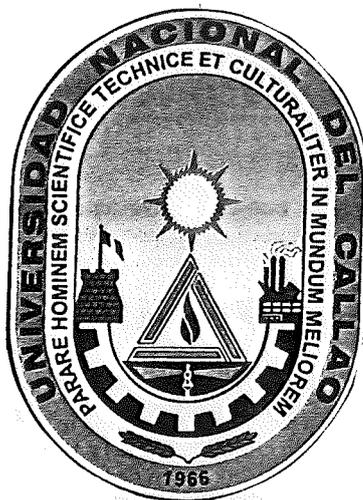


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“EVALUACION QUÍMICA AMBIENTAL EN UNA UNIDAD DE
PRODUCCION MINERO METALURGICA”**

TESIS

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

PRESENTADO POR:

MARIA PAULINA, ALIAGA MARTINEZ

ASESOR:

ING° LEONARDO MACHACA GONZALES

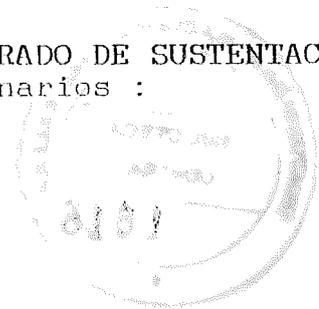
CALLAO - PERÚ

1998

La presente Tesis fué Sustentada ante el JURADO DE SUSTENTACION conformado por los siguientes Profesores Ordinarios :

ING° ESTANISLAO BELLODAS ARBOLEDA: PRESIDENTE
ING° ROBERTO LAZO CAMPOSANO : SECRETARIO
ING° RAYMUNDO CARRANZA NORIEGA : VOCAL
ING° LEONARDO MACHACA GONZASLES : ASESOR

Según figura en el Folio N° 177 asentado en el Acta N° 162 del Libro de Actas de fecha 17 DE DICIEMBRE DE 1998, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la modalidad de Titulación con Sustentación de Tesis, de acuerdo a lo normado por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado por Resolución N° 047-92-CU de fecha 18 de Junio de 1992.



DEDICATORIA:

Dedico este trabajo de tesis a mis queridos padres: Rosy y Any; hermanos: Carlos y Carmen y a mi futura familia.

AGRADECIMIENTO:

Agradesco a mis queridos padres: C. Rosenda Martínez de Aliaga y Aniceto Aliaga Carrasco por su gran amor y fortaleza que me han brindado cada día de mi vida para hacer de mi una realidad de sus sueños e ilusiones. También agradezco a mi asesor Leonardo Machaca G. y a todos aquellos amigos y amigas que colaboraron en este trabajo. Así mismo estoy agradecida a mi alma mater **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO** por darme la oportunidad de desarrollarme y formarme como profesional.

INDICE

	Pag.
I INTRODUCCION.....	01
II RESUMEN.....	03
III OBJETIVOS.....	04
IV ANTECEDENTES, JUSTIFICACION, IMPORTANCIA, ALCANCE	05
V ASPECTOS GENERALES.....	07
5.1 Descripción del Medio Ambiente.....	07
5.2 Descripción de las Actividades Minero Metalúrgicas.....	13
5.3 Descripción de Impactos Ambientales.....	52
5.4 Manejo Ambiental.....	57
5.5 Estabilidad Fisicoquímica de Canchas Relaveras.....	58
VI PARTE EXPERIMENTAL.....	65
6.1 Bases del Diseño Experimental.....	65
6.2 Metodología Aplicada al Diseño Experimental.....	65
6.3 Procedimiento Experimental.....	65
6.4 Selección de Parámetros.....	66
6.4.1 En Agua.....	66
6.4.2 En Aire.....	67
6.4.3 En Suelos.....	67

	Pag.
6.5 Metodología de Muestreo.....	67
6.5.1 En Agua.....	67
6.5.2 En Aire.....	74
6.5.3 En Suelo.....	75
6.6 Puntos de Muestreo.....	76
6.6.1 En Agua.....	76
6.6.2 En Aire.....	81
6.6.3 En Suelo.....	83
6.7 Metodología Aplicada a los Análisis.....	85
6.7.1 En Campo.....	85
6.7.1.1 En Agua.....	85
6.7.1.2 En Aire.....	87
6.7.1.3 En Suelo.....	88
6.7.2 En Laboratorio.....	88
6.7.2.1 En Agua.....	88
6.7.2.2 En Aire.....	102
6.7.2.3 En Suelo.....	126
6.8 Resultados Experimentales.....	127
6.8.1 Monitoreo de Aguas.....	127
6.8.2 Monitoreo de Aire.....	144
6.8.3 Monitoreo de Suelo.....	149
6.9 Recolección y Tabulación de Datos Experimentales.....	150

	Pag.
6.10 Evaluación y Discusión de Datos Experimentales.....	160
6.11 Medidas Tomadas para Minimizar Errores.....	169
6.12 Discusión e Interpretación de Resultados.....	171
VII EVALUACION Y ANALISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES..	191
VIII ESTABLECIMIENTO DE UN MODELO DE CONTROL SIMULTANEO.CONTAMINANTES EN EL CURSO DEL RIO..	205
IX ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO.....	208
X DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE REVEGETACION DE SUELOS.....	209
XI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	211
XII BIBLIOGRAFIA.....	213
XIII ANEXOS.....	216

I.- INTRODUCCION

En principio la finalidad de evaluar contaminantes generados por las actividades de una unidad de producción minero metalúrgica apunta a aplicar diferentes metodologías y técnicas de análisis para aguas, aire y suelos, lo cual conlleva a actualizar y mejorar métodos, controlar el proceso en la planta concentradora, caracterizar el mineral que se procesa y los reactivos empleados para identificar la toxicidad de las sustancias químicas que están presentes.(1)

El manejo del recurso agua, aire y suelo constituye una parte vital e integral en las operaciones debido a que es una fuente potencial de contaminación cuyo efecto consecuente origina problemas en la salud humana y en el medio ambiente.

Por esta razón se identifican las fuentes potenciales de descargas de contaminantes desarrollando programas de monitoreo para su evaluación y cuantificación en puntos estratégicos, estableciendo redes de monitoreo continuo en el área de estudio e integrando la información necesaria para la interpretación de los resultados mediante el análisis comparativo con standards ambientales vigentes. La evaluación de la calidad de aire ambiental se realiza mediante la toma de muestras y análisis de gases y partículas en fuentes de inmisión y emisión.

La caracterización de suelo fértil y sedimentos de relaves sirven para obtener información de los parámetros de contaminación.

Los estudios de impacto ambiental y evaluaciones preliminares ambientales definen muchos lineamientos básicos que son necesarios aplicar: el grado de toxicidad que presentan actualmente las aguas de los ríos es un problema que se ha originado desde hace muchos años debido a las descargas de relaves de las plantas concentradoras agua de

mina, y residuos sólidos peligrosos, conduciendo a disminuir y eliminar la flora y fauna en el agua, aumentando así el riesgo de contaminación en la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, aire, suelos y salud humana.

Un sistema de manejo de recurso de agua considera fuentes potenciales de descargas de contaminantes relacionados con las operaciones mineras y de beneficio las cuales pueden impactar las aguas subterráneas y superficiales. Las metodologías aplicativas para manejar y tratar apropiadamente las descargas de contaminantes conllevan a reducirlos obteniendo resultados positivos y reduciendo impactos negativos.

La calidad de aire es otro de los problemas a tratar cuyo control tiene que ser continuo debido a las actividades que se desarrollan, ya sean movimientos de tierra, preparación mecánica del mineral o transporte del concentrado.

Los sedimentos de relaves antiguos que por su condición de estar acumulados en botaderos hace necesario aplicar en ellos un programa de revegetación para estabilizarlos.

Otros programas complementarios que deben desarrollarse paralelamente son las advertencias toxicológicas que deben formularse para el manejo de insumos y contaminantes que afecta la salud de seres vivos tanto de animales, planta y hombre. Por lo que las propuestas de solución deben ser las más adecuadas y acertadas para quienes manejen y controlen los costos de inversión en solución de los problemas ambientales, pues deben mitigar el deterioro producido y mejorar la calidad ambiental mediante la tecnología limpia, capacitación continua y preparación de los profesionales en trabajos ambientales.

II.- RESUMEN

El presente trabajo de tesis busca definir los lineamientos básicos para evaluar los contaminantes químicos ambientales en una unidad de producción minera metalúrgica de plata, plomo y zinc, que por sus actividades tanto en mina como en planta concentradora y fuentes generadoras de energía disturba el medio ambiente físico, biológico y social.

Mediante la evaluación de los resultados se realizó un diagnóstico situacional; formulando alternativas de tratamiento a los problemas actuales y aplicando ingeniería básica y de diseño para optimizar métodos de tratamiento y adecuación en la recuperación de la calidad de agua, aire y suelo.

En una evaluación ambiental se define y analiza el sistema de operación y proceso que se lleva a cabo quiere decir realizar un seguimiento a todas las etapas de la línea de producción e ir identificando los puntos generadores de contaminación. Una vez identificados se procede a seleccionar los parámetros según su grado de toxicidad. Al analizar los parámetros de contaminación se aplican métodos y normas que están vigentes y para fines de comparación se evalúa con los Límites Máximos Permisibles establecidos por las normas ambientales.

Al diagnosticar se obtiene los resultados de la calidad de agua, aire y suelos de tal manera que a partir de este punto se está en condiciones de formular todo tipo de alternativa viable económicamente, técnica y socialmente para resolver los problemas que se presentan.

III.- OBJETIVOS

3.1.- OBJETIVOS GENERALES:

Evaluar la contaminación química ambiental en una unidad de producción minera metalúrgica mediante la identificación de parámetros de contaminación que contribuyen a la incrementar la toxicidad del agua, aire y suelos. Aplicando métodos y técnicas de muestreo y análisis y en base a los resultados obtenidos del laboratorio evaluar la calidad de los efluentes por comparación con normas standard ambientales vigentes.

3.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS:

Desarrollar alternativas adecuadas para mejorar la calidad del agua residual provenientes de relaves, agua de mina y aguas servidas, mejorar la calidad del aire mediante la reducción de material particulado, estabilizar los relaves antiguos mediante técnicas de revegetación.

IV.- ANTECEDENTES, JUSTIFICACION, IMPORTANCIA Y ALCANCE

4.1 ANTECEDENTES

A la fecha se viene realizando en las unidades de producción minera evaluaciones químicas ambientales a las aguas de relaves, aire y suelos fértiles, debido a la toma de conciencia por conservar el medio ambiente y asegurar el futuro de nuestros semejantes se llega a la determinación de elaborar y promulgar decretos supremos que obligan a las empresas mineras a evaluar la calidad de agua, aire y suelos mediante programas de monitoreo continuo. (2)

4.2 JUSTIFICACION

Debido a las necesidades de controlar la calidad de las aguas de los ríos, cuencas y mar en el Perú, para evitar la contaminación generada por la actividad industrial del sector minero, petróleo, electricidad, pesquería, salud y otras se presenta este trabajo de tesis que servirá de base para el diseño de nuevos modelos en la evaluación de la calidad ambiental en otras plantas de beneficio de minerales.

En base a marcos legales y técnicos tales como el Código del Medio Ambiente, decretos supremos que formulan los Límites Máximos Permisibles para vertimientos en plantas minero metalúrgicas, Ley General de Aguas, Niveles Máximos Permisibles de Elementos y Compuestos presentes en Emisiones Gaseosas provenientes de las unidades mineras metalúrgicas y teniendo como base técnica Protocolos de Monitoreo para evaluar la Calidad de Agua, Aire y Suelos emitidos por Ministerio de Energía y Minas Normas Establecidas por la EPA, se fundamenta el siguiente proyecto de tesis.

La aprobación de los Límites Máximos Permisibles para efluentes líquidos minero metalúrgicos y otras leyes hace necesaria que los profesionales de las distintas áreas de ingeniería estén preparados para participar en proyectos ambientales y asesorar a las industrias en la solución de sus problemas.(3)

4.3 IMPORTANCIA

La importancia del presente trabajo de tesis apunta a tomar acciones que comprometan a desarrollar un estudio y evaluación de los componentes ambientales en una unidad de producción minero metalúrgica.

Evaluación de la operación y los procesos mas importantes identificando aquellas actividades que involucran un nivel mayor de impacto al medio ambiente.

Diseñar propuestas que indiquen programas, planes alternativas de solución aplicando ingeniería básica.

4.4. ALCANCE

Desarrollar una metodología de evaluación de la calidad ambiental en una unidad de producción minera metalúrgica, realizando trabajos de campo y gabinete estableciendo técnicas de muestreo y análisis para aguas, aire y suelos, definir el diagnóstico ambiental de la zona y formular alternativas de tratamiento y ajuste en los problemas que se presenta..(4)

ASPECTOS GENERALES

5.1 Descripción del Medio Ambiente

La unidad de producción minera metalúrgica esta dedicada principalmente a la explotación, extracción y beneficio de plomo, plata y zinc. Dentro de sus principales etapas de operación tenemos la exploración y explotación minera, la extracción del mineral a través de minado subterráneo y beneficio de los minerales en su planta concentradora. (5)

El yacimiento minero de se encuentra ubicado en el distrito de Yanacancha, provincia de Cerro de Pasco, de la región Andrés Avelino Cáceres.

La topografía y geografía de la zona se halla en el accidente orográfico conocido como Nudo de Pasco, cuya presencia propicia que la fisiografía sea variada, desde suave y colinosa hasta quebrada, predominando esta última.

El clima presenta dos zonas diferenciadas la primera corresponde a la Región Natural Suni o Puna, o a la Zona de vida Páramo Pluvial Sub-Alpino Tropical, o a la Ecorregión de Puna, ubicada aproximadamente por encima de los 4000 msnm, sobre la presa de relaves. La segunda corresponde a la Zona de vida Páramo Pluvial Semisaturado o a la zona alta de la Serranía Esteparia que abarca áreas entre 3200 y 4000 msnm aproximadament (6)

Los registros de intensidad y dirección de vientos corresponden a direcciones de vientos del NE y del N, con intensidad promedio mensual de 0,6 m/s a las 7:00 horas; dirección predominante de N y NE, con intensidad promedio mensual de

3,3 m/s a las 13:00 horas; y N con intensidad promedio mensual de 0,9 m/s a las 19:00 horas .

La geología regional presenta una mineralización de los yacimientos de Milpo-Atacocha que está asociada al contacto metamórfico regional entre rocas intrusivas e hipoabisales (stocks, sills y diques) y rocas sedimentarias pertenecientes principalmente al grupo Pucará del Triásico-Jurásico y a la formación Goyllarisquizga del Cretáceo Inferior.

En el área de estudio afloran secuencias de carbonatos y areniscas pertenecientes al grupo Pucará y a la formación Goyllarisquizga. (7)

Regionalmente el área de Milpo forma parte de un sinclinal complejo, cuyo eje axial sigue una dirección Norte - Sur paralela al sistema de plegamiento regional de los Andes. La faja que constituye el núcleo del sinclinal está constituido por las rocas carbonatadas del grupo Pucará del Triásico - Jurásico y las formaciones de rocas clásticas de Goyllarisquizga y Machay del cretáceo, que se encuentran afectadas por varios sistemas de fallas regionales activadas en diferentes tiempos geológicos.

Los sistemas de fallas son:

- El Sistema de Fallas "La Estancia".- Desarrollado durante el Jurásico Superior, tiene una dirección NE - SO, corren horizontalmente y cruzan la formación Pucará, causando aparentemente el sistema de venas de San Carlos y La Estancia. El Sistema de Fallas Milpo - Atacocha y San Miguel - Chicrín.- Con una dirección Norte - Sur, fue activada en el Cretáceo Superior y es responsable del hundimiento de las formaciones del Cretáceo Inferior Goyllarisquizga y

Machay, quedando como remanente libre de erosión como fajas aflorantes al Este y Oeste, a ambos lados del grupo Pucará.

En Milpo se presentan básicamente tres tipos característicos de depósitos de minerales: cuerpos mineralizados, venas asociadas a diques dacíticos en el grupo Pucará y venas y diseminaciones de arsénico y basalto pertenecientes a la formación Goyllarisquizga.

La geología local de la quebrada de Milpo tiene una orientación Norte Sur ubicada en la falla Milpo- Atacocha. Es de origen glacial, está constituida por calizas y areniscas como rocas in situ y cubiertas por material coluvial y suelo residual.

La topografía tiene relación con los tipos de roca, la estratigrafía y fundamentalmente con los tres sistemas de fracturamiento principales y el sistema de plegamiento de las rocas sedimentarias.

Los tipos y grados de alteración de las rocas pueden ser:

- Mayor grado de alteración mayor erosión o denudación de la roca
- Menor grado, menor erosión

Las rocas que cubren el área son las calizas Paria o Pucará, de edad Jurásica Inferior o Triásico Superior que yacen en discordancia con derrames de lavas, basaltos y areniscas, de la Formación Goyllarisquizga de edad Cretácico Inferior, las que se encuentran intruídas por stocks, diques y sills dacíticos de edad Terciaria.

Respecto a la hidrogeología del ámbito se observa en el entorno del emplazamiento minero, varios manantiales que indican la presencia de aguas subterráneas normalmente, al efectuar labores mineras subterráneas, se topa con

cursos de estas aguas. Actualmente, en el interior mina el nivel - 450 corresponde al nivel freático de las aguas. Esta es un área descubierta donde se juntan tanto las aguas de proceso como las del nivel freático.

