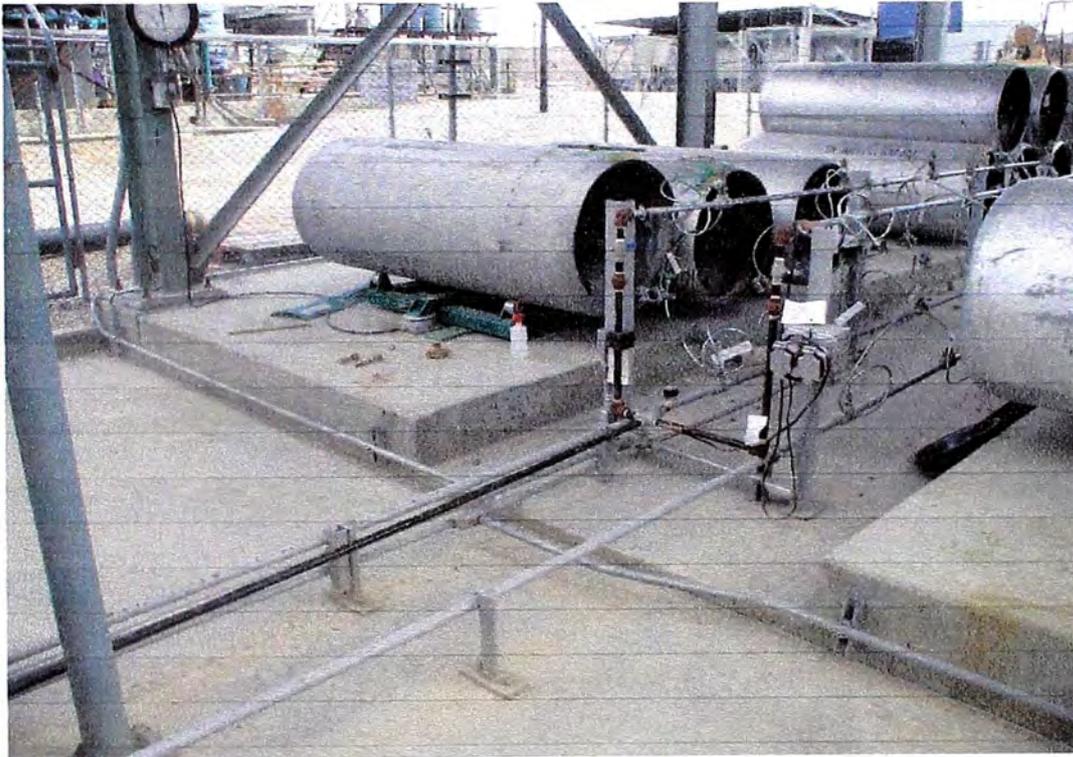
El cloro provoca daños ambientales a bajos niveles. El cloro es especialmente dañino para organismos que viven en el agua y el suelo.

4.5 MANEJO DE SISTEMA BY-PASS EN PLANTAS DE CLORO.

Este sistema tiene como finalidad la desgasificación del cloro remanente de los envase de cloro líquido.

Cerrar totalmente las válvulas principales de cloro líquido de los recipientes y hacer lo contrario con las válvulas de gas, asegurarse que todas las válvulas unidas a la línea de compensación de presión se encuentren aperturadas.

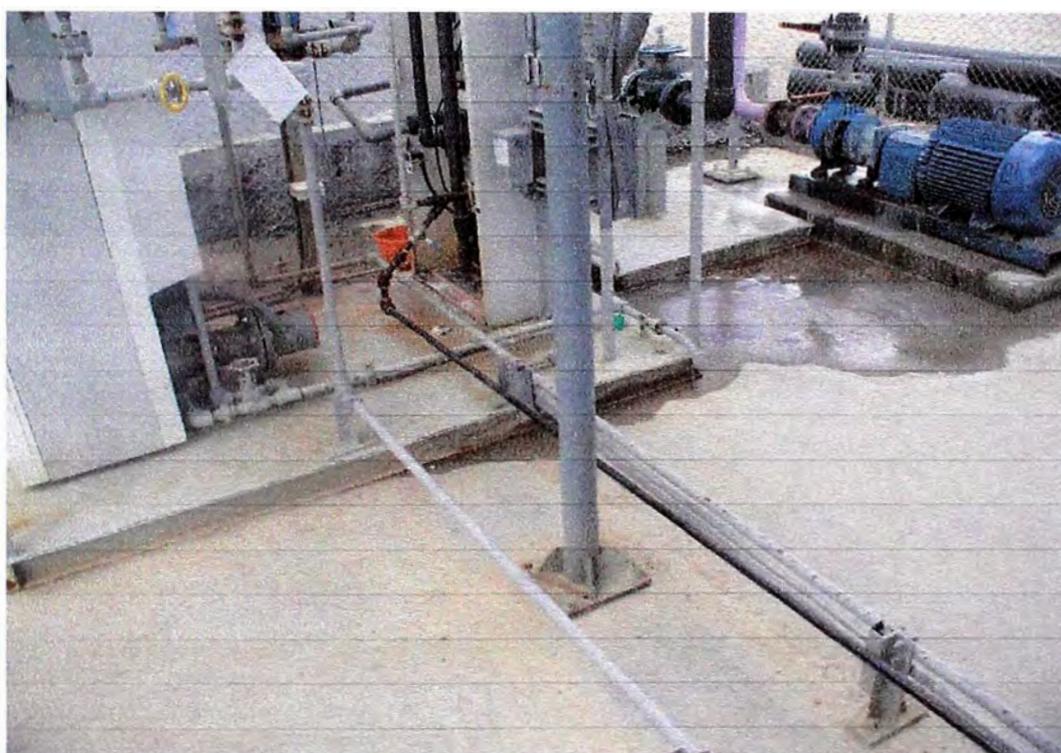
Luego abrir la válvula (de bola) evacuadora de gas de la línea a desgasificar (A o B).