Por encima de los 4000 msnm abundan los suelos ricos en humus que son normalmente ácidos. Han desarrollado sobre materiales aluviales, coluvio-aluviales, fluvio-glaciales y residuales, provenientes de descomposición de calizas, cuarcitas y lutitas, principalmente en medio lluvioso y frío. Su textura va de moderadamente gruesa a fina: buenas condiciones de drenaje interno y permeabilidad moderada. Presentan una vegetación predominante de pajonal y césped altoandinos. Están en terrenos de relieve variado. Según la Clasificación de Tierras (8), estas tierras se consideran como aptas para pastos, que presentan vocación para pastoreo y para la propagación de forrajes.

Su calidad agrológica es media, con limitaciones por pendiente y por clima. Este último factor también presenta características adversas para desarrollar agricultura, a pesar de que parte de los suelos tiene excelentes condiciones.

A altitudes menores a los 4,000 msnm. predominan suelos de textura arcillosa, que eestan en los valles interandinos ubicados sobre todo en lugares de pendiente pronunciada. Han desarrollado a partir de la descomposición de calizas y en menor grado sobre depósitos fluvio-glaciares, aluviales y coluvio-aluviales, fuertemente impregnados de material calcáreo. Su textura va de media a fina. Su drenaje va de bueno a moderado y su permeabilidad es de moderada a lenta. Según la Clasificación de Tierras, éstas son aptas para cultivos en limpio de calidad agrológica baja con limitaciones por clima. Por lo

general son fértiles y usualmente aprovechados para la agricultura. Frecuentemente, sufren erosión y fenómenos de reptación.

El emplazamiento minero se encuentra en un área rodeada de cumbres y cimas que son nacientes de cursos de agua que pertenecen a la cuenca del río Huallaga. Estas aguas al no tener influencia alguna de actividad minera mantienen su calidad como agua de deshielo con poca contaminación.

Respecto a la quebrada Milpo, en el centro poblado San Juan de Milpo, ubicado aguas arriba del emplazamiento minero se vierten algunos efluentes de la actividad doméstica (9).

Las aguas de las quebradas Chinchao, Pucayacu y Jabonera, antes de recibir influencia de la actividad minera de Milpo, no reciben vertimientos contaminantes significativos, ya que en sus orillas sólo existen algunas viviendas rústicas con muy poca población. La primera quebrada confluye con la quebrada Milpo en la actual presa de relaves. Las otras dos quebradas al confluir forman el río Lloclla, de aguas limpias.

Otro curso de agua involucrado en el análisis es el río Pariamarca. Este confluye con el Lloclla para formar el Huallaga. Diluye las sustancias contaminantes de la actividad minera que trae el Lloclla, sin embargo, al Pariamarca se vierten algunos desechos y desagües domésticos de pequeños asentamientos humanos asentados en las orillas del Pariamarca y sus afluentes.

La actividad minera-metalúrgica de Milpo tiene dos vertimientos principales de sus aguas industriales. Una de ellas corresponde al agua que se capta de las relaveras y se integran al río Lloclla y la segunda son las aguas de mina que desalojan sus aguas al río Huallaga. Finalmente el río Lloclla, en su curso, recibe

la descarga de la Compañía Minera San Miguel y se junta con el río Pariamarca para formar el Huallaga, el cual es depositario final de todos los efluentes de Milpo.

Las modificaciones de que fue objeto el medio natural que rodea al emplazamiento minero y al resto de instalaciones, han sido de carácter físico (movimientos de tierra, construcciones).

5.2

Descripción de las Actividades Minero Metalúrgicas

5.2.1

Generalidades:

La unidad de producción del emplazamiento minero como actividad principal beneficia minerales de Plomo, Plata y Zinc. Actualmente tiene proyectado tratar alrededor de 900,000 TM/año de mineral, además mantiene un nivel de exploración que le permite contar con reservas probadas de 5'000,000 TM. Tiene áreas principales claramente definidas: Exploración, Explotación de Mina (minería subterránea con avance ascendente y relleno hidráulico), Planta de Beneficio: concentración por flotación (capacidad de tratamiento 2,600 TM/día) tiene operaciones como la de molienda y flotación que se controlan electrónicamente y por circuito cerrado de TV.

Asimismo, cuenta con una Central Hidroeléctrica y Termoeléctrica y plantas de producción de aire a presión, depósito de relaves, servicios de mantenimiento eléctrico, mecánico y automotriz.

5.2.2

Geología Minera

La mineralización se ubica en la aureola de silicatos, provocado por el intrusivo y originando cuerpos mineralizados de formas irregulares que se semejan a chimeneas con áreas variables, entre 300 a 1,800 m², con una profundidad reconocida de 400 mts.

Los cuerpos mineralizados normalmente están encajonados en calcitas. De 10 cuerpos, uno puede ubicarse en el área del intrusivo (para este último caso es importante estudiar la presencia de pirita, sea en cantidad y forma).

La mineralización del yacimiento se encuentra principalmente en forma de bolsonadas y a los de éstas se localizan vetas de valor comercial, las que se

prolongan hacia la Formación Goyllarisquizga con tonelaje de mineral importante.

Las leyes del mineral no varían mayormente en un rango $\pm 10\%$, pero si hay diferencia en los cuerpos mineralizados, unos son ricos en Zn-Ag, otros en Pb-Cu.

La composición mineralógica de la roca encajonante es como se indica:

El intrusivo está constituido por: (Estas rocas son de menor importancia por constituir una mínima parte)

- **Diorita:** Contiene: plagioclasas (Na Al Si O_8), piroxenos ($\text{SiO}_3 \text{ Ca Mg, Fe}$), biotita ($\text{Al Si}_3 \text{ K Mg, Fe O}_{10}$) y sílice (SiO_2).
- **Monzonita:** Feldespato alcalino $\text{K Al Si}_3 \text{ O}_8$, plagioclasa Na Al Si O_8 , piroxenos ($\text{Si O}_3 \text{ Ca Mg Fe}$) y biotita ($\text{Al Si}_3 \text{ K Mg Fe O}_{10}$) y sílice (SiO_2).
- **Granodiorita:** plagioclasas (Na Al Si O_8), biotita ($\text{Al Si}_3 \text{ K, Mg Fe O}_{10}$), hornablenda ($\text{Si Al}_8 (\text{Na,Ca})_3 \text{ Fe Mg Al}$, piroxenos ($\text{Si O}_3 \text{ Ca Mg Fe}$) y sílice (Si O_2).
- **Pirita:** S_2Fe .
- **Calcita:** CO_3Ca .

La caliza Pucará presenta la composición siguiente: (alrededor de 90 %)

- **Caliza:** CO_3Ca .
- **Dolomita:** $\text{CO}_3\text{Ca.Mg}$.

Las areniscas:

- **Sílice:** SiO_2
- **Pirita:** S_2Fe
- **Basaltos:** Olivino $\text{SiO}_4(\text{Mg, Fe})_2$, plagioclasa cálcica ($\text{CaAl}_2 \text{ Si}_2\text{O}_6$).

5.2.3 Hidrogeología de la Zona

Las cuencas acuíferas más importantes son las de la quebrada Milpo y la de la Quebrada Tingovado. La presencia notable de agua en estas quebradas ocurre en los meses de lluvia (Nov-Marzo) pudiendo llegar a formar arrollos de hasta 3 m³/seg de caudal.

Las actividades minero-metalúrgicas utilizan aguas para consumo humano y aguas para uso industrial. La primera la obtienen del manantial de Huarmipuquio. La calidad de esta agua reúne las condiciones para ser considerada como clase I: para consumo humano. La segunda fuente de agua la obtienen de Carmen Chico para uso industrial. (10)

Las aguas residuales tienen como cuerpo receptor principal la presa. Dentro de las aguas residuales más importantes tenemos:

- Agua de relaves (Planta Concentradora)
- Agua de mina (Nivel +50, 0 y -100)
- Agua de uso doméstico
- Agua de lluvias y filtración
- Agua residual: sección preparación de reactivos
- Agua residual generada por la Central Térmica
- Otras menores (Laboratorios, Talleres de mantenimiento, etc)

5.2.4 Yacimiento Minero

El yacimiento es de origen metasomático, entre la caliza Paria y los intrusivos. La intrusión originó una aureola de silicatos de metamorfismo o skarn que fue

mineralizada por galena con valores de plata y esfalerita con pirita, calcita y fluorita.

Las reservas actuales del yacimiento son de 5'640,000 Tms., con leyes de 4.9 Oz/Tc para plata, 5.3% para Zinc y 3.4% para plomo.(11)

5.2.5

Mineralogía

La mina de Milpo, consiste básicamente de sulfuros de Plomo-Plata (galena argentífera) y sulfuros de Zinc (Esfalerita), aunque últimamente se ha detectado notoria proporción de Esfalerita ferrífera con tendencia a progresar más adelante y convertirse en marmatita.

Igualmente, es destacable mencionar el contenido de Cobre de esta mina, el cual se está incrementando con el transcurrir de la explotación.

El contenido de azufre y fierro del mineral de cabeza es 15.08% y 14.20% respectivamente, y el óxido de calcio (CaO) es de 21.58%. Este último hace que en conjunto el mineral tenga un pH alcalino de 8.3. (12)

La mineralización corresponde a un yacimiento metasomático de contacto.

La mineralogía del Yacimiento está constituida por los siguientes minerales:

(13)

- **Galena:** Mineralógicamente es un sulfuro de plomo con contenido de plata, por tal motivo toma el nombre de galena argentífera.
- **Esfalerita:** Mineralógicamente es un sulfuro de Zinc, o sea, una blenda de color rubio y algunas veces en porcentaje muy bajo, presenta contenido de fierro y toma el nombre de marmita.
- **Pirita:** Mineralógicamente es un sulfuro de fierro.

- **Granates:** Mineralógicamente se muestra como Andredita Grosularia.
- **Magnesita:** Mineralógicamente es un sulfuro de fierro y magnesio, este mineral se presenta muy rara vez en algunos cuerpos.
- **Otros:** Minerales en menor porcentaje se presentan como cuarzo, chalcopirita, cobre gris, calcita.

La galena y la esfalerita constituyen los minerales de mena y el resto conforman los minerales de ganga. La galena argentífera se encuentra ordenando a la esfalerita y esta a su vez a los grandes soldados entre sí.

Las siguientes observaciones han sido hechas después de examinar al microscopio, algunas secciones delgadas pulidas del mineral:

- Granates soldados y rodeados por esfalerita y ambos rodeados de galena.
- Siempre el espacio entre los granates está relleno de esfalerita, calcopirita y pirita.
- Los cristales de pirita parecen estar penetrados por esfalerita, galena, calcopirita y cobre gris.
- La mineralización metálica ocurre después del cuarzo idiomorfo que es frecuentemente rodeado y/o penetrado por ella.
- La galena penetra a la esfalerita.
- Las sulfosales ocurren como exsoluciones sólidas en la galena.

5.2.6 Exploración

Dadas las características del yacimiento se realiza por medio de galerías, sondajes y prospección geoquímica y geofísica. El programa de exploraciones y desarrollo contempla la apertura de 9,000 metros entre galerías y chimeneas,

la perforación se realiza con el Jumbo Hidráulico, el cual permite obtener una excelente velocidad de penetración hasta de 2.4 metros por minuto y se espera lograr 6600 metros en el año a un ritmo de 275 metros por mes. Las labores de preparación están diseñadas para que en forma inmediata den acceso a los tajeos o que serán la base de nuevos tajeos.

5.2.7

Explotación

El método de minado empleado es el corte y relleno mecanizado ascendente (perforación al techo) con acceso por rampas. Las labores preparatorias constan de galerías principales de transporte, cruceros de carguío, chimeneas para el acceso, ventilación, servicios, draw points para la extracción del mineral de los tajeos.

Desde el punto de vista de operación en el desarrollo de la explotación minera, se observa tres etapas principales.

- . Area de perforación y voladura
- . Area de extracción y limpieza del mineral
- . Area de relleno hidráulico

Las labores de explotación "tajeos" son aquellas de las cuales se extrae la mayor cantidad del mineral.(14)

El programa de producción para este año se ha programado en 900,000 toneladas de mineral con leyes de Ag: 4.00 Oz, Pb: 3.08% y Zn: 5.50%. (12)

Galerías de Acceso: Son las unidades mineras que facilitan el ingreso y salida de los materiales que se utilizan en mina, dentro de lo que se incluye: transporte minero, sistemas de tuberías con flujos de aire a presión, agua,

electricidad, canaletas de drenaje de agua.(14)

Pique Picasso y el Sistema de Izaje: Desde el nivel "0" hasta el nivel -505 es posible trasladarse fácilmente gracias al sistema de izaje que tiene este pique.

En esta instalación se transporta tanto mineral (6.5 TM por izaje) como personal que elabora. (14)

Rampas: Son túneles (15% de pendiente) que comunica niveles adyacentes.

Echaderos: Los echaderos son chimeneas de sección de 2 mts x 2 mts y de una longitud de 150 y 350 mts, la inclinación varía de vertical a 65 grados, estos conductos terminan en el nivel -450, que es el nivel principal de transporte.

(14).

Chimeneas de descarga de mineral.- Actualmente existen tres chimeneas para descarga del mineral y está en construcción la cuarta.

Chimenea de descarga de material estéril.

Ductos de drenaje de aguas.

Chimeneas de Ventilación.

Tunel la Quinoa.

Por lo general en cada galería o nivel principal se encuentran las siguientes instalaciones:

- . Comedor para el personal
- . Mantenimiento Mecánico
- . Almacén
- . Equipo de transporte minero
- . Estación para izaje
- . Duchas y baños

Forman parte del complejo de Mina las siguientes instalaciones:

- . Sección de rompe bancos
- . Chancadora primaria
- . Sistema de Chutes, alimentadores y fajas para el transporte del material chancado.
- . Sistema de ventilación forzada.
- . Sistema eléctrico
- . Sistema de alimentación y drenaje de agua.

El método de explotación en sí incluye las operaciones unitarias de perforación, voladura, sostenimiento, limpieza del mineral y relleno.

Para la perforación se utilizan stope-wagons de dos brazos y barras de 10', el ángulo de perforación es de 70 grados.

En la voladura se utiliza ANFO (Examón P) con un factor de potencia promedio de 0.27 Kg/T.

En el sostenimiento de los tajeos se emplean pernos de anclaje con nuez de expansión, pernos de fricción (Split Set) y cables de acero con inyección de cemento.

Para la limpieza del mineral se cuenta con scoops eléctricos de 3.5, 2.5 y 2.2 yd³, dependiendo el tamaño de estos para las necesidades de producción de cada labor.

Por último, la arena gruesa del relave utilizada en relleno hidráulico, son transportados a cada tajeo por gravedad desde la planta (silos de almacenamiento) ubicada en superficie.

Actualmente la mina cuenta con 11 tajeos en explotación los que producen en



total un promedio de 2600 TPD.

La perforación y voladura está de acuerdo con el tipo de labor en el cual se realiza el trabajo. En los frentes el diseño de perforación es del tipo Michigan o Corte Quemado, en los tajeos las perforaciones son paralelas con 70 grados de inclinación con las máquinas Upper Drill, cuyo trazo permite obtener un techo horizontal uniforme. Para la voladura se utiliza el explosivo Examón P y como detonantes el fanel de medio y milisegundo de retardo y Pentacord Sp. Para el movimiento del mineral en los tajeos se emplean equipos LHD eléctricos de 2.2, 2.85 y 3.5 yd³ de capacidad. (15)

El mineral extraído de los tajeos de explotación en los niveles respectivos es transportado a los echaderos principales u Ore Pass, mediante Scooptrams de 3.5 yd³ y/o volquetes de 15 toneladas de capacidad. La distancia de acarreo varía entre 150 y 500 metros según sea el caso.

El mineral de los echaderos es cargado mediante chutes al tren, cuya capacidad de arrastre es de 100 toneladas por viaje, descargado finalmente a un vaciadero de mineral.

En este lugar, el mineral cae y pasa a través de una parrilla, la fracción gruesa que queda, es fragmentada con un rompe bancos hidráulicos. La parte más fina (menor a 30 cm) se almacena en un cámara con capacidad de 800 toneladas.

De aquí, el mineral ingresa a la estación de Carga del Pique Picasso, ubicada en el nivel -505.(16)

Finalmente, el mineral es izado hasta el nivel "O", por los skips de 8 toneladas de capacidad por viaje y acumulado en una tolva que alimenta a la chancadora primaria (la operación de chancado primario se realiza en el interior mina).

La ventilación dentro de la mina es uno de los puntos que merece mayor atención, debido a los problemas de contaminación del aire por las actividades de transporte mecanizado. El circuito de ventilación en algunas áreas es natural mediante galerías y chimeneas, y artificial con el uso de ventiladores principales de 150,000 CFM y auxiliares de 30,000 CFM de capacidad.

Para alimentar de aire a presión a las diversas instalaciones, el requerimiento total de aire para la mina es como sigue:

TABLA N°01

REQUERIMIENTO TOTAL DE AIRE PARA LA MINA

Para Personal	180 hombres x 212 CFM/hom	38,160 CFM
Para equipo Diesel	3391.5 HP x 106 CFM/HP	358,439 CFM
Para diluir Contamin.	140 pie ² x 66 pies/min.6 min.	55,440 CFM
		Total 452,039 CFM

TABLA N° 02

BALANCE GENERAL DE AIRE SOLO PARA LA MINA

In greso total de aire fresco	
Requerimiento total de la mina	452,039 CFM
Excedente	42,561 CFM

La actualización en la tecnología del método de relleno hidráulico está permitiendo controlar mejor el material de relleno hidráulico, evitando así la contaminación de los recursos hídricos.

El relleno es el producto obtenido del relave de la planta concentradora. El mineral en la planta de beneficio separa los minerales valiosos de otros no valiosos (relave). El relave se clasifica por tamaños. La parte gruesa es depositada en las tolvas de almacenamiento de la nueva planta de relleno hidráulico y de aquí enviado a la mina para los diferentes tajeos con una capacidad de 80 toneladas por hora.

Uno de los problemas en el relleno hidráulico es el derrame de lodos, a través de geomembranas que se utilizan para retener el material sólido. Se está estudiando otras posibilidades para alcanzar la reducción de la migración de esos finos, así por ejemplo: reducir la porosidad de la geomembrana, fijar con cemento, etc.

TABLA N° 03

ELEMENTOS PRINCIPALES DEL RELLENO HIDRÁULICO

Elementos	Unidades	Valores
Sólidos en volumen	%	43.55
Sólidos en peso	%	70.51
Densidad de pulpa	gr/lt	2,116.00
Relave sólido/día	TM	1,517.50
Cantidad de agua	m ³ /h	26.44
Recuperación	%	67.69

El sostenimiento se realiza mediante el uso de pernos de roca y shotcrete dependiendo del carácter temporal o permanente de la labor a sostener.

Las condiciones de seguridad de la mina son difíciles de manejar por la desfavorable situación geomecánica de las rocas encajonantes de la mineralización que en sectores mayoritarios se encuentran grandemente disturbados y brechados lo que le confiere un alto índice de inestabilidad al complejo rocoso, con peligro permanente de desprendimiento de rocas del techo.

En el caso de los tajeos donde el sostenimiento es temporal se utilizan los tubos de fricción "split set" cuya distribución e inclinación dependen de las

estructuras del yacimiento.

En las labores de carácter permanente se hace uso de los pernos de roca, malla electrosoldada y el concreto lanzado "shotcrete".

El sostenimiento de las cajas se hace con relleno hidráulico y split sets, el primero con un promedio de 38,619 TMs y el segundo con 2,940 unidades al mes.

Además, el esfuerzo de niveles de base usan mallas electrosoldadas, pernos de fierro corrugado, resina cembol y pernos mecánicos. El cable bolting se usa en el refuerzo de cajas del intrusivo. Todos estos elementos dan a las labores con problemas geoestructurales resultados satisfactorios.(16)

5.2.8

Beneficio de Minerales

La capacidad de procesamiento de esa planta, originalmente fue de 1800 Toneladas métricas secas por día. Sin embargo, progresivas organizaciones del circuito, así como posteriores instalaciones de algunos equipos adicionales, han hecho posible que las instalaciones actuales sean capaces de beneficiar hasta 2600 TM/día.

El proceso que se utiliza para la obtención de los concentrados mencionados, es el de flotación diferencial; el cual consiste en flotar en primera instancia la Plata-Plomo y luego en segundo circuito, proceder a flotar o recuperar los valores de zinc.

En el beneficio del mineral, se usa agua para el proceso, y energía eléctrica para mover toda la maquinaria. El primer elemento, se usa en una proporción de 2.56 toneladas a 1; es decir por cada tonelada de mineral, requerimos 2.56

toneladas de agua para un eficiente procesamiento.

Y en segundo lugar, la energía; la cual es utilizada a un ratio de 20 Kw-hr. por cada tonelada procesada. El agua que se utiliza en la planta, es producto de las lluvias y deshielos que se producen en la zona; mientras que la energía eléctrica es parcialmente generada en la hidroeléctrica. La diferencia, se tiene que adquirir de "Electrocentro".

Todos los insumos tales como reactivos de flotación y repuestos que se usan para las operaciones, son proveídos por terceros. La mayoría de insumos son de fabricación nacional.

Todo el procesamiento que se le hace al material extraído de la mina se desarrolla en la Planta Concentradora. La operación que se lleva a cabo en estas instalaciones es de recuperar y coleccionar los valores de plata, plomo y zinc que contiene el mineral, en un producto denominado "Concentrado".

Todo el resto de material o desmonte se descarta en otro producto llamado técnicamente como "Relave".(17)

La Planta de Beneficio prepara dos productos: Un concentrado de plomo-plata y otro concentrado de Zinc. El primero se produce a razón de 90 toneladas por día y analiza 70 % de plomo con 83 onzas de plata por tonelada; mientras que del segundo se extrae 210 toneladas por día con una Ley de Zinc de 56%.

Los desechos del proceso, los cuales consisten básicamente de relaves metalúrgicos, son retornados mayormente a la mina, para el relleno hidráulico de los tajos; y sólo la fracción fina, cuantificada en 30% del total, es almacenada en un depósito cuya presa de contención, ha sido construida para este fin. Con esto se garantiza una menor perturbación al medio ambiente.(18)

En resumen al Planta Concentradora beneficia un total de 74,000 TMS de mineral por mes; es decir, un promedio diario efectivo de 2,550 TMS y analiza 4 onzas de Plata por Tonelada Corta, 3% de Plomo y 5.5% de Zinc. Otro insumo que entra al proceso es el agua con un caudal de 6,530 m³/día (75.60 lts/seg y finalmente aire a baja presión, aproximadamente 4,000 pies cúbicos por minuto.(18)

TABLA N° 04

CONCENTRACION DE MINERALES SULFURADOS

Etapas	Operaciones Metalúrgicas	
Liberación de la partícula sulfurada del material estéril	Chancado Molienda	Primario Secundario Terciario Molinos de bolas
Selección de los sulfuros de la Ganga	Flotación	Línea de Pb Línea de Zn Colas
Eliminación de Agua	Espesamiento Filtración Secado	Concentrado Pb-Ag Concentrado Zn
Manejo de Productos y/o Residuos	Despacho Distribución del Relave por Cicloneado	Concentrado Area Mina Area Relavera

Para obtener los productos, debemos de preparar el mineral para alcanzar su concentración. Esta preparación se hace mediante el uso de chancadoras, cedazos, molinos e hidrociclones. Todas las operaciones de conminución previas, han sido orientadas específicamente a soltar el mineral valioso de la ganga.

Una vez que los valores sulfurados están liberados y en forma de un lodo o pulpa, se someten a la acción de los reactivos químicos, en el interior de un equipo que se denomina "Celda de Flotación".(19). Como se mencionó anteriormente, el proceso a que se somete el mineral requiere de un continuo suministro de agua y energía eléctrica. De manera que si fallara cualquiera de estos tres recursos, sería imposible ejecutar el proceso de Concentración; ninguno es más importante que el otro en estas circunstancias.(20) En las celdas de flotación, las partículas de mineral que se desea separar de otras y concentrar, se flotan gracias a los reactivos químicos seleccionados para este fin. Las espumas con el mineral flotado, se recupera y luego se espesan y secan para ser comercializadas. El material que no flota, si hubiera otro sulfuro que intente recuperar, se acondiciona la pulpa, para lograr flotar la nueva especie mineralógica. Los residuos no flotados constituyen los relaves. El mineral es recepcionado de Mina, a un tamaño máximo que varía mayormente entre 12 a 16 pulgadas; luego es sometido a tres etapas de trituración en seco, a fin de reducirlo hasta un tamaño de 5/8 de pulg., lo que constituye la alimentación a los molinos.(21).La capacidad total de la sección Chancado de esta planta es aproximadamente 4000 toneladas diarias. Sin embargo se debe tener en cuenta, que los equipos requieren un continuo

mantenimiento electromecánico, para tenerlos siempre en buenas condiciones operativas. Este mantenimiento-inspección debe efectuarse diariamente, por lo que su capacidad diaria se ve disminuida en aproximadamente 25%.(22). Tanto en la cámara de Chancado primario, como en el edificio de trituración secundaria y terciaria, se dispone de sistemas de colección-extracción-repulpado de polvos (bolsas absorvedoras de polvo), los que atenúan el polvo en el área.(23). El producto final de Chancado, cuyo tamaño máximo es 5/8 de pulgada, es almacenado en dos tolvas de 1500 toneladas cada una; las cuales sirven para garantizar una alimentación continuada a las máquinas de molienda.(24)

a) Descripción de la Operación

El diagrama de flujo identifica la sección de chancado secundario y terciario con las correspondientes líneas de transporte y clasificación del mineral (Ver Anexo Figura N° 20). A la izquierda del diagrama ubicamos el área de molienda y flotación de Pb-Ag, y a la derecha los circuitos de flotación de zinc. :

Como materiales que ingresan tenemos el mineral que viene de mina y el agua, como materiales salientes, tenemos concentrados de plomo y zinc y relave (sólidos+agua).

b) Chancado Primario

Esta fase se desarrolla al interior de la mina. El chancado primario se ejecuta en una chancadora de quijadas en circuito abierto, la cual se halla en una cámara subterránea. En esta etapa como es usual, se utiliza fajas transportadoras, alimentadores de vaivén, magnetos, colectores de polvos, etc. El mineral procedente de las diferentes zonas de producción de la mina llega a la estación de carga ubicado en el nivel -505 y de allí es izado por el winche, a un buzón

receptor con capacidad para 400 TM de mineral que se encuentra en el nivel "0". El mineral es extraído, desde el fondo de este buzón con un alimentador de vaivén de 48" de ancho por 14' de largo, que entrega el material a una chancadora de quijada de 30" x 42". El producto chancado a 0-4" cae sobre una faja de 30" y se transporta a la ruma de depósito de mineral grueso en superficie. El producto de esta etapa es aproximadamente 4.5 pulgadas y su capacidad como promedio es 180 toneladas horarias.

c) Chancado Secundario y Terciario

De la ruma de gruesos, la capacidad útil de 3,500 TM de mineral de 0-4". Se extrae el mineral con dos alimentadores de vaivén de 36" x 10' y se transporta con dos fajas de 30" a una zaranda de doble piso de 5' x 12'.(24). El chancado secundario, se efectúa en un trituradora Symons Standard, en circuito abierto, la cual se halla enseriada en un cedazo de doble piso, que le facilita enormemente la tarea de conminución. Previo al ingreso de este equipo, se dispone de un detector de metales, el cual, como su nombre lo indica, se encarga de ubicar los metales para extraerlos manualmente y de esta manera, proteger a la chancadora del ingreso de estos materiales, que podrían dañar su estructura. Se recoge los finos (0-1/2) con una faja transportadora de 24". El chancado terciario, es la última etapa de esta sección, y se ejecuta mediante una chancadora cónica symons de cabeza corta. Los gruesos > 1/2" caen a una trituradora cónica de 5 1/2', la misma que funciona en circuito cerrado con los dos cedazos. El mineral triturado a 0-1/2" se transporta a las tolvas de depósito de finos con una faja de 24", para luego ser tratada por los molinos.(24). El producto intermedio (1/2 - 1 1/2") y los gruesos (\geq 1 1/2") pasan a una trituradora cónica standard de 4 1/4'. Tres fajas de

30" conducen el producto de la trituradora (0-1") a una tolva reguladora de 35 toneladas de capacidad ubicada de las zarandas secundarias. Dos alimentadores de bandeja vibratoria de 36" x 72" extraen el mineral de esta tolva y alimenta a dos cedazos de dos pisos 6' x 16'.(25). En esta área también se dispone de equipos auxiliares como los colectores de polvos, magnetos, balanzas y fajas transportadoras.

d) Molienda-Clasificación

La mena polimetálica, debe ser molida hasta un grado tal que los valores se suelten de la ganga y luego ser sometida al proceso físico-químico de flotación, en donde debe ocurrir la separación de las partículas valiosas. Dos tolvas metálicas de 32' de diámetro por 43' de alto que almacenan aproximadamente 3,000 toneladas de mineral y alimentan un circuito de molienda cada una. El mineral se extrae de cada depósito mediante dos fajas transportadoras de 30" con accionamiento y velocidad variable, el cual es controlado y regulado por una balanza instalada en la faja transportadora que alimenta el molino de bolas de 9 1/2' x 12' que funciona en circuito cerrado con dos celdas unitarias N° 1500 y con 2 hidrociclones inclinados, uno operando y otro en stand by. La primera línea de molienda fue últimamente ampliada y modificada para procesar un rate de 1450 TM/día, en un circuito que tiene molino primario y secundario; en cambio, la segunda mantiene su configuración inicial de sólo molino primario y recibe 1,150 TM/día. En la descarga de cada molino primario, se tiene instalada tres celdas unitarias para la flotación-recuperación del Plomo-Plata. Estas celdas brindan una excelente performance, recuperando los valores tan pronto y grueso como fuera posible, permitiendo de esa manera, obtener el mejor concentrado de Plomo del

país, 78% Pb.(25). Esta sección, se dispone de varios lazos de control automático, los cuales apoyan eficientemente para tener una operación bastante estable y sobretodo, un producto de calidad constante y controlado. Entre la instrumentación que se dispone tenemos lo siguiente: Densímetros nucleares, válvulas automáticas de agua, balanzas electrónicas, sensores de nivel y microprocesadores para controlar toda la operación de molienda. Como es sabido, aquí en los molinos donde se registra el mayor consumo de energía de la planta, reportando un consumo de 10.5 Kw-hr, por cada tonelada molida.(25). Los revestimientos o chaquetas de los molinos, son de procedencia nacional y actualmente se usa chaqueta de jebe en las tapas y sólo forros de acero en los cilindros de los molinos. Igualmente, los medios moltornates usados son nacionales y los tamaños de recarga diaria varían desde 1.5 a 3.5 pulgadas en diámetro. El rate de desgaste de las bolas es 0.55 k/t.(25)

e) Concentración por Flotación: Minerales de Plomo-Zinc

La mayoría de los minerales plomo-zinc pueden ser clasificados como minerales complejos, y los problemas de recuperación aumentarán con el grado de diseminación de estos minerales. La presencia de grandes cantidades de piritita incrementa el problema de recuperación y selectividad. Frecuentemente, los minerales de plomo-zinc contienen pequeñas cantidades de minerales de cobre, también se encuentran plata y oro. Cuando el oro libre está presente, el uso de cal como regulador de la alcalinidad en el circuito de plomo puede ser indeseable, porque puede tener efectos depresores sobre la recuperación de oro libre. También se ha notado que los minerales de zinc pueden ser activados con cal. Por lo tanto, el uso de Na_2CO_3 como el agente regulador de pH en el circuito de

plomo puede ser necesario. Si el mineral contiene cantidades significativas de sales solubles, el uso de polifosfatos o de antiprecipitante puede ser benéfico.(26)

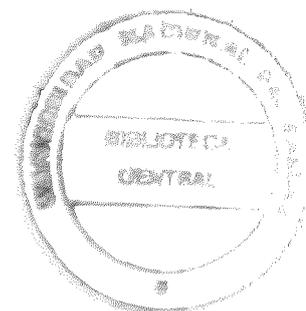
La práctica general en el tratamiento de minerales de plomo-zinc es flotar el concentrado de plomo primero, mientras los minerales de zinc son deprimidos. Después de la flotación de plomo, los minerales de zinc son reactivados con sulfato de cobre y flotados selectivamente. Usualmente, la depresión de los minerales de zinc y pirita, en el circuito de flotación de plomo, se alcanza usando cianuro como depresor, casi invariablemente en combinación con sulfato de zinc.(26). La cantidad de sulfato de zinc es usualmente 3 a 5 veces la cantidad de cianuro. Estos depresores son agregados al circuito de molienda antes de la flotación "rougher" de plomo y, si es necesario, en la cabeza del circuito de limpieza, pueden agregarse depresores al molino de remolienda. Se ha incrementado el uso del sulfito de sodio o bisulfito como un depresor de los minerales de zinc en combinación con cianuro y sulfato de zinc. En algunos casos, es el único depresor usado.(26) Cuando la plata y el oro están presentes, es preferible premezclar el sulfato de zinc u óxido de zinc con el cianuro para formar un complejo de zinc y cianuro con el objeto de prevenir la disolución del oro y la plata. Una relación de 2:3 de zinc y cianuro de sodio se utiliza para la preparación del complejo de zinc y cianuro. Después de la flotación de minerales de plomo, el pH en la alimentación al circuito de zinc (colas del circuito de plomo) es ajustado con cal, acondicionado con sulfato de cobre y flotando los "minerales de zinc". La cantidad de sulfato de cobre requerida para una activación adecuada de los minerales de zinc varía, pero es en el orden de 50 gr/t por cada punto porcentual de zinc. La secuencia más favorable para la adición de cal y sulfato de cobre debe

ser establecida experimentalmente, sin embargo la cal es usualmente agregada antes de la adición del sulfato de cobre.(26)

f) Planta Concentradora:

Las celdas de flotación instaladas son del tipo "convencionales" y de tamaño pequeño; las cuales se caracterizan por tener un alto costo de operación, manteniendo e incluso menor performance metalúrgica que las grandes. Se ha instalado dos celdas de gran volumen de 300 pies³ como parte de la ampliación de la concentradora, y de esa forma, se espera estar controlando los costos operativos de procesamiento y logrando un mejor nivel de competitividad.(26) La disposición de los equipos en el circuito, obedecen a una configuración en serie; es decir los bancos están unos a continuación de otros. En cambio la configuración de las celdas de afinamiento o limpieza, es en cascada o en contracorriente.(26) En esta sección, al igual que en las otras, se dispone de equipos auxiliares de procesamiento: se cuenta con bombas para la transferencia de pulpas, controladores de nivel para las celdas de Flotación, Equipos de acondicionamiento para los reactivos, muestreadores de pulpas, controladores de pH, alimentadores de reactivos, etc.(26). Debido a que la consistencia de la pulpa en este circuito es alta, es decir bastante espesa y de un cuidado extremo ejercido en la adición de agua a las celdas de flotación, hace que no sea necesario el uso de espesadores, en la siguiente etapa del proceso. Esa es la razón por la cual, en nuestras instalaciones, se bombea el lodo de los concentrados directamente a las máquinas de filtrado; y se consigue una buena eficiencia en el drenaje del agua del concentrado.(26). La sección, filtrado y manipuleo de concentrado está diseñada para tratar tres productos diferentes.