Verificar la presión (50 psi aprox.) de la línea con el manómetro ubicado en el by-pass.



Después aperturar la válvula principal del by-pass con bastante precaución y muy lentamente.



La evacuación del cloro gas se monitorea a través del manómetro. Terminado el proceso realizar el control del peso correspondiente de los envases.



4.6 PROCEDIMIENTO PARA DETENER EL TRÁFICO EN CASO DE ESCAPE DE CLORO

En la Planta de tratamiento de agua de Yanacocha Norte se usa Cloro para la destrucción del Cianuro y complejos de cianuro de la solución barren que se encuentra en exceso; el Cloro es un agente de alto poder oxidante y en contacto con el sistema respiratorio irrita las membranas mucosas, en altas concentraciones produce dificultades al respirar y quemaduras con la piel y ojos.

La acción más segura para las personas ajenas al proceso es alejarse de la zona afectada en dirección contraria al viento; para identificar correctamente la dirección del viento se han instalado mangas de viento (ver gráfico siguiente) en los puntos críticos de la Planta de tratamiento de agua.

Dada la proximidad de la carretera principal Pampa Larga-Cajamarca y la Planta de tratamiento de agua es obligatorio que todas las unidades que transiten por el costado de dicha Área se desvíen en lo posible hacia el oeste según el Plano adjunto cuando el sistema se alarmas se activen.

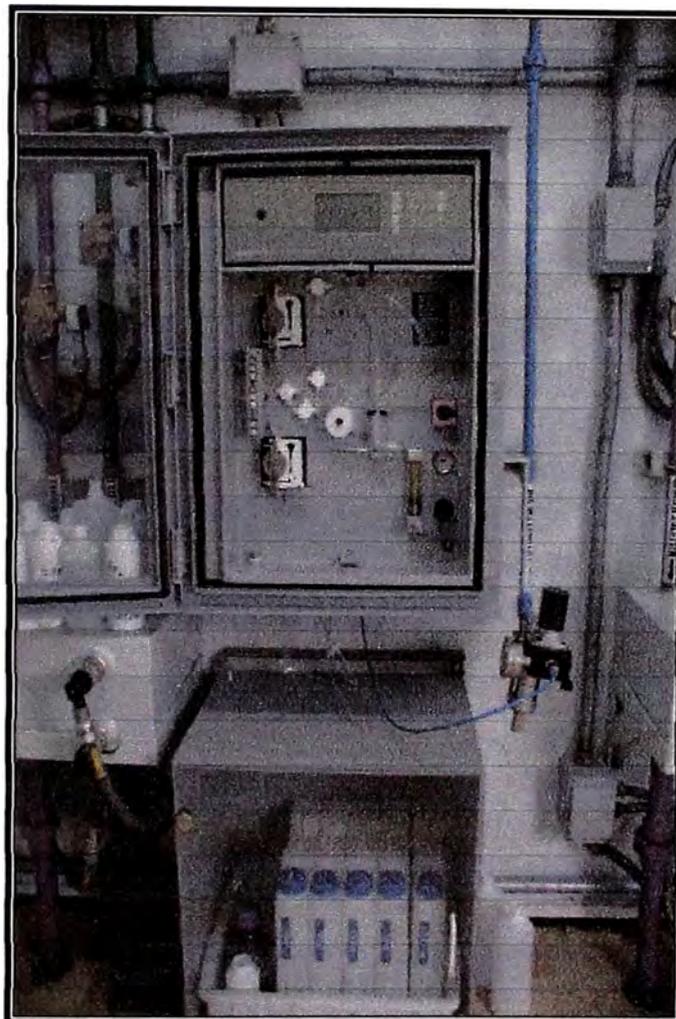
El sistema de alarma esta conformado por una sirena de gran alcance y una luz roja de PARE en cada punto de desvío del trafico señalados en el diagrama adjunto, cuando ambos sistemas se active las unidades tomara la ruta alterna y de inmediato personal de la Planta de procesos colocara CONOS DE SEGURIDAD para reforzar la medida.

El sistema de alarmas se activara automáticamente cuando el sensor de cloro instalado en el área del sistema de cloración de la Planta de tratamiento de agua detecte una concentración de cloro gaseoso mayor o igual a 3 ppm.

5 NUEVAS TECNOLOGICAS

5.1 ANALIZADOR DE MERCURIO PA-1

Figura 27

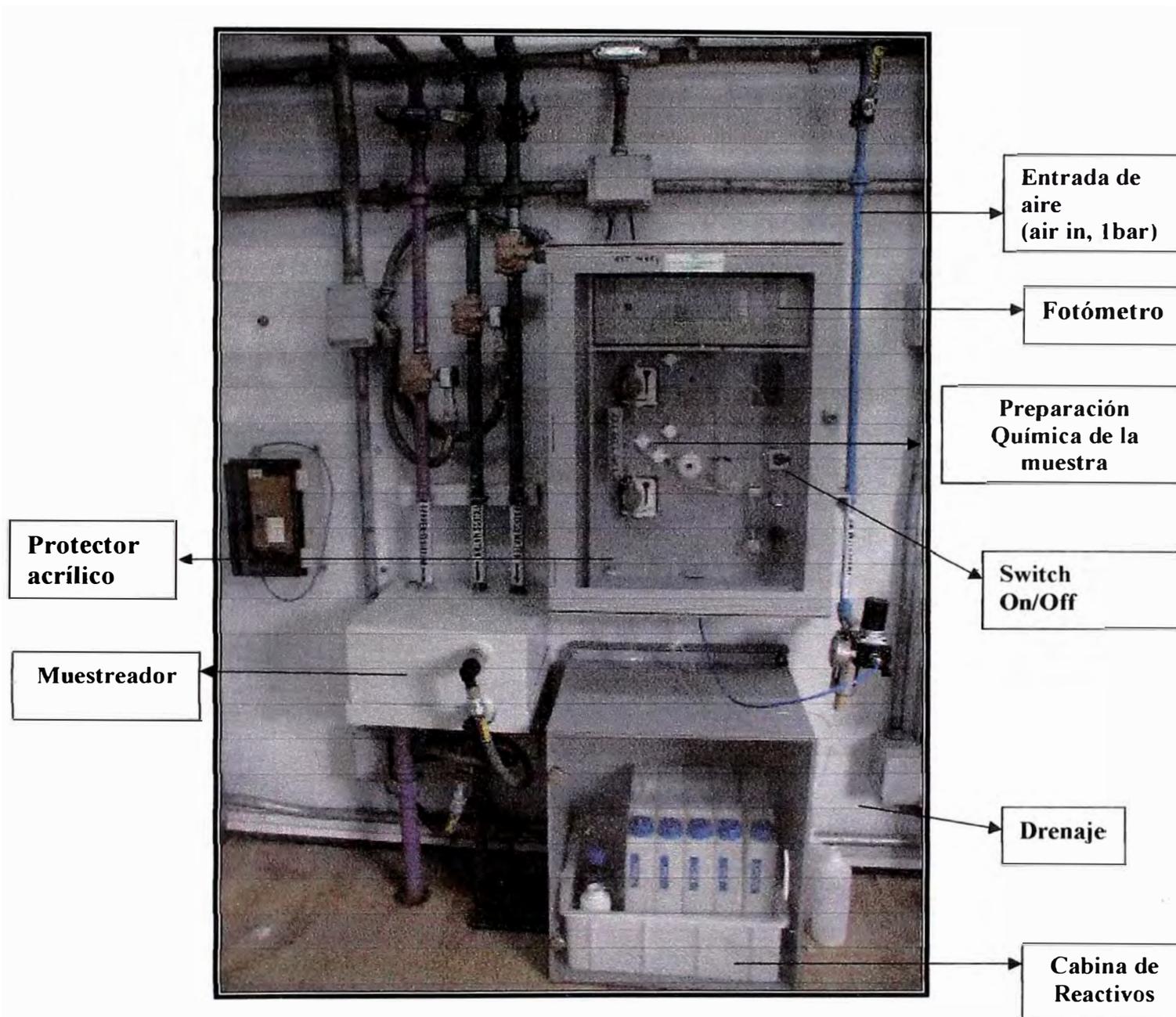


Para una operación segura

Debe usar EPP (guantes quirúrgicos y lentes de seguridad) al manipular el equipo y durante el funcionamiento del equipo el protector acrílico debe estar en su lugar. No operar el equipo si está malogrado sabiendo que la reparación y mantenimiento del equipo debe ser realizado únicamente por personal capacitado.

Principales partes del equipo

Figura 28.



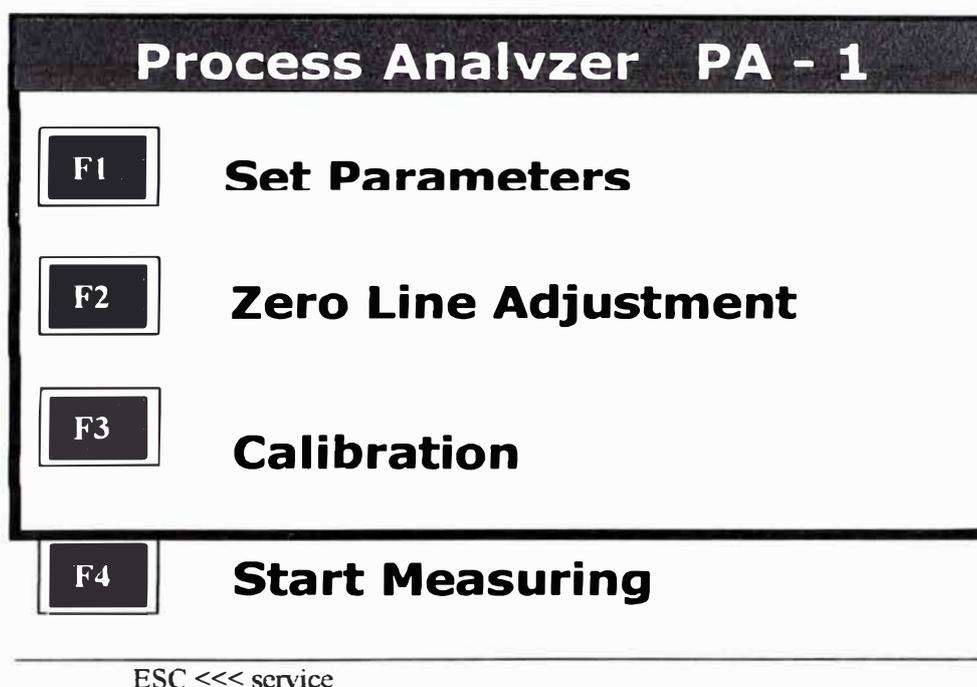
Recorrido de la muestra

La muestra es transportada por medio de bombas peristálticas al área de Preparación de Química de la Muestra, donde la cantidad de mercurio en la muestra es reducido a su estado elemental (mercurio gaseoso) por una solución de cloruro estañoso (SnCl_2). Una corriente de aire separa el mercurio gaseoso

de la muestra y es llevado a una celda óptica (dentro del fotómetro) en esta celda el mercurio es determinado a una longitud de onda de 253.7 nm. Por último una computadora interna realiza la evaluación cuantitativa de los resultados.