El concentrado más rico de plomo, producido por las celdas unitarias se conduce por gravedad al tanque de concentrado de plomo. El rebose del hidrociclón de ambos circuitos alimenta a la flotación de plomo que consiste en una batería de 12 celdas de desbaste y barrido de plomo No DR-30, seguida por una de 18 celdas de flotación No 24 Sub "A" para limpieza en tres fases.(26). También se tiene un banco de 2 celdas DR-300 como desbaste de zinc. Los relaves de plomo provenientes del desbaste y barrido se acondicionan en dos tanques de 13' de diámetro x 13' de alto, provistos de agitadores, antes de conducirse al circuito de flotación de zinc. Se tiene un circuito de remolienda para el plomo, para el cual se utiliza un molino de 5' x 5'.(26). Una vez que ya se dispone del mineral molido, es decir de los valores libres o liberados, la pulpa mineral es tratada con reactivos químicos específicos y luego alimentada a las celdas de flotación. Estas celdas son equipos especiales que con aire atmosférico insuflado y agitación mecánica, efectúan la flotación de las partículas valiosas, separándolas de las partículas estériles o sin valor.(26) **Ver Figura N° 01.**



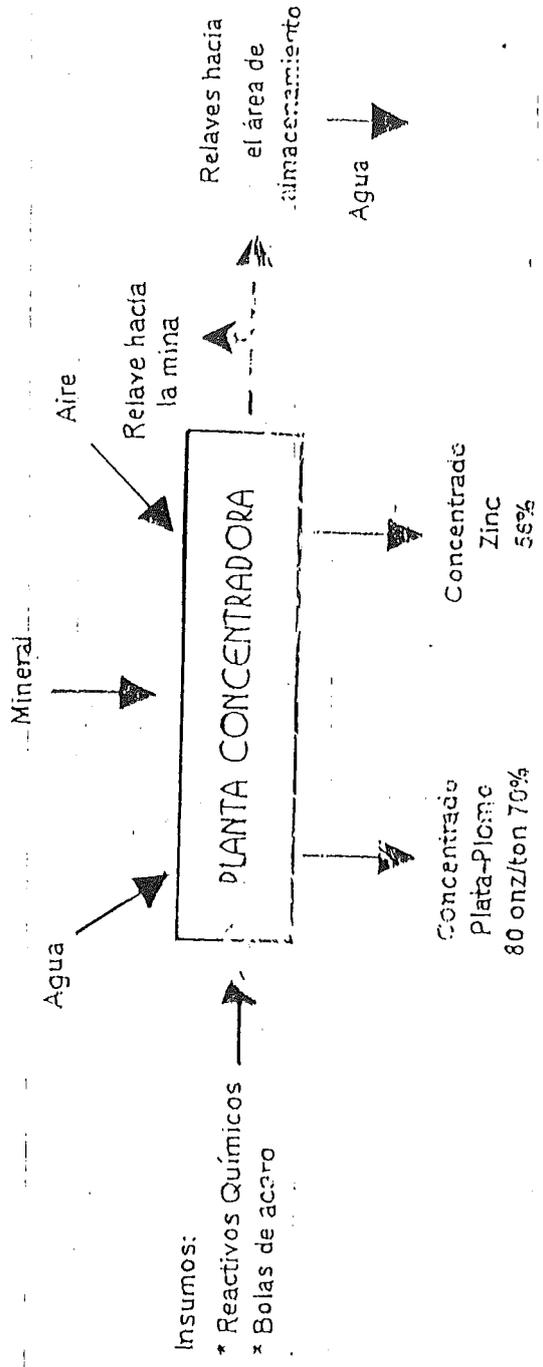


Fig N° 1 : PLANTA CONCENTRADORA

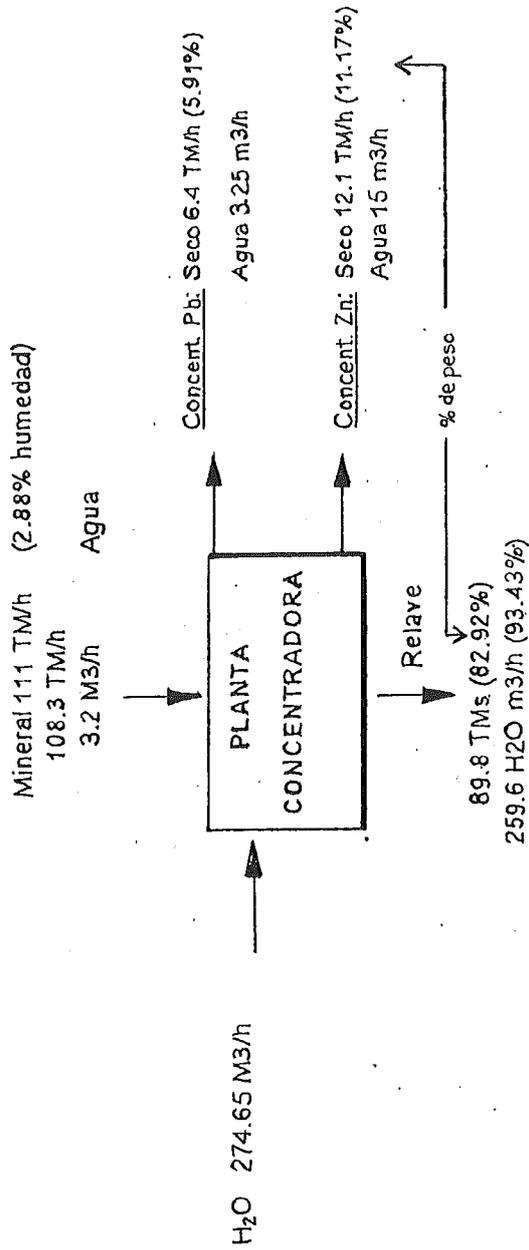
ESQUEMA GENERAL DE INSUMOS/MATERIALES QUE INGRESAN Y PRODUCTOS OBTENIDOS

5.2.9

Balance de Masas y Metalúrgico

La capacidad de planta de 2200 TM/día de mineral tratado en el período de 1996 se ha incrementado a las 2600 TM/día para este año, dicho incremento mayormente no ha significado ampliaciones de instalaciones (salvo un pequeño molino para remolienda de finos), sino mayor eficiencia y uso a sus capacidades óptimas de equipos e instalaciones. En 1996, se trató 785,000 TM/año, se ha proyectado incrementar a 935,000 TM/año (un incremento de 150,000 TM/año), valor record de crecimiento, pues para Milpo se estima un crecimiento promedio de 20,000 TM/año.(26). En los balances que se muestran se destaca que del total de material, el 82.92% se descarta como relaves, recuperándose el 17% como concentrado, por otro lado por una Unidad de mineral tratado (TM) se requiere de 2.5 unidades de agua (M^3), de los cuales el 93% van formando los lodos de relaves. Del total de agua alimentado al sistema, el 86.16% termina en la presa de relaves que, juntos con otros efluentes menores, vierten su contenido al río Lloclla.(26). Ver Figura N° 02.

BALANCE GENERAL DE MASAS
Concentradora : 2,600 TPD



BALANCE DE SOLIDOS

	Mineral Tm	Concentrac Pb	Concentrac Zn	Relave TM
Hora	108.3 Tm	6.4 Tm	12.1 Tm	89.8
Día	2,600	153.6	290.5	2,156
Mes	78,000	4,608	8,715	64,680
Año	949,000	56,064	106,032	786,940
%	100	5.91	11.17	82.92

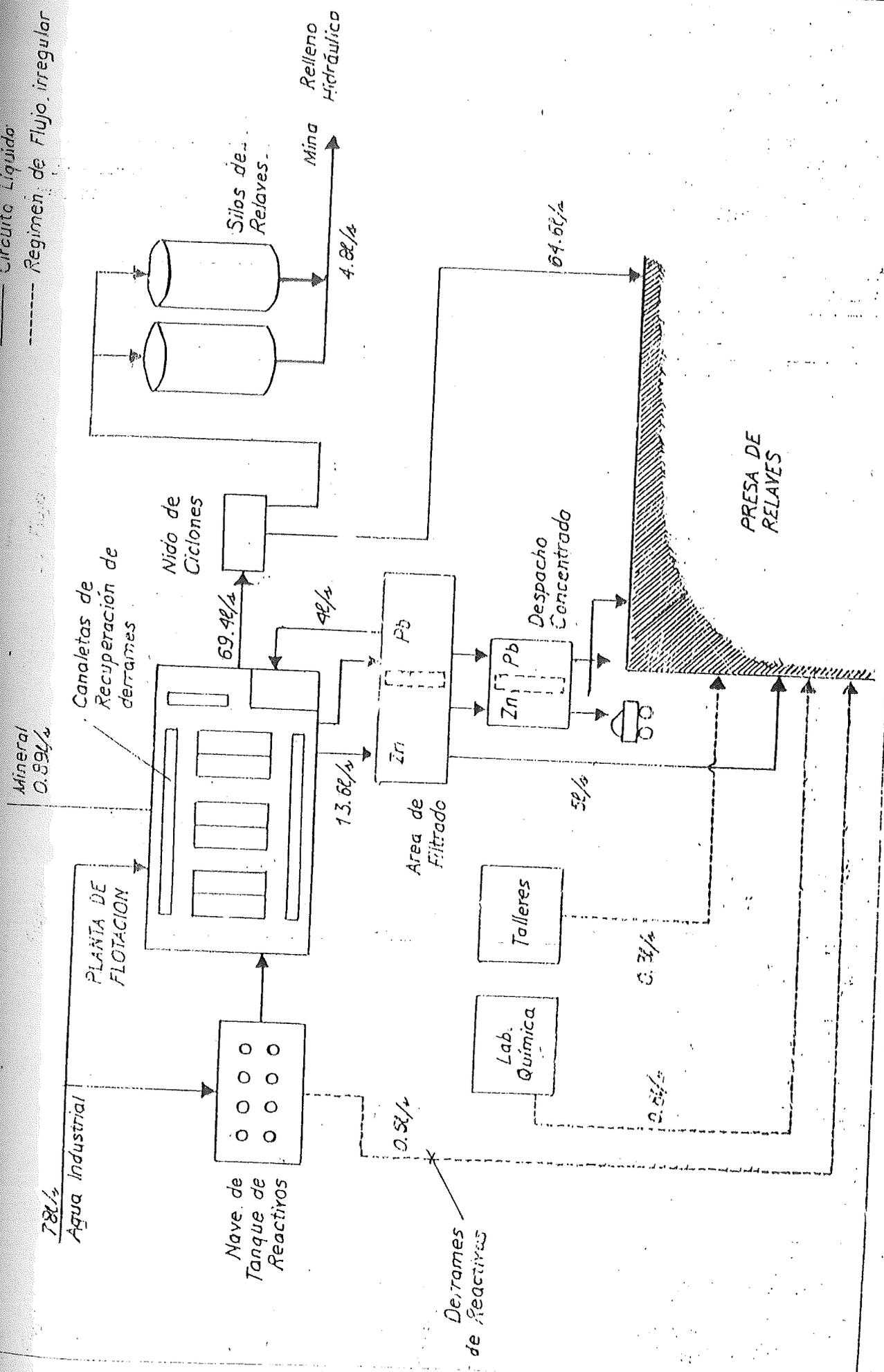
BALANCE DE AGUAS

	ALIMENTACION		SALIDA	
	Tanque	Mineral	Total	RELAYES
	H ³	H ³	H ³	Total
Hora	274.65	3.2	277.85	259.6
Día	6,592	76.8	6,669	6,231
Mes	197,760	2,304	199,064	186,948
Año	2,373,120	27,648	2,390,768	2,246,376
%	98.85	1.15	100	93.43

a) **Balance de Agua y su Manejo en la Planta Concentradora:**

La planta concentradora para tratar 2500-2600 TM/día de mineral requiere aproximadamente de 78 l/s de agua de los cuales la mayor parte van a la relavera: 64.6 l/s. Las aguas obtenidas del área de filtrado en lo concerniente al concentrado de plomo, regresan al circuito de flotación y las de zinc, 4.6 l/s, se dirige a la presa de relaves. Dado que se trata de la línea de concentrado de zinc, las probables partículas en suspensión son altamente contaminantes en zinc; como tal, ésta línea de drenaje debe vigilarse de tal manera de controlar los sólidos de suspensión.(26). Del total de agua contenida en los relaves, una parte (4.8 l/s) va acompañado a las arenas gruesas que se utilizan para relleno hidráulico y alrededor de 64.6 L/s van a la presa. Por otro lado el agua que acompaña a los concentrados es del orden de 5 l/s (como humedad). Cuando se requiere hacer una separación de celdas de flotación, ya sea de una de ellas o una línea, la operación de mantenimiento está diseñada, en la mayoría de veces, de tal forma de no interrumpir el proceso productivo. Para lograr esto, y si es necesario vaciar los tanques, se disponen de canaletas y tanques finales que permiten momentáneamente recibir tales volúmenes, hasta que la reparación haya terminado. Estas canaletas y depósitos finales tienen, además el propósito de recuperar posibles derrames de los reactores de flotación.(26) Toda la planta tiene canales de recolección de derrames que se juntan en una caja y luego es bombeado al circuito. En el área de flotación existen efluentes con régimen de caudal irregular, y dependen del momento en que se inicie la operación. En la nave de tanques de reactivos para flotación; los derrames, pequeñas fugas, que momentáneamente quedan alrededor de su tanque. Ver Figura N° 03.

- Circuitos Sólidos
- Circuito Líquido
- - - Regimen de Flujo irregular

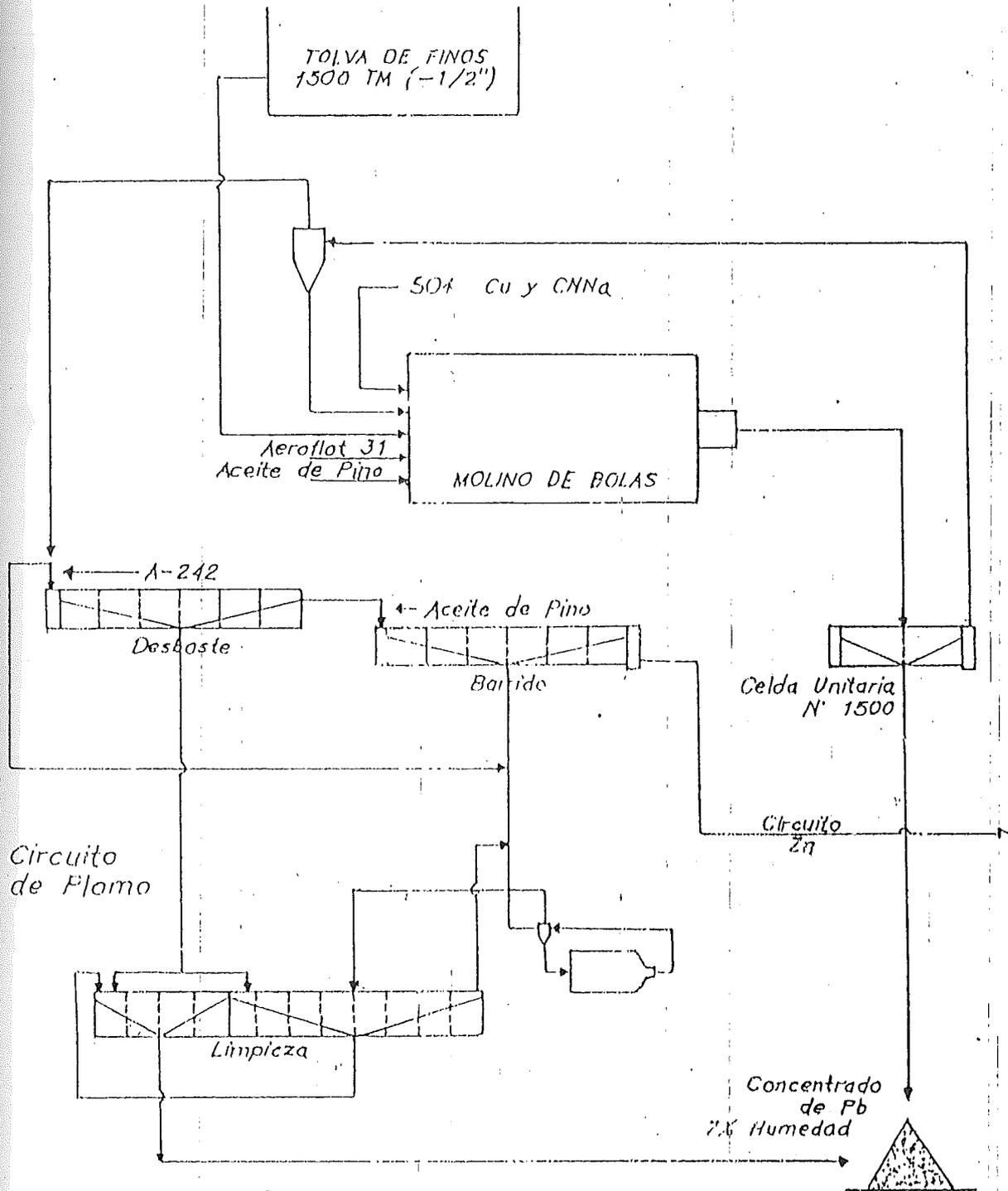


Dado que ésta área es un foco potencial de contaminantes especialmente los reservorios de cianuro de sodio, es importante darle mayor atención, sobre todo en programas de contingencias para sucesos imprevistos (rotura del tanque, falla de la válvula, etc.). Los efluentes de esta zona, así como los del laboratorio químico, son de alta carga contaminante de Cu, Zn, Pb, cianuro de sodio, xantatos, etc. aunque sus flujos son irregulares, amerita un tratamiento particular antes de ser vertidos a la presa de relaves. En el área de almacenamiento de concentrados y carga de éstos a los caminos, las operaciones originan involuntariamente migraciones de polvo de concentrados en los alrededores de la faena. Estos residuos pueden transportarse aún a distancias mayores usando como vehículo al aire, agua (lluvias), personas (zapatos) o los mismos vehículos. Es importante mantener la zona lo más limpia posible.(26). Finalmente, en las áreas cercanas a la planta existen otros efluentes con flujos irregulares y que son portadores de aceites. Estos efluentes provienen de las áreas de mantenimiento automotriz y mecánico eléctrico.