Procedimiento para analizar

Revisar líneas de ingreso de: aire, muestra y reactivos que se encuentren en buen estado y el nivel de soluciones de reactivos. Si existen sedimentos o la cantidad es insuficiente (aprox. $< \frac{1}{4}$ del container) cambiar de solución. Luego encender el equipo girando el switch a la posición "I" y esperar que la lámpara UV se estabilice apareciendo en la pantalla el siguiente menú principal:



Revisar si existe contaminación en las mangueritas que llevan la solución de reactivos, **SI EXISTE CONTAMINACION**; proceder para su cambio. Los puntos a chequear diariamente son el flujo y presión de aire.

14907	8 L/h	1 bar
14908	50 L/h	1 bar

Para empezar analizar, la secuencia básica es: primero el equipo hace un auto cero, segundo una calibración y tercero analiza la muestra. Los parámetros de esta secuencia (concentración de Standard, tiempo de duración de calibración, etc.) han sido programados anteriormente, **NO MOVER**. Empezar por lo siguiente:

⇒ **Auto Zero:**

- a) Presionar **F2** en el menú principal, dejar que esta secuencia termine.
- b) No interrumpir la secuencia, hasta que la regresión llegue hasta cero.
- c) Al finalizar, automáticamente el equipo regresará al menú principal.

⇒ **Calibración:**

- a) Presionar **F3** en el menú principal, en la pantalla aparecerá 2 opciones:
 - F1** : Perform Calibration
 - F2** : Recall Calibration Data
- b) Tú puedes elegir **F2** para revisar las calibraciones anteriores.
- c) Eligiendo **F1**, en la pantalla aparecerá 2 opciones:
 - F1** : 1-Point – Calibration
 - F2** : 2-Point-Calibration.
- d) El equipo está diseñado para trabajar con un solo punto de calibración, por lo tanto elegimos **F1**, en el sub menú que presenta esta opción se van a ingresar la concentración del Standard y medida del rango (concentración máxima para analizar). **Estos datos ya están ingresados no tocar**

- e) Se empieza la calibración presionando la tecla **F3**.
- f) EL equipo automáticamente hace un auto zero; al finalizar esta acción el equipo empieza hacer la calibración correspondiente, la pantalla muestra lo siguiente: Ejemplo: para el equipo 14907

Calibration Mode

Conc. of Standard : ug/l

Absorb:

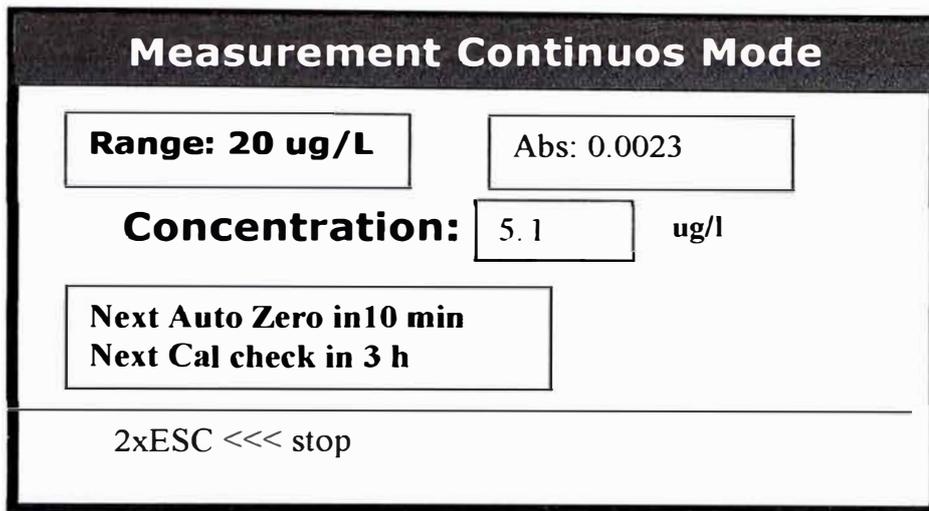
Time left:

2xESC <<< stop

- g) Después que el equipo a terminado la secuencia de calibración (cuando time left llegue a cero el equipo regresa al menú principal.
- h) La calibración se ha desarrollado totalmente y se alcanzó la absorbancia optima; empezar a medir

		Rango de Absorbancia
14907	10 ppb Hg	0.0259 – 0.0369
14908	300 ppb Hg	0.0350 – 0.0739

- ⇒ **Midiendo:** El equipo esta programado para hacer mediciones permanentes.
- a. Para empezar a medir, presionar **F4** “Start Measuring”, en el menú principal, la pantalla mostrará lo siguiente:



- **Range (ug/l):** es la máxima concentración que el equipo puede analizar.
- **Absorbancia (Abs):** es el resultado de la absorbancia que el fotómetro reporta para la muestra actual que se está analizando.
- **Concentración (ug/l),** es la concentración de mercurio actual que se está analizando.
- **Next Auto Zero:** significa que el siguiente auto zero se realizará en 10 minutos.
- **Next Calibration:** significa que la siguiente calibración se realizará en 3 horas

Si se desea regresar al menú principal presionar dos veces **ESC**.

Parámetros que se debe controlar

Flujo y presión del ingreso de aire, Chequeo visual del nivel de los reactivos, Chequeo visual del recorrido de la muestra, No deben existir burbujas de aire continuas, Chequeo de la concentración del Estándar. Tanto el equipo 14907 y 14908 están programados para que cada 4 horas realice un chequeo de la concentración del Standard, por lo tanto debemos estar alertas al momento que se realice este procedimiento, si al terminar en la pantalla aparece el siguiente mensaje.

Cal. Check Range	
Conc. of Standard :	<input type="text" value="10"/> ug/l
Range +/- :	<input type="text" value="2"/> ug/l
Conc. of Standard Actual:	7.8 ug/L
Last Calibration Check Failed F1 mos Info	

Esto nos está indicando que la calibración anterior esta fallada fuera de rango, por lo tanto debemos de volver a realizar una nueva calibración, si el problema persiste revisar la fecha que se preparó el estándar.

Chequeo manual de la concentración del estándar

Seguir los siguientes pasos:

- a) Sacar una cantidad (aprox. 50 ml) de solución Standard de calibración en otro recipiente (frasco de PVC)
- b) Colocar la manguerita que lleva la solución muestra al recipiente anterior que contiene solución Standard de calibración
- c) Luego, analizar esta solución Standard como muestra.

- d) El resultado debe estar en el rango de medida, es decir para el estándar de concentración de 10 ppb, el rango aceptable esta entre 8 a 12 ppb Hg y para el estándar de concentración 300 ppb debe estar entre 270 y 330 ppb Hg.
- e) Si el resultado no esta entre este rango, las posibles causas y que se debe hacer se muestran en el siguiente cuadro:

Posible errors (Posible errores):	What to do (Que hacer?):
Concentration of check Standard solution wrong Chequeo de concentración de estándar falso	Use freshly prepared solution Use solución recientemente preparada
Check standard solution is altered / aged Solución estándar esta alterada o vieja	Use freshly prepared solution Use solución recientemente preparada
Reduction reagent aged Reactivo de reducción (SnCl ₂) viejo	Use freshly prepared reduction reagent Use solución de SnCl ₂ recientemente preparado
Airflow not correct Flujo de aire no correcto	Adjust airflow Ajustar flujo de aire
Flow rate of sample pump not correct El ratio de flujo de la muestra no es correcta	Check pressure of sample pump channel guide, check sample pump tubing for alterations/wear, check tubing for deposits and clean if necessary Chequear manguerita de la bomba que lleva la muestra por alteraciones o deterioro, chequear manguerita por depósitos y limpiar si es necesario(ver procedimiento)
Sample valve does not work properly Válvulas de la muestra no trabajan apropiadamente	Check valves by manually pressing the pinch cylinder, check valve tubing Chequear válvulas presionando manualmente el pinch cylinder, chequear manguerita de la válvula
Incorrect zero point adjustment	Check zero solution and replace if

Incorrecto ajuste del punto cero (auto cero)	necessary Chequear solución cero y remplazar si es necesario
Tubing between stripping reactor and photometer not tight La manguerita entre separador líquido/gas y fotómetro no está ajustada	Check tubing and fix or replace if necessary Chequear manguerita y asegurar o reemplace si es necesario

Problemas y soluciones

a) Chem 1 / Chem 2:

Este mensaje aparece en la pantalla si el reactivo reductor, SnCl₂ (=chem1= sensor B3) o el flujo de Hidroxilamina, NH₃OHCl (=chem2= sensor B4) es interrumpidas por burbujas de aire

Posible errores:	Que hacer:
Tanque de reactivo vacío	Llenar con nuevo reactivo
Manguerita de reactivo no esta inclinada dentro del líquido	Arreglar manguerita de reactivo que este inclinada dentro el líquido

b) Leakage:

Este mensaje aparece en pantalla si hay fuga de líquido desde alguna parte del instrumento y el sensor de escape B5 es activado

Posible errores:	Que hacer:
Escape por manguerita de bomba	Reemplazar manguerita de la bomba
Conexión de manguerita llegó cerrada	Nuevamente conectar manguerita
Presión fuera en manguerita causada por tapón	Limpiar o remplace manguerita

c) Flor :

El mensaje aparece en la pantalla si el flujo de stripping de aire es bajo

Posible errores:	Que hacer:
Alimentación de presión baja	Chequear fuente y línea de aire
Ajuste de presión de aire no es correcto	Regular presión de aire usando

d) Lamp:

Este mensaje aparece si el tiempo de vida de la lámpara en el fotómetro ha llegado a su final

Posible error:	Que hacer:
Lámpara esta gastada	Reemplazar lámpara

Apagado de equipo

Solo en caso de no ser usado por largo tiempo (1 semana) o por mantenimiento: Hacer aspirar agua destilada en lugar de solución muestra y reactivos por unos 5 minutos. Girar el swith a la posición "OFF" y cerrar el protector acrílico.

5.2 PROCEDIMIENTOS ANALIZADOR EN LINEA CN WAD

Figura 29.