5.2.10 Descripción de la Operación de la Línea de Plomo:

El mineral molido con previa adición de los reactivos de flotación en el molino, en pulpa ingresa a la celda unitaria N° 1500, el producto flotado se almacena para luego pasar por etapas de remolienda, clasificación y luego pasan a celdas de desbaste, aún se no flota, finalmente pasan a celdas de barrido; el producto no flotado pasa al circuito de Zn y los productos flotados de celdas de desbaste y barrido pasan a limpieza; finalmente el producto flotado va a constituir los concentrados finales de plomo.(27) **Figura N° 04.**

Fig N° 4. CIRCUITO MOLIENDA Y FLOTACION PLOMO



$SO_4 Zn$	0.5 KG/TM	(Depresor del Zn)
$NaCN$	0.09 KG/TM	(Depresor de Pirita)
A-242	0.01 KG/TM	(Colector)
Aceite de Pino	0.02 KG/TM	(Espumante)

TABLA N°05

BALANCE DE MASAS Y METALÚRGICO EN LA LINEA DE PLOMO (TM/MES)

B. Masa: Mineral de ingreso = Concentrado de Pb + Concentrado Zn + Relave			
En TM/mes	73,321 = 2,883	6,738	63,699
En %	100 = 3.93	9.19	86.88
B. Metalúrg: Concentra.(Cab) = Cont.(Conc. Pb) + Cont.(Conc. Zn) + Cont.(Relave)			
TM/mes	2,310 = 2,072	85.7	159.2
%	100 = 2.67	90.99	6.34

5.2.11 Descripción de la Operación de la Línea de Zinc:

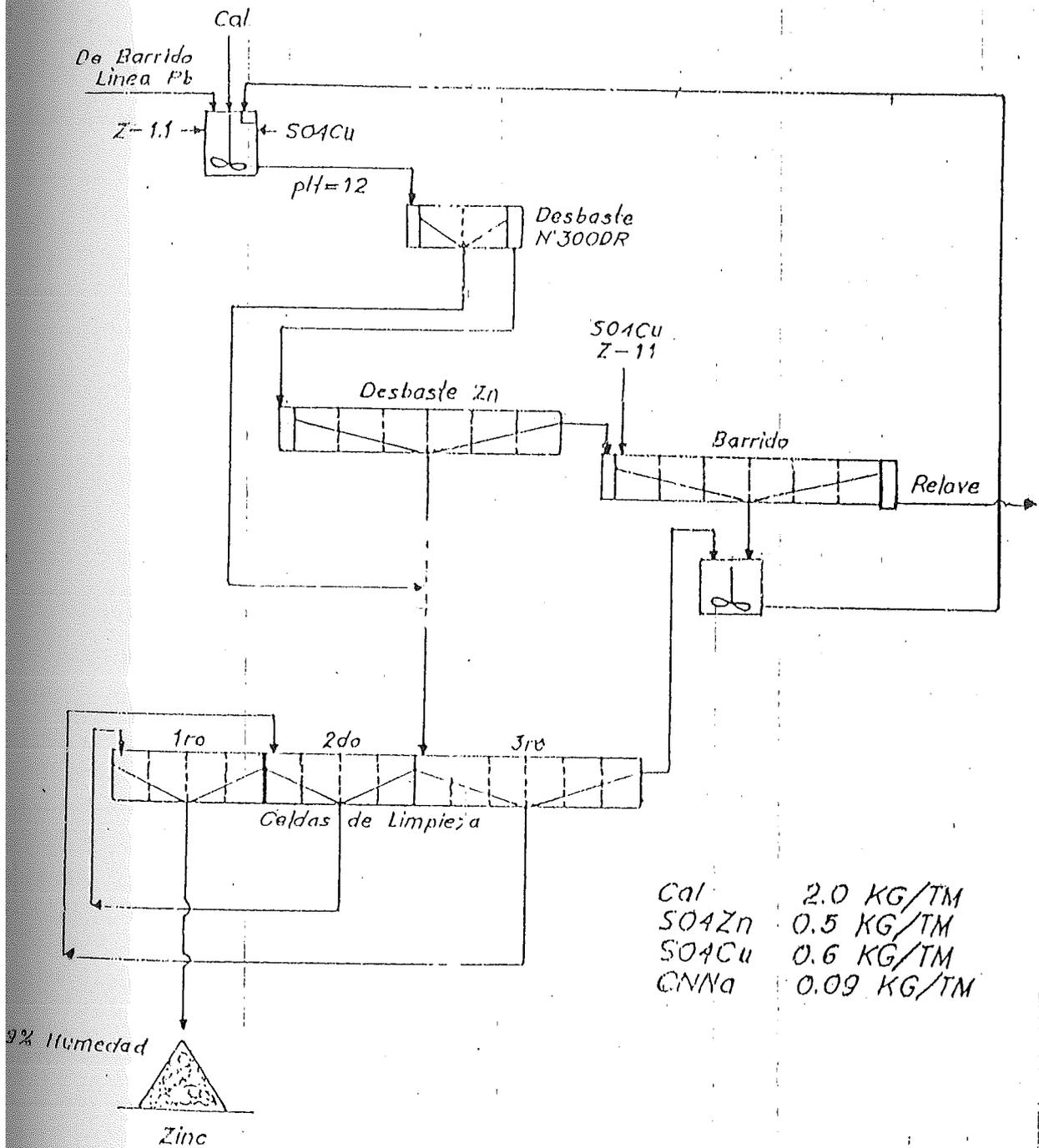
El flujo de pulpa proveniente del circuito de plomo es acondicionado con los reactivos de flotación, que permite flotar los sulfuros de zinc ($\text{SO}_4 \text{CO}$, Z-11) y continuar deprimiendo la pirita y la ganga (cianuro de sodio). Esta pulpa ingresa a las celdas desbastados N° 300 DR, el producto flotado va al circuito de limpieza en contracorriente, el cual está constituido por concentrado húmedo de zinc. Por otro lado el material no flotado de la celda N°300 DR, continúa a los circuitos de desbaste y barrido. Los productos que no flotan constituyen el relave. Fig. N°4-A.

TABLA N° 06

BALANCE DE MASAS Y METALÚRGICO

Balance de Masas (TM/mes):			
Mineral(alimento) = Concentrado de Pb + Concentrado Zn + Relave			
TM/mes	73,321 = 2,883	6,738	63,699
%	100 = 3.93	9.19	88.88
Balance Metalúrgico:			
Concentrado(Cab) = Cont(Conc. Pb) + Cont.(Conc Zn) + Cont(Relave)			
TM/mes	4,117 = 110	3,746	261
%	100 = 2.67	90.99	6.34

Fig 4-A : CIRCUITO DE ZINC
ADICION DE REACTIVOS



5.2.12

Reactivos de Flotación utilizados en la Planta Concentradora

a) Reactivos de Flotación

El reactivo más importante es el **xantato**, el cual es un surfactante totalmente efectivo para convertir a las partículas deseadas en hidrofóbicas, es decir, materiales ávidos por aire, de una excelente flotabilidad.(27)

Los **Aerofloats**, son colectores que son usados como refuerzo a la acción colectora del xantato, ya que promueven la flotación de las especies de Plata.era.

Asimismo, ya que en la mena existen sulfuros no deseados, es imprescindible hacer uso de depresores como el **Cianuro de Sodio**, para inhibir la flotabilidad de la pirita, y el **Sulfuro de Zinc**, para deprimir a la esfalerita eventualmente, mientras se flota a la galena.(27)

Como esfumante selectivo, usan el **Frother 70** para contrarrestar el efecto del cambio en la tensión superficial de la espuma, y propiciar la recuperación eficiente de los sulfuros. Una vez que se han recuperado los sulfuros de Plata-Plomo, se procede a la recuperación del Zinc. Para ello es necesario, dosificarle un reactivador del zinc, anteriormente deprimido, como el **Sulfato de Cobre**. Este reactivo, conjuntamente con el colector xantato, le dan una buena flotabilidad a la esfalerita.

Esta última flotación se lleva a cabo en un ambiente pronunciadamente alcalino; y por ello es imperioso adicionar **Cal** al circuito, para conseguir el pH apropiado.(27)

b) Adición de Reactivos

Los puntos de adición de reactivos para la flotación son:

En el circuito de Pb se adiciona a los molinos Aeroflot 31 como colector de Pb y aceite de pino como espumante; $ZnSO_4$ y NaCN para depresar el Zn y la pirita respectivamente; en el Rougher de Pb se adiciona A-242 y en el barrido de Pb aceite de pino.

En el circuito de Zinc, se adiciona en el acondicionador No 1 $CuSO_4$, para reactivar el Zn que se depresó en la primera, Z-11 como colector de Zn y cal para el medio alcalino que se requiere para flotar el zinc, que para este caso es $pH = 11.7$ y por último, en el barrido de zinc se adiciona también $CuSO_4$ y Z-11 para bajar el zinc en la cola final.(27)

TABLA N ° 07

CONSUMO DE REACTIVOS EN LA FLOTACION DE MINERALES

Consumo de Reactivos		
CAL	:	2.00 Kg/TMS
Z-11	:	0.04 Kg/TMS
A-25	:	0.02 Kg/TMS
A-242	:	0.01 Kg/TMS
NaCN	:	0.09 Kg/TMS
ZnSO ₄	:	0.50 Kg/TMS
PINO	:	0.02 Kg/TMS
CuSO ₄	:	0.60 Kg/TMS

c) Preparación y Dosificación

La mayoría de los reactivos que usamos en el proceso de flotación, son diluidos en agua. Por ello es necesario disponer de facilidades para preparar estas soluciones.(27)

- **Xantato Isopropílico de sodio.-** Conocido comercialmente como Z-11, se adquiere en polvo, del fabricante Nacional Renasa; y se le diluye a una solución que reporta una concentración de sólidos de 8%. Se utiliza en una dosificación de 0.035 K/TM.
- **Aerofloat 31.-** Es un aeropromotor, adquirido de Cynamid-USA, No requiere dilución para su uso. Se dosifica aprox. 0.010 K/TM.
- **Aerofloat 242.-** También es otro específico para Plata-Plomo. Lo suministra Cynamid y se prepara a una dilución de aproximadamente 20% en peso. La dosificación utilizada es aproximadamente 0.010 K/TM.
- **Cianuro de Sodio.-** Es un depresor utilizado universalmente para deprimir a la pirita. Lo provee Dupont. Se le prepara a una concentración del 6%, y la dosis utilizada en nuestro circuito es de 0.060 K/TM.
- **Sulfato de Zinc.-** Depresor generalizado para la esfalerita en el circuito de flotación de Plomo. El fabricante es PIVSA. Se le diluye a una solución de 10%. La dosis usada en el circuito es aproximadamente 0.400 K/TM.
- **Sulfato de Cobre.-** Activador usual de la esfalerita. proveedor Sulcosa, también se le prepara en una solución del 10%. La dosis requerida para una buena performance es aproximadamente 0.380 K/TM.
- **Frother 70.-** Espumante muy conocido por su excelente selectividad. Lo provee Cynamid-Chile. no requiere dilución en agua. La dosis necesaria para la

mena es de 0.025 K/t.

Cal.- Preparada en forma de lechada de cal, se le adiciona como hidróxido de calcio para regular el pH de la pulpa. El suministrador es Cimalsa-San Mateo. La cantidad dosificada es 1.20 K/t.

d) Efectos de los Reactivos en el Proceso

De acuerdo a la dosis que se le agregue los reactivos representan un efecto importante en la obtención eficiente del concentrado en sus diferentes etapas.

TABLA N° 08

EFFECTOS DE LOS REACTIVOS

REACTIVOS	MUCHO	POCO
Espumantes: Aceite de pino	Gran cantidad de espumante. Rebalsan las canoas. Tendencia a ensuciar los concentrados.	Muy baja la columna de espumas. Los sulfuros valiosos se pasan al relave.
Colectores: Xantatos, Aeroflot	No hay selección. Se ensucian los concentrados. Flota pirita y ganga.	Espuma muy pobre. Los sulfuros valiosos se pasan al relave.
Modificadores: Lechada de cal. Regulador de pH y depresor de pirita.	Se eleva el pH. La espuma se vuelve frágil. Aumenta consumo de colectores.	Se baja el pH. Flota mucha pirita. Se espesa la espuma.
Sulfato de Cobre: Reactivador	Se produce flotación no selectiva, desplazando impurezas no deseadas	Baja la recuperación.

5.2.13 Sección de Filtrado

En vista que en el proceso se utiliza grandes cantidades de agua, sobretodo en la etapa de molienda; y dado que los concentrados deben de venderse a las fundiciones con un contenido de humedad; no superior al 10%, tenemos que

quitarle fuerte proporción de agua a la pulpa de concentrado.

Para ello, se hace uso de filtros rotatorio al vacío, los cuales se encargan de succionar al agua del concentrado a través de una lona resistente y con un moderado grado de porosidad, a fin de que no se registren pérdidas de las partículas finas.

Después de esta operación de eliminación de agua, los concentrados salen con una humedad de 7.0% en el concentrado de Plomo y de 9.0% en el concentrado de Zinc. Los efluentes de concentrado de plomo vuelven al circuito de plomo y los de zinc se dirigen a la relavera. (27)

5.2.14 Concentrados

El concentrado se bombea desde cada uno de los tanques a su filtro y la torta cae sobre una faja transportadora de 24" de ancho que la conduce a la ruma correspondiente, de donde el concentrado es cargado directamente a los camiones mediante una pala frontal. Los concentrados que prepara la Planta de Beneficio de Milpo, son transportados al Callao a través de la carretera central, en camiones particulares (generando de esta forma una fuente de trabajo para los transportistas de la región) y vendidos mayormente a las fundiciones del extranjero, de donde luego se producen las barras del metal refinado. Parte del concentrado de zinc se procesa en la refinería de Cajamarquilla.

a) Calidad de Concentrados: Los productos finales al año obtenidos son:

29,462 Tms de Concentrado de Plomo

Ag: 76.17 Oz/Ton, Zn: 4.29%, Pb: 71.17%

71,580 Tms de Concentrado de Zinc

Ag: 3.80 Oz/Ton, Zn: 55.95%, Pb: 1.16%

b) **La humedad:** Del concentrado de plomo es 7.0% y la de zinc 9.0%.

c) **Producción:** Las recuperaciones para Pb y Zn son del orden del 90%, el 10% restante queda en los relaves (0.27% Pb y 0.44% Zn) impurezas potenciales al medio ambiente. En general, los S_2Fe (piritas) no tienen ningún interés económico y van a constituirse en los relaves. Este mineral por descomposición oxidante, genera compuestos que pasan fácilmente al agua en forma de ácido sulfúrico e ión férrico. Ambos son agentes químicos de alto poder oxidativo, como tal, oxidan y disuelven a otros materiales contenidos en la ganga.

5.3 Descripción de Impactos Ambientales

La evaluación química ambiental sirve para medir los impactos que las actividades minero-metalúrgicas producen en el medio ambiente considerando agua, aire y suelo, los impactos están referidos al grado de modificación incurrido en el medio ambiente natural, identificando su intensidad, irreversibilidad y temporabilidad.

En relación al medio ambiente modificado se ha tomado interés en suelos: cubiertos por relaves, agua: contaminado por agua de relave y mina, aire: contaminado por el levantamiento de polvo y gases de chimeneas.

Los impactos y/o modificaciones del medio ambiente se han identificado como:

- . Impactos pasivos ambientales; modificaciones ocurridas al medio en tiempos anteriores a las disposiciones legales sobre medio ambiente.
- . Impactos generados por la actividad minero-metalúrgica.
- . Impactos generados por terceros, ubicados en áreas circundantes al emplazamiento minero.

El pasivo ambiental por beneficio de minerales es un rubro que está referido al cambio geomorfológico y a la acumulación de relaves no sólo abarca el cambio en la geomorfología del lugar, sino también el paisaje, cubrimiento y muerte de vegetación natural.

Por otro lado, el incremento constante de producción ha significado cambios e incrementos en las instalaciones, quedando algunos equipos, áreas e instalaciones en desuso.

La exploración producto propio de la actividad, presenta áreas descubiertas, ocupación de áreas por materiales de desbroce, vías en desuso, zonas expuestas a la erosión y oxidación, especialmente en áreas antiguas de actividad minera los materiales producto del desarrollo de galerías, chimeneas, túneles, etc. Además de los desechos, testigos adulterados, etc. propios de la perforación exploratoria y finalmente los residuos sólidos y líquidos generados por los propios equipos de perforación.