Mantenimiento diario

a. Verificar las curvas de calibración de las últimas 24 horas:

- Si el $r^2 < 0.99$ en muchas calibraciones, considerar reemplazar los Estándares.
- Si la sensibilidad ha bajado de 25%, limpiar los electrodos.
- Si esto no ayuda, reemplazar la membrana.

b. Verificar las lecturas del Check Standard de las últimas 24 horas:

- Si la concentración medida difiere de la concentración real por más de $\pm 15\%$, entonces evaluar la calibración.
- Si la calibración es buena, preparar un nuevo Check Standard.
- Si la calibración es mala, regresar al punto 1.1.

c. La presión del sistema < 20 PSI: Si es mayor buscar obstrucciones desacoplando los montajes sistemáticamente y las bombas para probar la restricción de flujo.

d. Realizar un chequeo visual del nivel de:

- Estándares de Calibración.
- Check Standard.
- mLR.
- H₂SO₄.
- NaOH.
- Desperdicio.

e. Goteras o Fugas en cualquier montaje: Si se encuentra alguna fuga, reemplazar el montaje.

f. Flujo en el sistema de muestreo de tubing: Si no hay, buscar obstrucciones en la succión de la bomba.

g. Flujo de muestra del proceso

Esquema de reemplazo

Este esquema se realizará cada 4 días:

a. Si el analizador está ocupado en alguna medición, presionar ESC para terminar el procedimiento. Si está en estado de espera, presionar Alt-Q para acabar el procedimiento.

b. Realizar el Mantenimiento Diario.

c. Vaciar la botella de Desperdicio.

d. Llenar el depósito de NaOH. Asegurarse que no quede aire en el depósito.

e. Llenar el depósito de H₂SO₄. Asegurarse que no quede aire en el depósito.

f. Si es necesario, llenar los depósitos de Estándares de Calibración.

g. Si es necesario, llenar el depósito del Check Standard.

h. Si es necesario, llenar el depósito del mLR con 30mL

i. Si la sensibilidad ha caído significativamente ($\pm 25\%$) o la forma de la curva de medición es irregular, revisar los Electrodo de Plata en la Celda de flujo y asegurarse que estén limpios.

j. Si el tiempo del pico máximo ha cambiado significativamente (± 5 sec), reemplazar la membrana.

k. Si se ha llenado los depósitos de Estándares de Calibración, ejecutar CALIB.PDR (desde el Menu Repeated/ Main Procedure) con el fin de chequear los Estándares de Calibración

Verificación abreviada del performance

La siguiente Verificación de Performance (abreviada) debe realizarse una vez al mes para asegurar que el Analizador esta bajo control.

- a. Anotar el r^2 de la última calibración en la tabla.
- b. Calcular la desviación Standard s , para los últimos 10 análisis del Check Standard. Esto se calcula en Excel. Anotar en la tabla.
- c. Ejecutar el procedimiento, MANUAL.PDR, para cada muestra siguiente:
 - Standard + Blanco
 - Standard + Blanco + Muestra
 - Muestra
 - Solución de 0.1ppm de Cianuro de Níquel
 - Solución de 0.1ppm de Cianuro de Mercurio
- d. Anotar los resultados en la tabla. La recuperación máxima se calcula mediante formula en Excel según la siguiente ecuación:

$$R = \frac{100 \times (A - B)}{C}$$

Donde:

R = % Recuperación

A = la altura Máxima para Standard + Blanco + Muestra

B = la altura Máxima para Muestra

C = la altura Máxima para Standard + Blanco

- e. Comparar los datos según al criterio de evaluación requerido.
- f. Si hay problemas, repetir la verificación.

Preparación de reactivos

- a. Solución de NaOH 0.2M: Disolver 8gr de NaOH en 1000 ml de agua destilada.
- b. Solución de NaOH 0.05M para Estándares CN: Disolver 2g de NaOH en 1000 ml de agua destilada. Esta solución también puede usarse Solución Blanca.
- c. Solución de H₂SO₄ 1M: Agregar cuidadosamente 55 ml de H₂SO₄ concentrado a 500 mL de agua destilada. Esta mezcla es muy exotérmica, la adición debe hacerse despacio con un poco de agitación para prevenir

salpicaduras del ácido. Agregar 1gr de $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, y mezclar hasta disolver. Enrasar la fiola de 1000 mL con agua destilada. Mezclar bien.

d. Solución de mLR: Este reactivo se prepara como 1% LER-A y 0.01% LER-B. Mezclar 1mL de LER-A y 1 mL de LER-B y diluir en una fiola de 100mL con agua destilada. La preparación previa de estas soluciones describe a continuación:

- *Solución Stock de LER-A:* Este reactivo ya viene en solución de la compañía OI Analytical.
- *Solución Stock de LER-B:* Disolver 0.1 gr. de reactivo en 10 mL. de agua destilada.

e. Solución Stock de NaCN (1 mL = 100 mg CN^-) (100ppm): Disolver 0.0188 gr. de NaCN (100% puro) en 100 mL de 0.05M NaOH. Almacenar en frasco color ámbar a 4°C. Antes usar, estandarizar la solución Stock como sigue:

- Pipetear 1 mL de Solución Stock en un vaso de 250 mL que contiene 100 mL de solución 0.05M de NaOH.
- Agregar 3 gotas de indicador Rodamina
- Titular con Solución de Nitrato de Plata 0.1N hasta cambio de coloración desde amarillo a naranja.
- Titular de la misma forma, 100mL de solución 0.05M de NaOH
- Calcular la Concentración de Cianuro según:

$$C = \frac{520 (A-B)}{D}$$

D

Donde:

C = La concentración de Cianuro en la Solución Stock

A = El volumen del Nitrato de Plata para la Solución Stock

B = El volumen del Nitrato de Plata para la solución 0.05M de NaOH

D = El volumen de muestra de la Solución Stock

f. Estándares de Calibración de Cianuro: Preparar todos los Estándares de Calibración y el Check Standard con solución 0.05M NaOH para su preservación. Diluir los volúmenes de la siguiente tabla 1 en fioas de 50mL con 0.05M NaOH para obtener los Estándares. Almacenar en frascos color ámbar a 4°C.

Tabla 2: Diluciones para Estándares de Calibración

Standard	Concentración, $\mu\text{g/mL}$ (ppm)	Volumen de Solución Stock 100 mg/L NaCN (μL)
1	0.10	50
2	0.20	100
3	0.40	200
Check	0.15	75

g. Solución Stock de Cianuro de Níquel (1 mL = 100 mg CN^-) (100ppm): Pesar 0.0232 gr. de $\text{K}_2\text{Ni}(\text{CN})_4$ (100% de pureza) en una fiola de 100 mL. Diluir con Solución 0.05M NaOH. La solución debe guardarse en un frasco color ámbar a 4°C.

h. Solución Stock de Cianuro de Mercurio (1 mL = 100 mg CN^-)(100ppm): Pesar 0.0490 gr. de $\text{Hg}(\text{CN})_2$ (99% de pureza) en una fiola de 100 mL. Diluir con Solución 0.05M NaOH. La solución debe guardarse en un frasco color ámbar a 4°C.

i. Soluciones 0.1 ppm $\mu\text{g/mL}$ para pruebas del mLRL: Pipetear 1mL de cada Stock (Stock de Cianuro de Níquel y Cianuro de Mercurio) y diluir 1000 veces con 0.05M NaOH en una fiola de 1 Lt.

j. Solución Standard + Blanco: Usando una micro pipeta, pipetear 100 μL de la Solución Stock de 100ppm de CN – en una fiola de 100 mL y diluir con Solución 0.05M NaOH.

k. Solución Standard + Blanco + Muestra: Usando un micro pipeta, pipetear 100 μL de la Solución Stock de 100ppm de CN – en una fiola de 100 mL y diluir con la solución muestra.

Reemplazo de consumibles y reactivos

a. Reemplazo de Consumibles: Los siguientes componentes deben reemplazarse periódicamente según lo indicado:

- La membrana del teflón se reemplaza cuando sea necesario o según la experiencia.
- El electrodo de referencia se reemplaza según la experiencia.
- Los electrodos de Plata se reemplaza una vez por año.
- Los estatores y rotores de la válvula selectora se cambian una vez cada dos años de tiempo de servicio.
- Las partes móviles de las bombas MilliGat se cambian una vez cada dos años de tiempo de servicio

En la configuración actual, la tabla 2 indica el consumo de reactivo según análisis y por día basado en el procedimiento MEASURE.PDR.

Tabla 3: Consumo de reactivos

Reactivo	Medida (mL)	Por Día ¹ , (mL)	Por Semana (mL)
NaOH	1.15	552 mL	3864
H ₂ SO ₄	0.483	232 mL	1624
MLR	0.008	3.9 mL	27
Check Standard	0.040	3.9 mL	27
Standards de Calibración	0.040	0.5 mL ²	4

Tareas de mantenimiento

a. Reemplazo de la membrana de la Unidad de Difusión de Gas

Utilizar guantes domésticos para evitar el contacto con el ácido y la soda

- Colocar el Detector Amperométrico en la posición STANDBY
- Desconectar las 4 conexiones de fluido
- Soltar los pernos de montaje

¹ Basado en 4 mediciones de muestra y 1 Check Standard cada 15 minutos

² Basado en 1 Calibración cada 4 horas

- Enjuagar la Unidad de Difusión de Gas con agua
- Retirar los 10 pernos de sujeción
- Abrir la Unidad de Difusión de Gas
- Retirar la membrana y reemplazarla por una nueva. Asegurarse que la membrana este centrada y aplanada sobre el serpentín.
- Cerrar la Unidad de Difusión de Gas, asegurándose que las marcas de alineación coincidan para que los canales del serpentín también coincidan.
- Ajustar los 10 pernos de sujeción en forma de zig-zag. Los pernos largos deben estar en la correcta posición para el montaje. Ajustar sin usar llaves, es suficiente apretar con un destornillador mientras que con los dedos se coge la tuerca
- Montar la Unidad de Difusión de Gas en el Analizador
- Conectar las 4 conexiones de fluido.
- Colocar el Detector Amperométrico en la posición CELL

b. Limpieza del electrodo de Plata

- Colocar el Detector Amperométrico en la posición STBY (Stand by)
- Desconecte los cables del electrodo
- Soltar el perno inferior de sujeción de la Celda.
- Desmontar la Celda
- Limpiar los Electrodo de Plata suavemente con papel toalla húmeda. Quitar cualquier residuo de los electrodos
- Armar la Celda
- Ajustar con el dedo el perno inferior de sujeción de la Celda.
- Retirar el electrodo de referencia desenroscándolo.
- Presionar la tecla F4 para enviar solución hasta que se vea salir gotas del asiento del electrodo de referencia
- Detener el flujo presionando F9
- Enroscar el Electrodo de Referencia
- Conectar los cables del Electrodo
- Colocar el Detector Amperométrico en la posición CELL
- Probar el funcionamiento correcto ejecutando CHECK.PDR