La explotación minera donde se considera los efectos ocasionados por las actividades mineras en el interior mina: galerías, chimeneas, drenaje de aguas, etc, que al no estar periódicamente controlados provocan en algunos casos inestabilidad física o química por la acción propia de los materiales o áreas disturbadas. La explotación minera está referida a los cambios al medio ambiente producto de la actividad, como contaminación de aguas de drenaje de mina, especialmente por la actividad de relleno hidráulico; presencia y destino de materiales estériles, contaminación de líquidos por grasas y aceites en talleres automotrices, presencia de polvos, gases en las galerías, disminución de la estabilidad física del medio por la presencia de galerías, chimeneas, túneles, rampas, etc. Asimismo el efecto de contaminación del aire por la presencia de gases evacuados del interior mina a través de chimeneas mineras.

Por otro lado los impactos producidos por las actividades propias del emplazamiento minero-metalúrgico están referidos a cómo la actividad minera ha modificado el medio natural, en el comportamiento socio-cultural económico del habitante del lugar, así como el efecto del cambio de uso de tierra agrícola, clasificado como de tipo pastoreo, a uso minero de mayor

rentabilidad económica. Por otro lado los impactos producidos por las actividades propias del emplazamiento minero-metalúrgico están referidos a cómo la actividad minera ha modificado el medio natural, en el comportamiento socio-cultural económico del habitante del lugar, así como el efecto del cambio de uso de tierra agrícola, clasificado como de tipo pastoreo, a uso minero de mayor rentabilidad económica.

La planta de beneficio se considera el efecto del polvo en el aire, en las etapas de conminución del mineral, del uso de reactivos de flotación, tanto por sus efectos tóxicos como su efecto residual en las aguas de abandono. También está referido a la contaminación de aguas por partículas de minerales, arrastrados por el líquido en operaciones de salpicadoras, derrames, limpieza de área; aguas en etapas de filtración de concentrados, etc. Finalmente, el destino del material de desecho (relaves) su disposición y control asegurando estabilidad química y mecánica.

El transporte de concentrados e insumos está referido principalmente al despacho de concentrados y su efecto en la contaminación del medio por el manipuleo y traslado, contaminando el área circundante donde se realiza la operación. Asimismo, está referido al transporte de este concentrado y de otros reactivos e insumos necesarios para la actividad minero-metalúrgica.

La presa de relaves está referida al cambio de geomorfología ocasionado por la acumulación de material de desecho; a la estabilidad física (mecánica) ante movimientos sísmicos, estabilidad química ante la producción de drenaje ácido y disolución de metales contaminantes. Finalmente, referido al efecto contaminante de las aguas drenadas de la presa a la fuente receptora.

El sistema de acopio de agua está referido a la captación de recursos hídricos de la zona, disminuyendo el potencial de aguas para otras actividades y por otro lado a todo el sistema de tuberías y tanques que ocasiona el traslado y acopio de agua, alterando el medio morfológico.(28)

La planta de aire a presión está referida al efecto de la propia instalación, tuberías, ruido en operación, presencia de residuos sólidos como chatarra (por cambio de partes por mantenimiento), residuos líquidos, purgas de aceite mezclados con agua y que contamina el medio acuoso con destino a la presa de relaves, manejo de agua de refrigeración destino de estas aguas.

Las plantas eléctricas están referidas a las modificaciones ocasionadas por las actividades de generación, transformación y transporte de energía.

Los talleres de mantenimiento están referidos a los residuos sólidos (chatarra) y líquidos (aceite quemado) que producen las actividades de los talleres de mecánica, eléctrico y automotriz, actividades que afectan especialmente el suelo y áreas donde han sido ubicadas tales instalaciones.

El laboratorio químico-metalúrgico está referido a la generación de residuos tóxicos como producto de las actividades propias del laboratorio. Los residuos sólidos (desperdicios de muestras, reactivos adulterados, desechos químicos), líquidos (soluciones de ataque, muestras líquidas) gases (emanaciones de ácidos y otros gases producidos en el ataque de muestras) y finalmente los ocasionados por el mantenimiento propio de las instalaciones, equipos, etc.

El campamento, hotel, vivienda y otros servicios están referidos al cambio de la geomorfología, por el uso de terrenos para ubicar las diferentes

instalaciones, a las vías de acceso, al consumo de agua y a la producción de desechos domésticos tanto sólidos (basuras) como líquidos (aguas servidas).

El hospital y postas médicas se consideran fundamentalmente, el acopio de residuos sólidos y líquidos de origen medicinal, que por su composición pueden ser dañinos al medio ambiente y a los seres vivos.(29)

5.4 Manejo Ambiental

La protección del medio ambiente compromete un Programa de Adecuación de áreas disturbadas y un Programa de Manejo Ambiental de los principales componentes del medio ambiente.

El Manejo Ambiental, requiere de una organización y lineamiento definidos de política ambiental y calidad de vida.

En relación a las actividades actuales y en el marco de adecuación, de acuerdo a normatividades de medio ambiente; se inicia un conjunto de actividades orientadas a operar conservando el medio ambiente; de esta manera se realiza los monitoreos necesarios para evaluar el grado de contaminación de agua, aire y suelos. Se identifica áreas modificadas y actividades que están incrementando o produciendo contaminación.

Asimismo, un Programa de Manejo Ambiental, necesita de programas de capacitación continua, estudios específicos, para superar problemas de naturaleza técnica, compromisos para proteger el medio ambiente, actuando bajo la normatividad legal existente, así como un sistema de control y vigilancia.(30)

5.5 Estabilidad Fisicoquímica de Canchas Relaveras

Los relaves que constituyen el material residual, están conformados principalmente por arena muy fina y otras partículas sumamente pequeñas, denominadas lamas.

Debido a su escaso valor y al desconocimiento que existe de sus efectos perniciosos, se arrojan a los cursos de agua mas cercanos. Tal práctica trae como consecuencia que los relaves sean transportados a grandes distancias, ocasionando la contaminación de las aguas y afectando tierras de cultivo.

Para evitar tal situación descrita se construye presas de almacenamiento de relaves.

Del beneficio de los minerales de plomo y zinc por concentración, que consiste en liberar, separar y concentrar las especies mineralógicas de interés económico de las que no tienen ningún valor actual, utilizando operaciones y procesos de molienda y flotación se obtienen, en la unidad de producción de tipos de concentrados y otro de material estéril.

Los relaves que salen de la concentradora, si no se manejan apropiadamente, podrían constituir serios contaminantes de la flora y fauna de la región. Sin embargo, de acuerdo a la tecnología actual, se está reciclando aproximadamente el 68% del relave que produce diariamente la planta hacia el interior de la mina. De esta forma, sirven para rellenar los enormes vacíos que produce la propia explotación-extracción de mineral.

En los últimos años se ha incrementado su producción a un ritmo de 25000 TM/año; para el presente año se tiene proyectado procesar alrededor de 880,000 TM/año de mineral, esto significa 756,000 TM/año de relaves; este material forma

una pulpa con el agua y es descargado con una humedad del 74.3% (2'110,000 TM de pulpa).

Del total de relaves, las 2/3 partes regresa a la mina, después de ser clasificado por cicloneo, siendo la parte mas gruesa (arenas) las que van a constituir el material para el relleno hidráulico; los 356,000 TM/año restante van a depositarse a las relaveras.(31)

Si bien, inicialmente, los relaves se presentan químicamente estables, sin embargo, es necesario ocuparse de ellos pues a futuro puede ser una fuente de contaminación. Es importante anotar que los relaves contienen un buen grado de piritas (S= 12.8%) las que podrían generar aguas ácidas y así facilitar la disolución de los cationes metálicos que aún existen en el relave. Ubicar adecuadamente estos materiales y aislarlos del oxígeno garantiza la estabilidad química de ellos. Guardando la mayor parte de los relaves en la propia mina y el resto en una relavera construida especialmente para cumplir con los fines de depósito de materiales, dándoles estabilidad química y física.

a) Caracterización Física de los Relaves:

Muchas de las propiedades físicas y mecánicas tienen que ver con el tipo de material, sean éstos arenosos (mejor índice a compresión, ángulo de fricción interna permeabilidad, etc) o lamas, que son materiales débiles, compresibles, baja permeabilidad, etc.(31)

La permeabilidad de los relaves arenosos son de 10^3 a 10^4 cm/seg, mientras que las lamas son de 10^5 a 10^6 cm/seg.

Los relaves arenosos drenan fácilmente y logran humedades del 5 al 15%. Las Lamas, sin embargo, no responden al drenaje por gravedad debido a las altas

fuerzas de capilaridad asociados con el pequeño tamaño de las partículas (menos de 0.074 mm). Retienen su humedad a niveles de 25 a 35% y pueden permanecer con esa humedad por largo tiempo aún en climas secos.

Por otro lado, la deposición hidráulica ordinaria de arenas y lamas produce bajas densidades "in situ" y condiciones sueltas y blandas con promedios entre 5 y 10 para arenas recientes (Pruebas Estándar de Penetración) y 1 a 3 para Lamas. Bajo condiciones de total saturación, estos materiales pierden resistencia y se licuefactúan ante movimientos sísmicos. Tenemos la distribución granulométrica de una muestra de relave general, la fracción de gruesos y la que se dirige a la presa de relaves. Ver Tabla N° 09

TABLA N° 09

DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE LOS RELAVES

Malla	Micros	Relave % peso	Relave a relleno Hidráulico (%)	Relave a Prueba de Relaves (%)
35	500	0.48	0.62	0.03
45	355	2.94	4.05	0.21
70	212	9.75	13.61	0.75
100	150	12.59	17.55	1.05
140	106	14.25	17.94	1.85
200	75	14.75	18.37	2.75
270	53	9.92	12.1	3.98
325	45	5.25	4.68	5.11
400	38	4.75	3.38	7.44
-400		25.3	7.78	7.65

b) **Caracterización Química de los Relaves:** Análisis químico típico de elementos o sustancias más abundantes. Ver Tabla N° 10.

TABLA N° 10

ANÁLISIS QUÍMICO DE ELEMENTOS O SUSTANCIAS MÁS ABUNDANTES

Metal	%	ppm
Cu	0.06	60
Pb	0.20	200
Zn	0.51	510
Mn	0.25	250
CaO	25.24 (33.8% como CaCO ₃)	
Al ₂ O ₃	2.81%	
SiO ₂	18.82 %	
Fe	14.35 %	
S	12.2 %	
Pirita calculada	26.3%	

El alto contenido de carbonato hace que este material tenga su propio buffer neutralizante ante la posibilidad de drenaje ácido por oxidación de piritas. Por lo general el pH natural del material va de 7.5 - 8.5 . El potencial teórico ácido del material está calculado en 375 Kg. de H₂SO₄ /TM, mientras que la capacidad neutralizante del carbonato está alrededor de 340 Kg/TM. De acuerdo a esta información el material es prácticamente neutro, sin embargo, factores como tamaño de grano, peso específico y otros hacen que el material se segregue y

concentre localmente, en estas condiciones el potencial ácido o base excede fácilmente el valor de la neutralidad comunmente usada.

Por otro lado de las 2600 TM/día de tratamiento del mineral el 85.96% constituyen los relaves, los que salen finalmente de la línea de concentración de zinc, finamente divididos y formando una pulpa con el agua que en las operaciones anteriores se le ha adicionado.(31)

La pulpa tiene una concentración de 25.7 % de sólidos. El flujo de pulpa 288 TM/h, es recepcionado en un depósito denominado caja de bombas; de aquí es bombeado a la sección de ciclones (nido de ciclones), donde el material es separado en 2 subproductos:

El primero conocido como (undersize) esta constituido por arenas gruesas y con un contenido menor de agua que la pulpa original, estos son depositados en 2 silos de 1200 TM c/u y de aquí por gravedad se les utiliza para relleno hidráulico en el interior de la mina.

Y el otro llamado (oversize) constituido por los materiales finos que representan un 30% del total de sólidos vienen acompañados de la mayor parte de agua.

La pulpa de estos sólo contiene 10.33% sólidos. Del total de agua el 92.3% viene acompañando a los finos.

En resumen, los relaves emergentes de la planta son cicloneados en su totalidad, derivando la fracción gruesa hacia las labores subterráneas de la Mina, y la proporción fina, hacia el depósito de relaves. La fracción gruesa, que constituye el 70% de las colas, se utiliza como relleno hidráulico de los tajeos de la mina ya explotados. El relave proveniente de la planta de flotación, es cicloneado, separando las arenas con poca agua de los lodos, los primeros son bombeados a 2

silos de almacenamiento de capacidad de 1200 TM c/u y de aquí por gravedad ingresan a la mina para las operaciones de relleno hidráulico.(31)

En la Tabla N° 11 se muestra los análisis químicos típico de minerales entre ellos se encuentran evaluados el cobre, plomo, cinc, arsénico, antimonio, bismuto, fierro, óxido de calcio, óxido de aluminio, óxido de manganeso, sílice libre, azufre, mercurio, óxido de sodio, óxido de potasio, molibdeno, cadmio, manganeso, níquel, selenio, cobalto, indio, cromo, germanio, estaño, telurio, titanio, fósforo, fluor, talio, cloro, plata, oro, pirita.

TABLA N° 11: ANALISIS QUIMICO TIPICO DE MINERALES

N°	METALES	SIMBOLO	%	CABEZA	RELAVE Zn
1	Cobre	Cu	%	0,2	0,06
2	Plomo	Pb	%	3,08	0,2
3	Zinc	Zn	%	6,3	0,51
4	Arsénico	As	%	0,058	0,05
5	Antimonio	Sb	%	0,012	<0,002
6	Bismuto	Bi	%	0,025	0,006
I	Oxido de Calcio	CaO	%	21,58	25,24
II	Oxido de Aluminio	Al ₂ O ₃	%	2,3	2,81
III	Oxido de Manganeso	MgO	%	1,16	1,38
7	Fierro	Fe	%	14,2	14,35
8	Sílice libre	SiO ₂	%	15,58	18,82
9	Azufre	S	%	15,06	12,2
10	Mercurio	Hg	%	0,8	0,52
IV	Oxido de Sodio	Na ₂ O	%	0,06	0,06
V	Oxido de Potasio	K ₂ O	%	0,76	0,86
11	Molibdeno	Mo	%	0,002	0,002
12	Cadmio	Cd	%	0,032	0,002
13	Manganeso	Mn	%	0,25	0,25
14	Niquel	Ni	%	0,001	0,001
15	Selenio	Se	%	<0,005	<0,005
16	Cobalto	Co	%	<0,001	<0,001
17	Indio	In	%	<0,001	<0,001
18	Cromo	Cr	%	0,008	0,006
19	Germanio	Ge	%	<0,01	<0,1
20	Estaño	Sn	%	0,005	<0,005
21	Teluro	Te	%	0,002	<0,002
22	Titanio	Ti	%	0,1	0,014
23	Fósforo	P	%	0,22	0,25
24	Fluor	F	%	0,2	0,22
25	Talio	Tl	%	0,004	0,05
26	Cloro	Cl	%	<0,01	<0,01
27	Plata	Ag	OZ/TC	4,85	0,97
28	Oro	Au	OZ/TC	0,025	0,019
	Pirita Calculada			23,85	26,3

VI- PARTE EXPERIMENTAL

6.1 Bases del Diseño Experimental

Se propone estudiar experimentalmente la evaluación química ambiental de una planta minero metalúrgica. Las variables de importancia que se consideraran estan en función a los parámetros de contaminación mas tóxicos y que estan relacionados con el tipo de materia prima e insumos que se emplean en la etapa productiva. Estos parámetros se evaluan en el agua, aire y suelos mediante métodos de análisis vigentes y normalizados para elementos y sustancias tóxicas.

6.2 Metodología Aplicada al Diseño Experimental

El método usado esta relacionado con pruebas y análisis elementales en aguas residuales provenientes de la planta metalúrgica, agua ácida generada por la oxidación de la pirita, agua de mina, aguas servidas, agua potable. Para la evaluación de la calidad de aire se aplica el método de muestreo con solución captadora y análisis colorimétrico y para la evaluación de emisiones gaseosas se aplica el método de análisis con sensores electroquímicos. La caracterización fisicoquímica de los suelos se realiza aplicando métodos de análisis que ayuden a cuantificar la calidad y el grado de contaminación de los suelos.

6.3 Procedimiento Experimental

Para el análisis de agua, aire y suelos se realiza una serie de pasos sistemáticos que son controlados y manejados de acuerdo a un criterio y orden.

Primeramente se selecciona los parámetros y se definen los puntos de muestreo, luego se realiza la toma adecuada de muestras representativas que garantizarán la veracidad de los resultados además se realizan mediciones y análisis adicionales y

se establecen procedimientos de control de calidad analítica sobre todo de tipo interno.

Las técnicas de preservación se usan para retardar los cambios químicos y biológicos sobre las muestras tanto para agua, aire y suelo. Los análisis fisicoquímicos se realizan para cuantificar un parámetro determinado. Después de haber practicado el procedimiento experimental se procede a realizar el tratamiento estadístico a la base de datos obtenida y se compara con los límites máximos permisibles para realizar la interpretación de los resultados. A continuación se detallan los pasos que hay que realizar en el procedimiento experimental.

6.4 Selección de Parámetros

6.4.1 En Agua

Se seleccionan los siguientes parámetros :

- Temperatura, pH, oxígeno disuelto, turbiedad, sólidos totales, sólidos totales suspendidos, sólidos totales disueltos, caudal, aspecto.
- Aniones: sulfatos, cianuro libre, cianuro total.
- Metales Totales: arsénico (As), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), plomo (Pb), cinc (Zn) y plata (Ag).
- Sustancias orgánicas: hidrocarburos totales, aceites y grasas.
- Sustancias microbiológicas: coliformes totales, coliformes fecales, DBO5 y oxígeno disuelto (medido in situ).

6.4.2 En Aire

-Fuentes de Emisión:

Temperatura de humos de chimenea, caudal, partículas totales suspendidas, gases: CO, NO_x(NO,NO₂), SO₂.

-Fuentes de Inmisión:

Gases: SO₂, NO₂ y CO, partículas totales en suspensión (caracterización química de las partículas iones metálicos: cinc (Zn), plomo (Pb).

6.4.3 En Suelos

- pH, conductividad eléctrica.

- Análisis mecánicos: % arena, arcilla y limo.

- CaCO₃, materia orgánica, fósforo (P), K₂O, capacidad de intercambio catiónico, calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na) y acidez.

- Metales Totales: plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y cromo (Cr).

- Sustancias orgánicas: aceites y grasas e hidrocarburos.

6.5 Metodología de Muestreo

6.5.1 En Agua

La metodología de muestreo aplicada consiste en la toma de muestra representativa del agua en vertimientos y cuerpo receptor, mediante el inventario de afluentes y efluentes en el curso del río se procede a evaluar cada uno de ellos.

Los métodos de preservación se limitan usualmente al control de pH, adición química, refrigeración y congelación. La **Tabla N° 12** muestra los volúmenes que se requiere para los análisis respectivos.

- Para la preservación de aniones se recomienda tomar 1 litro de muestra y refrigerar a 4°C y mantenerla en un cooler hasta el momento de su análisis. La refrigeración actúa como un inhibidor bacteriano que retrasa las tasas de reacción química aplicable a la acidez, alcalinidad, color, olor, etc.
- Para la determinación de los constituyentes metálicos disueltos debe filtrarse la muestra a través de un filtro de membrana de 0.45 µm después de la recolección. Se usan aparatos de filtración de vidrio o plástico para evitar una posible contaminación. Se emplean los primeros 50 - 100 ml para enjuagar el frasco filtrante, se descarta esta porción y se recoge el volumen requerido de líquido filtrado (1 L). Se acidifica el filtrado con 1:1 de HNO₃ a un pH de 2.

Para determinar metales totales, una muestra se acidifica con 1:1 HNO₃ a un pH de dos en el momento de la recolección (aproximadamente 5 ml HNO₃/L), no se filtra la muestra antes del proceso. Se elige el volumen de muestra apropiado para el nivel calculado de metales.

La determinación de metales en suspensión se determina en la forma más simple por medio de un cálculo de la diferencia entre metales totales y disueltos.

- El muestreo para aceites y grasas se realiza en botellas de vidrio en volúmenes de 1 litro; se preserva con 5 ml de HCl 6N y se refrigera a 4°C teniendo cuidado de que las botellas queden bien aseguradas para que no se abran durante el transporte.
- El muestreo de cianuro se realiza mediante la toma representativa de 1 litro de muestra y la preservación con hidróxido de sodio, se utiliza una lenteja hasta un pH mayor a 11 y se mantiene en refrigeración a 4°C.
- El muestreo de hidrocarburos se realiza mediante la recolección de muestras en frascos de vidrio color ámbar de un litro o más de capacidad, luego las muestras

son preservadas por acidificación empleando 5 ml HCl 6N y se mantiene en refrigeración a 4 °C.

- Los resultados de muestreo y análisis microbiológico están influenciados principalmente por la calidad de muestreo que se aplica en el momento de la toma de muestra, transporte, tiempo que demora en llegar al laboratorio, estos factores son determinantes en los errores que pudieran ocurrir en un análisis y se pueden minimizar si se siguen las técnicas apropiadas.

Cuando la muestra procede de un grifo, se abre la llave y se deja correr el agua por un periodo no menor de 5 minutos, se quita la tapa del frasco y se procede a tomar la muestra.

Cuando la muestra es de un río se quita la tapa del frasco y con una de las manos se toma el frasco por la base sumergiéndose rápidamente con la boca hacia abajo a unos 30 cm de la superficie para evitar que ingresen los contaminantes superficiales. El frasco se gira en forma vertical con la boca contra la corriente y si no hay corriente se creará una corriente artificial, por el movimiento del frasco en forma horizontal.

Inclinar el frasco lentamente y permitir la salida del aire. Una vez retirado el frasco, descartar un poco de muestra para dejar el espacio de aire suficiente para la homogenización de la muestra antes de que se inicie el análisis, si la fuente de agua es altamente contaminada, se recomienda usar guantes de jebe o descartables para la toma de muestra.

Los frascos a utilizarse deben ser preferentemente de vidrio de boca ancha con tapa esmerilada o tapa rosca, lavados y esterilizados.

Si los frascos son de tapa esmerilada deben estar protegidos por una cubierta de papel kraft y amarrados con una pita de cáñamo. Los frascos estériles no deben permanecer mas de 30 días almacenados a fin de evitar posible contaminación durante el almacenamiento.

Las aguas que contienen cloro residual, se recolectan en frascos que contienen tiosulfato de sodio para declorar, el tiosulfato de sodio debe añadirse a los frascos limpios antes de ser esterilizados. Se añade 0.1 ml de tiosulfato de sodio al 1.8 % para cada 100 ml de muestra; esta cantidad es suficiente para neutralizar 5 mg/L de cloro residual.

Las muestras no deben contaminarse ni antes ni despues del muestreo. Los frascos deben permanecer cerrados hasta el momento de la recolección (estériles) la tapa se debe quitarse con mucho cuidado para evitar que se contamine y durante la toma nada debe tocar el tapón, la boca ni el cuello del frasco este se sujeta del fondo, se eleva sin enjuagarlo e inmediatamente se tapa de nuevo. El volumen mínimo para un análisis de rutina en aguas turbias (desagües, ríos, etc) debe ser por lo menos 100 ml pero se recomienda un volumen de 500 ml en el caso de aguas claras (potables, manantiales, etc) se sugiere un volumen no menor de 1000 ml.

La muestra debe procesarse tan pronto como llegue al laboratorio, en caso contrario debe guardarse en refrigeración a 4 °C hasta por un máximo de 6 horas. Si la muestra es tomada en lugares alejados del laboratorio este debe remitirse en una caja con hielo seco y el tiempo transcurrido entre el muestreo y el análisis no debe exceder de las 24 horas.

Los frascos con las muestras deben ser convenientemente rotulados. La etiqueta o ficha adherida al frasco debe consignar los siguientes datos:

- a.- Número de muestra o código
 - b.- Identificación del punto de muestro
 - c.- Procedencia del efluente, río, lago, etc
 - d.- Fecha y hora de recolección
 - e.- Nombre y firma de la persona que realizó el muestreo
 - f.- Profundidad de la recolección
 - g.- Volumen enviado
 - h.- Temperatura
- En todos los casos se toman muestras en blanco para evaluar el grado de contaminación de la aguas.
 - Las normas técnicas de análisis se muestran en la **Tabla N° 13**

TABLA N° 13: NORMAS TECNICAS DE ANALISIS

ANALISIS QUIMICO	METODOS	LIMITE DETECCION
AGUAS		
Arsénico	APHA-AWWA-WPCF,Part 3114B/17th/1989	0,005 mg/L
Plomo	APHA-AWWA-WPCF,Part 3500 Pb-B/17th/1989	0,001 mg/L
Plata	APHA-AWWA-WPCF,Part 3500-Ag-B/17th/1989	0,001 mg/L
Zinc	APHA-AWWA-WPCF,Part 3500-Zn-B/17th/1989	0,001 mg/L
Cobre	APHA-AWWA-WPCF,Part 3500-Cu-B/17th/1989	0,001mg/L
Cadmio	APHA-AWWA-WPCF,Part 3500-Cd-B/17th/1989	0,001 mg/L
Hierro	APHA-AWWA-WPCF,Part 3500-Fe-B/17th/1989	0,001 mg/L
Cianuro total	APHA-AWWA-WPCF,Part 4500-CN F/17th/1989	0,02 mg/L
Cianuro libre	APHA-AWWA-WPCF,Part 4500-CN I/17th/1989	0,1 mg/L
Cloruro	APHA-AWWA-WPCF,Part 4500-CI B/17th/1989	0,5 mg/L
Cloro residual	SM-4500-B-C	0,5 mg/L
Cloro libre	APHA-AWWA-WPCF,Part 4500-CI-L-B/17th/1989	0,1 mg/L
Nitratos	APHA-AWWA-WPCF,Part 4500-NO3 B/17th/1989	0,1 mg/L
Sulfato	APHA-AWWA-WPCF,Part 4500-SO4-C/17th/1989	1 mg/L
Acidez	APHA-AWWA-WPCF,Part 2310 B/17th/1989	1 mg/L
Alcalinidad	APHA-AWWA-WPCF,Part 2320 B/17th/1989	1 mg/L
C.E.	APHA-AWWA-WPCF,Part 2510B/17th/1989	1 umhos/cm
Temperatura	APHA-AWWA-WPCF,Part 2550B/17th/1989	No aplicable
Aceites y grasas	APHA-AWWA-WPCF,Part 5520 B/17th/1989	1,0 mg/L
Hidrocarburos	CEPIS	0,5 mg/L
AIRE		
SO2	ASTM D2914/ EPA 22914	5 ug/m3
NOx	ASTM D1607/ EPA38(110)	9 ug/m3
CO	DIGESA	0,5 ug/m3
PTS.	ASTM D4096	0,3 ug/m3
SUELOS		
Análisis Mecánico	Textura por el método del hidrómetro	
C.E.	Lectura del extracto relación suelo-agua 1:1	
pH	Método del potenciómetro relación suelo agua 1:1	
Calcáreo total	Método gaso volumétrico	
Materia orgánica	Método de Walkley y Black	
Ca, Mg, K, Na	Espectrofotometría de A.A.	
Capacidad de I.C.	Método del acetato de amonio IN pH 7	
Acidez cambiabile	Método del KCl IN	
Fósforo	Método de Olsen Modificado Extractor NaHCO3 0,5 M pH 8.5	
Nitrógeno total	Método del micro Kjeldalh	

6.5.2 En Aire

El programa de monitoreo que se realiza in situ comprende los muestreos para gases y partículas considerando todas las fuentes de emisión que se encuentran dentro del emplazamiento minero tales como chimeneas de ventilación, chimeneas de la central térmica, zonas de despacho de minerales en la que se tiene concurrencia de transporte vehicular para carga de concentrado. Asimismo se identifica y muestrea las fuentes de inmisión seleccionadas bajo criterios de condiciones meteorológicas y salud ambiental.

La metodología seguida comprende la toma de muestras en el campo de los parámetros seleccionados, seguidamente se realizan los análisis respectivos en el laboratorio para la obtención de los resultados de la concentración de NO₂, SO₂, CO, partículas totales suspendidas y su caracterización química por Pb, Zn, . Se toma muestras en blanco que se utilizará para comparar con las muestras contaminadas.

a) Partículas Totales Suspendidas:

Para el muestreo de los PTS (partículas totales suspendidas) se utiliza un muestreador de alto volumen, que tiene un motor de aspersión de alto flujo (1.5 m³/min), el cual succiona el aire del ambiente, haciéndolo pasar a través de un filtro de fibra de vidrio, que retiene partículas de hasta 0.3 μ m de diámetro.

La concentración de las partículas totales suspendidas se calcula, determinando el peso de la masa recolectada y el volumen de aire muestreado. El período de muestreo comprende 24 horas. Las unidades de concentración para este contaminante se da en microgramos por metro cúbico (μ g/m³).

b) Dióxido de Azufre:

Se determina por absorción del gas en solución de captación de pararosanilina, a razón de flujo de 0.5 a 1.0 litro por minuto, en un periodo de muestreo de 24 horas el análisis químico se efectúa por colorimetría, expresándose los resultados en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

c) Dióxido de Nitrógeno:

Se determina por el método del arsenito de sodio. Las muestras de aire contaminada son atrapadas en una solución captadora a una razón de flujo de 0.5 a 1.0 litros por minuto por periodos usuales de 24 horas. El análisis se realiza por colorimetría, los resultados se expresan en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio.

d) Monóxido de Carbono:

Este contaminante se evalúa con un analizador automático, obteniéndose mediciones puntuales, su concentración se expresa en partes por millón (ppm).

e) Partículas Sedimentables:

Las partículas sedimentables se evalúan mediante el método de jarras, consiste en dejar durante unos 30 días depositar las partículas que se van sedimentando desde una fuente determinada de emisión de partículas para luego mediante las diferencias de pesos y diámetro del recipiente determinar las partículas que se acumulan por área de superficie.

6.5.3 En Suelos

El método de muestreo consiste en realizar calicatas y observar los horizontes, se toma muestras representativas en cada horizonte, la toma de muestra se realiza

utilizando una espátula de acero inoxidable limpia y colectando la muestra en una bolsa plástico. En el muestreo se toma un blanco para compararlo con las muestras contaminadas.

6.6 Puntos de Muestreo

6.6.1 En Agua

Se realiza un reconocimiento en las instalaciones de la planta y las áreas circundantes a la zona de estudio, se procede a seleccionar las estaciones de muestreo mas representativas según criterios recomendados por el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua del Sector Minería.

1.- Estación N°01 (Agua Potable): Este punto es controlado por ser de gran importancia a la salud humana.

2.- Estación N°02 (Agua Industrial): Se considera para saber con que tipo de agua se trabaja y aplicar su tratamiento para el uso en los sistemas de calentamiento y enfriamiento y evitar la formación de carbonatos, sobre las tuberías.

3.- Estación N°03 (Agua de Mina Nivel 0): Es el agua de mina generada en uno de los niveles freáticos.

4.- Estación N°04 (Agua de Mina Nivel -100): Agua de mina generada en uno de los niveles que presenta mayor cantidad de sedimentos producto de las operaciones en el relleno hidráulico.

5.- Estación N°05 (Drenaje de agua de mina y relleno hidráulico)

Agua de mina que rebosa de la poza de decantación, ubicada a este nivel. El agua de mina de los niveles 0, -100 y - 450 se descargan hacia pozas de concentración

múltiple, localizadas tres de ellas al interior de la mina y otras en la salida del nivel - 450; en ellas se retiene gran parte de los finos, por decantación, antes de su ingreso al río Huallaga.

6.- Estación N°06 (Descarga de la presa de relaves)

Por este túnel descarga el drenaje del depósito de relaves, a donde llega la fracción más fina del relave de la concentradora; la fracción gruesa de este relave es destinada para relleno hidráulico. El punto de muestreo se ubica en el río Lloclla, a unos 50 metros de la salida del túnel Lloclla.

7.- Estación N°07 Río Lloclla (Antes de la descarga de la presa de relaves)

Esta estación de muestreo se ha ubicado en un punto del Río Lloclla antes de recibir la descarga de la presa de relaves. El lugar es bastante despejado rodeado de gramíneas; el flujo es calmado y el cauce es amplio y poco profundo. También es punto referencial como blanco.

8.- Estación N°08 Río Lloclla (Después de la descarga de relaves)

Esta estación de muestreo se ha ubicado en el río Lloclla después de la descarga de la presa de relaves. En esta zona el cauce es más estrecho y poco profundo y el flujo es turbulento. El río está rodeado de gramíneas.

9.- Estación N°09 Río Huallaga (Antes de la Descarga de Agua de Mina Nivel - 450): Esta muestra se evalúa para saber con qué concentración viene el agua antes de la confluencia con el vertimiento de la Estación N° 05.

10.- Estación N°10 Río Huallaga (Después de la Descarga de Agua de Mina Nivel -450)

En este punto de muestreo, el cauce del río es más amplio y el flujo más calmado. Hay zonas por donde pueden atravesar vehículos. En el margen izquierdo del río, en el tramo de la bocamina -450, se encuentra material de desmonte, el cual es usado para ampliar las pozas de decantación a este nivel. Existen viviendas campesinas muy diseminadas.

11.- Estación N°11 (Río Pariamarca)

El río Pariamarca es un tributario del río Huallaga, es importante evaluar la calidad de sus aguas para tener una información y relacionarla con la calidad de las aguas del río Lloclla y Huallaga.

12.- Estación N°12 Aguas Abajo (Relave San Miguel)

Los relaves de San Miguel son vertidos directamente al río Lloclla, sin pasar por tratamiento. Es importante tener información de la calidad del vertimiento de este efluente, ya que sus constituyentes químicos contribuirían a alterar el balance de cargas para nuestro estudio.

13.- Estación N°13

Este es un punto que se ha seleccionado ya que pasa la descarga de la Central Hidroeléctrica, de las poblaciones aledañas y de las filtraciones de los relaves de Milpo y San Miguel, los cuales incrementan el caudal y diluyen los contaminantes, nos va a dar un control cualitativo y cuantitativo al relacionarlo con las Estaciones N° 05, 10 y 11.

14.- Estación N°14 (Agua residual de la planta metalúrgica)

El agua de esta estación es importante evaluarla porque se observará la concentración original con que va a ser emitida a la cancha de relaves para luego comparar la efectividad de la misma en la descarga de relaves (Estación N°06). Se deduce que existirán diferencias en pH, concentración de metales y sólidos totales suspendidos.

15.- Estación N°15 (Agua Residual Purgas, Filtraciones): Son aguas residuales producto de las filtraciones y derrames de la planta de dosificación de reactivos, sección de filtrado, etc.

16.- Estación N°16 (Aguas Servidas): Se controla este tipo de agua por ser un agua residual doméstica con carga orgánica y microbiológica.

17.- Estación N°17 (Agua Acida): Generada por la oxidación de la pirita el FeS al entrar en contacto con el oxígeno oxida la pirita generando FeSO_4 y H_2SO_4 y el agua de filtraciones va arrastrando estos productos de tal manera que moviliza los metales disueltos en este medio.