Parada del equipo y sistema

- a. Vaciar los depósitos de H_2SO_4 , NaOH, mLR, Estándares de Calibración y Check Standard y cambiarlos por agua destilada.
- b. Ejecutar el procedimiento PRIPUMP.PDR cinco veces para lavar las bombas con el agua destilada
- c. Ejecutar el procedimiento PRIMEALL.PDR cinco veces para lavar todas las líneas con el agua destilada
- d. Retirar el Electrodo de Referencia y guardarlo
- e. Vaciar el Depósito del Desperdicio.
- f. Cortar el flujo hacia los filtros de las muestras.
- g. Apagar el Detector Amperométrico. Esto es importante para que la batería no se descargue totalmente.
- h. Apagar el sistema

Arranque del equipo y sistema

- a. Verificar la condición de los filtros en-línea. Reemplazar si es necesario.
- b. Enviar flujo al sistema de muestreo.
- c. Llenar todos los depósitos con reactivos y Estándares nuevos.
- d. Reemplazar la membrana de la Unidad de Difusión de Gas.
- e. Limpiar los Electrodo de Plata.
- f. Reemplazar el Electrodo de Referencia.
- g. Encender el switch del Detector Amperométrico. Si el Detector no enciende reemplazar la batería.
- h. Energizar el Analizador.
- i. Ejecutar el procedimiento PRIPUMP.PDR cinco veces para cargar el sistema con los nuevos reactivos.
- j. Ejecutar el procedimiento PRIMEALL.PDR tres veces para llenar las líneas con los reactivos y Estándares.
- k. Ejecutar el procedimiento CHECK.PDR cinco veces para asegurar que las mediciones son estables.
- h. Ejecutar la verificación de Performance para asegurar funcionamiento correcto del Analizador.

6 CONCLUSIONES

- ↓ Minera Yanacocha es una empresa respetuosa de las leyes medioambientales nacionales e internacionales vigentes. Esto se refleja en que los únicos afluentes de MYSRL son procesados en las Plantas de Tratamiento de Aguas, cuyo monitoreo y auditoria es regulado por Laboratorios de Control de Calidad de Agua nacionales e internacionales.
- ↓ En relación a los Límites Máximos Permisibles normados por el Ministerio de Energía y Minas, MYSRL opera con Límites Máximos Internos que son inferiores a los fijados por el Ministerio.
- ↓ MYSRL dispone de equipos analizadores de Mercurio, CN Wad y CN Libre en línea únicos en el mundo. Estos equipos son parte del desarrollo de tecnología de Newmont. Esto con la finalidad de garantizar la calidad del agua tratada, así como el alto performance de la operación.
- ↓ El sistema actual de Tratamiento de Aguas de Excesos empleada en Minera Yanacocha es adecuada para tratar solución cianurada proveniente de la Planta de Procesos Merrill-Crowe.
- ↓ El control de la eficiencia de tratamiento de la Planta EWTP es necesario para llevar un adecuado manejo del balance de soluciones en el sistema de MYSRL.
- ↓ Es necesario controlar eficientemente la dosificación de reactivos en la planta EWTP, a fin de asegurar la cantidad exacta y necesaria para este tratamiento. Su control repercutirá significativamente en los costos por consumo de los mismos.

Siendo el Cloro el reactivo más importante, y por consiguiente, el que más se utiliza, es necesario optimizar su dosificación sin afectar negativamente sobre la calidad de las aguas tratadas.

- ↓ Es necesario tener en cuenta de que existen nuevas tecnologías para el Tratamiento de Soluciones Cianuradas, así como el Proceso de Osmosis Inversa, MYSRL cuenta con dos Plantas de Tratamiento de Aguas Excedentes por Osmosis Inversa, con capacidad de 1,500 m³/hr.

7 REFERENCIAS

- ↓ Newmont Exploration Limited Metallurgical Services, 1994 “Laboratory and Plant Testing for the Pampa Larga Plant Water Treatment Process, Minera Yanacocha, Cajamarca – Perú”.
- ↓ Manuales de Operación y Procedimientos Internos del área de Procesos de Minera Yanacocha. 2000 – 2004.

8 ANEXOS

Análisis de Metales para compositos de descargas al Medio Ambiente desde el Buffer Pond:

Símbolo	Elemento	Unidades	Límite de la descarga
Ag	Plata	mg/L	0.1
Al	Aluminio	mg/L	0.2
As	Arsénico	mg/L	0.05
Ba	Bario	mg/L	2
Be	Berilio	mg/L	0.004
Ca	Calcio	mg/L	
Cd	Cadmio	mg/L	0.005
Cr	Cromo	mg/L	0.1
Cu	Cobre	mg/L	0.3
Fe	Hierro	mg/L	2
Hg	Mercurio	mg/L	0.002
K	Potasio	mg/L	
Mg	Magnesio	mg/L	150
Mn	Manganeso	mg/L	0.1
Na	Sodio	mg/L	
Ni	Níquel	mg/L	0.5
Pb	Plomo	mg/L	0.1
Sb	Antimonio	mg/L	0.006
Se	Selenio	mg/L	0.05
Tl	Talio	mg/L	0.002
Zn	Zinc	mg/L	1.0
Mo	Molibdeno	mg/L	0.18

Limites Máximos Permisibles – Ministerio Energía y Minas del Perú

Elemento	Unidades	Límite de la descarga
CN WAD	mg/L	0.2
Mercurio	mg/L	0.002
Cloro Libre	mg/L	3.7
pH	(en unidades estándares)	6-9

Limites Máximos Permisibles – MYSRL

Elemento	Unidades	Límite de la descarga
CN WAD	mg/L	0.1
Mercurio	mg/L	0.018
Cloro Libre	mg/L	1.5
pH	(en unidades estándares)	6-9