Las estaciones de muestreo de agua se ubican en la **Figura N° 05**.

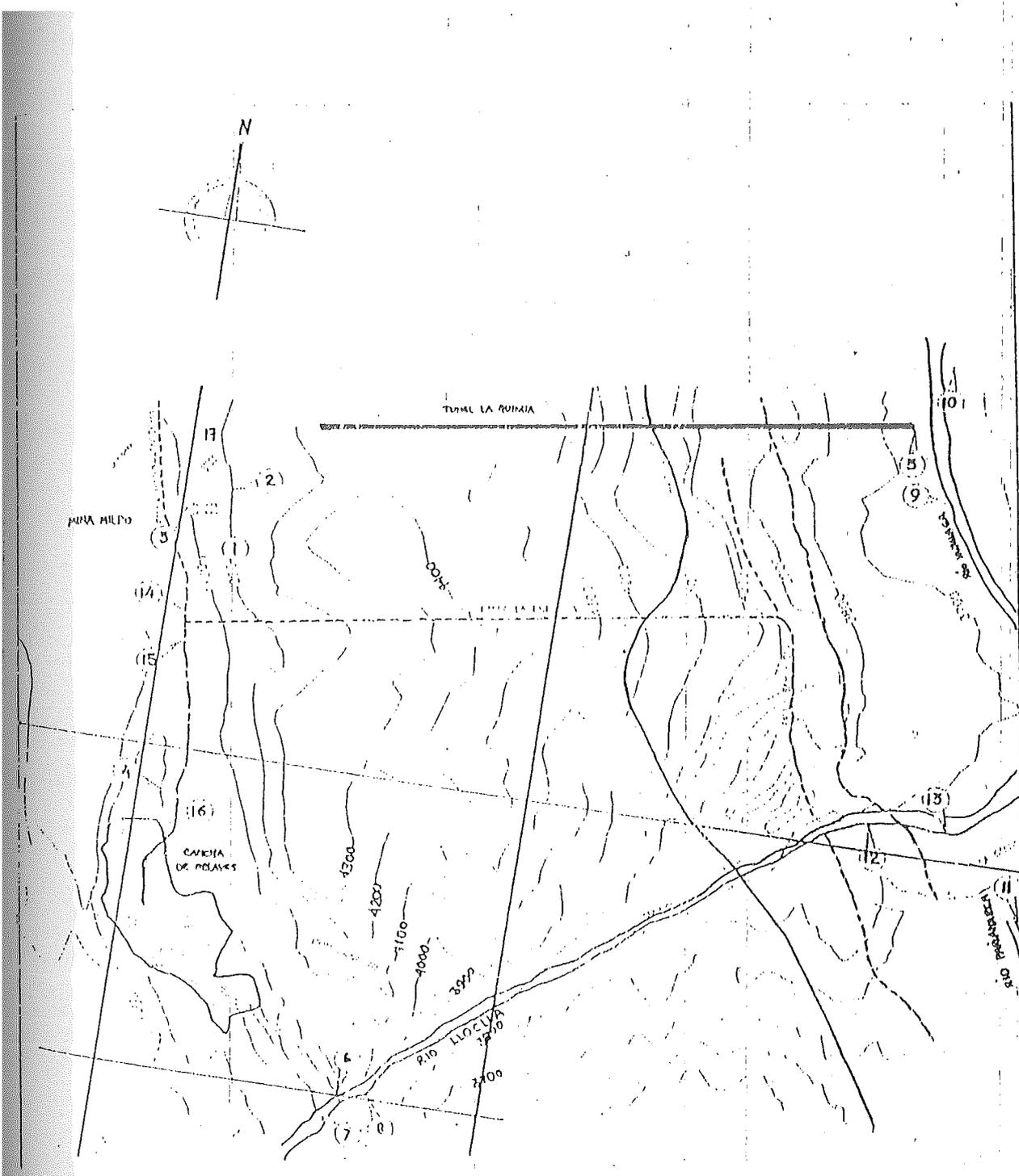


FIG. 5 DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

- | | |
|--|--|
| 01 HUARMIPUQUIO | 08 RIO LLOCLLA DESPUES DE LA DESCARGA DE LA PRESA DE RELAYES |
| 02 CAMIN CHICO | 09 RIO HUALLAGA ANTES DEL NIVEL -450 |
| 03 NIVEL 0 AGUA DE MINA | 10 RIO HUALLAGA DESPUES DEL NIVEL -450 |
| 04 NIVEL -100 AGUA DE MINA | 11 RIO PARIMARCA |
| 05 NIVEL -450 AGUA DE MINA | 12 AGUAS ABAJO DESCARGA DE RELAYES SAN MIGUEL |
| 06 TUNEL DE DESCARGA DE RELAYES | 13 DESCARGA TOTAL AL RIO LLOCLLA |
| 07 RIO LLOCLLA ANTES DE LA DESCARGA DE LA PRESA DE RELAYES | 14 AGUA RESIDUAL PLANTA METALURGICA |
| | 15 AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL P.M. (OTROS) |
| | 16 AGUAS SERVIDAS |
| | 17 AGUA ACIDA |

LEYENDA

	Cursos de agua
	Caminos de acceso
	Tunel de mina
	Falla geológica
	Sinclinol

6.6.2 En Aire

En el diseño de monitoreo se toma en cuenta las fuentes de emisión considerando todas las posibles fuentes fijas y móviles así como los puntos de inmisión donde se controlará la calidad de aire buscando estaciones críticas y que estén cercanas a las poblaciones, alojamientos, centros de labor. Previamente se realiza un estudio de la dirección y velocidad del viento.

Fuentes de Emisión:

- 1.- Chimenea Ventilación N° 01 (Nivel +50)
- 2.- Chimenea Ventilación N° 02 (Nivel -100)
- 3.- Chimeneas Ventilación N° 04 - 05 (Nivel 0)
- 4.- Chimeneas de la Central Térmica

Fuentes de Inmisión:

- 1.- Estación A: (Local del IPSS): Situada a 300 m de la Central Térmica y salida chimeneas de ventilación.
- 2.- Estación B: (Entrada Principal): Ubicada a 200 m de la planta metalúrgica y a 300 m de la Central Térmica.
- 3.- Estación C: (Alojamiento Staff): Ubicada a 50 m de la Central Térmica.
- 4.- Estación D: (Punto Blanco): Ubicada en contra de la dirección de los vientos.

Las estaciones de muestreo de calidad de aire y emisiones se muestran en la **Figura N° 06**

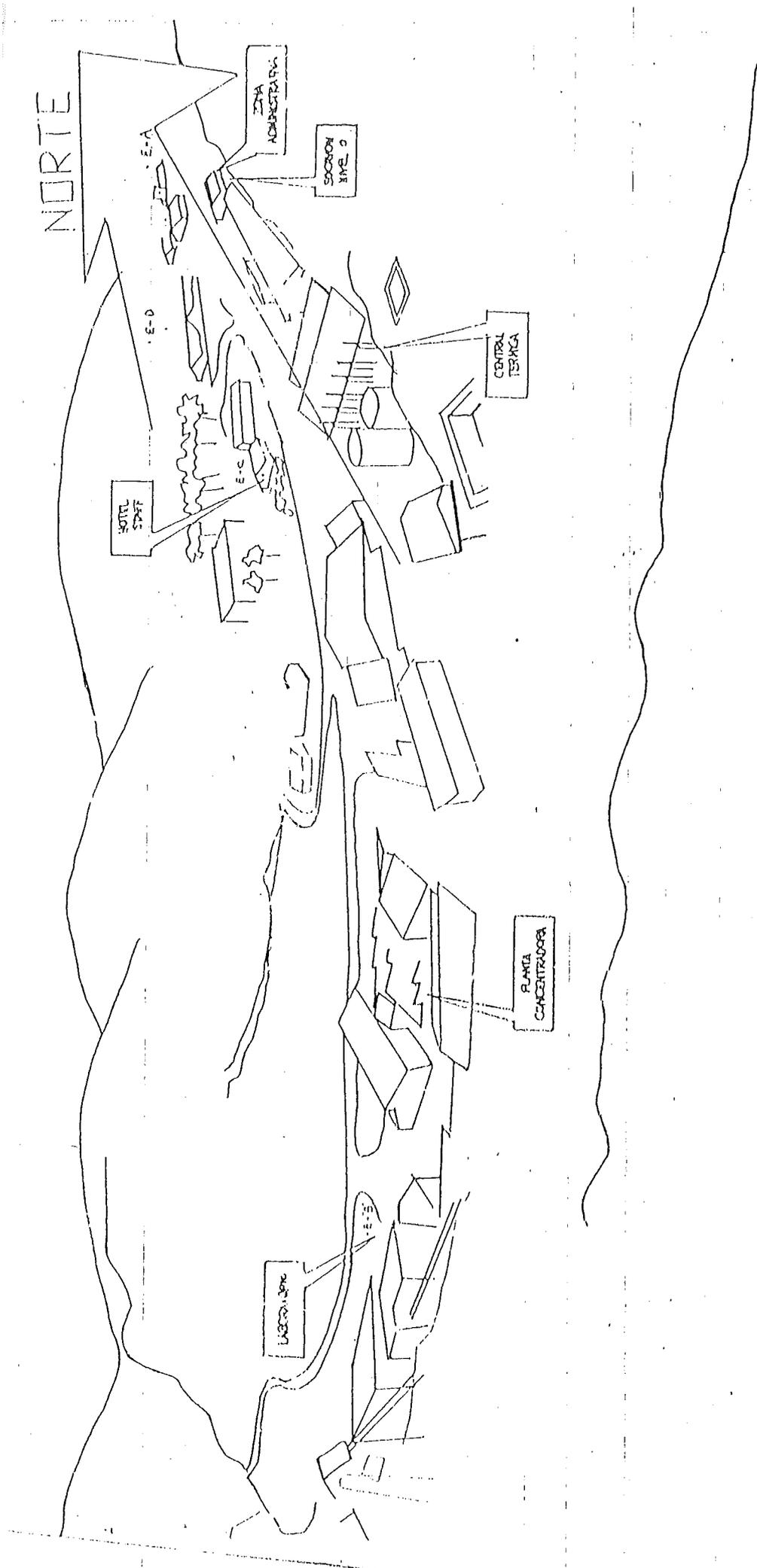


FIG N°6 : UBICACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO PARA AIRE

6.6.3 En Suelos

La evaluación de calidad de suelos esta referida a ubicar los suelos contaminados se selecciona la zona impactada por derrames de aceites, residuos tóxicos y sedimentos con contenido de reactivos, etc.

Estación 01: Calicata 1 (Blanco)

Es un punto de referencia que servirá para comparar con los suelos contaminados.

Está ubicada a 8 m. del socavón nivel 0.

Estación 02 : Calicata 2 (Suelo contaminado)

La muestra de suelo contaminado fue tomada en una zona donde existía manchas de aceites y grasas producto de los derrames y trasvases del tanque cisterna a los tanques diarios, mala disposición del aceite residual, etc.

Estación 03: Calicata 3 (Suelo contaminado)

Este punto de control fue seleccionado para evaluar la contaminación del suelo fértil por relaves antiguos y sedimentos.

Las estaciones de muestreo de suelos se encuentran en la **Figura N° 07**

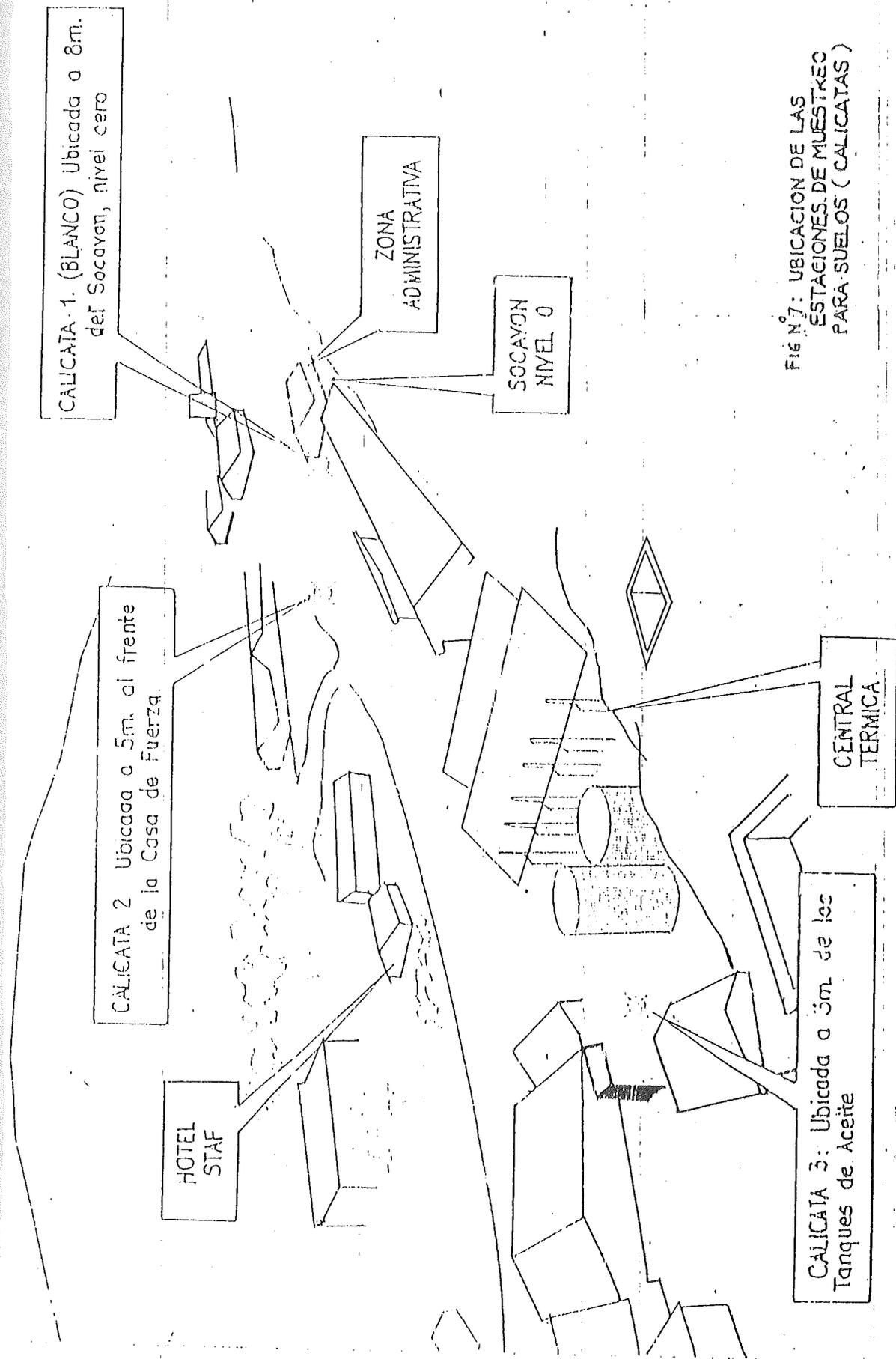


FIG N°7: UBICACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO PARA SUELOS (CALICATAS)

6.7 Metodologías Aplicadas a los Análisis

6.7.1 En Campo

6.7.1.1 Agua

a) Temperatura

La temperatura debe tomarse en el punto de muestreo. Debe sumergirse el sensor de temperatura en la corriente o en un gran recipiente lleno con la muestra y debe mantenerse en esas condiciones hasta lograr una estabilización. A continuación se debe leer la temperatura antes de extraer el sensor de temperatura de la muestra.

Ver ejemplo de cálculo Anexo A .

b) pH

Principio del Método:

El método electrométrico de medición del pH tiene mayor precisión y está exento de interferencias de la muestra, tales como: color, turbiedad, cloro, materia orgánica y coloidal, agentes oxidantes y reductores.

Aparatos y Reactivos:

pHmetro

Soluciones standard pH 7, 4, 10

Procedimiento:

- Se enciende el instrumento y se mantiene preparado.
- Se enjuaga los electrodos con la solución amortiguadora patrón y se reemplaza el vaso de la solución amortiguadora con un vaso para residuos.
- Se enjuaga los electrodos con agua destilada y se secan. Se enjuaga también con una pequeña cantidad de la muestra de agua, si se dispone de ella en cantidad suficiente. Se saca el vaso para residuos.

- Se llena el vaso limpio con el volumen adecuado de la muestra de agua.
- Se sumerge los electrodos en la muestra de agua hasta que las áreas sensoras del electrodo estén sumergidas por completo y libre de burbujas de aire adheridas o atrapadas.
- Se lee la temperatura de la muestra de agua.
- Se ajusta el dial de temperatura a la temperatura de la muestra de agua.
- Se enciende el medidor de pH.
- Se lee el pH de la muestra de agua directamente en la escala. Se asegura de que la aguja haya alcanzado estabilidad y que los ojos del analista estén enfocadas correctamente sobre la escala.
- Se vuelve el instrumento a la posición de reposo. **Ver ejemplo de cálculo Anexo**

A.

c) Conductividad Eléctrica

Principio del Método:

La conductividad específica es una medida de la capacidad que tiene una muestra de agua de transmitir la corriente eléctrica. Este parámetro depende de la concentración total de sustancias iónicas disueltas en el agua y la temperatura a la cual se hace la medida. Afectan esta medida la naturaleza de los distintos iones disueltos, su valencia y sus concentraciones reales y relativas.

Como la conductancia de la muestra y de la solución de KCl varían con la temperatura, una medición inadecuada de ésta puede producir errores significativos.

Como cada ión tiene un coeficiente de temperatura diferente, la conductividad debe ser determinada a 25°C.

Aparatos y Reactivos:

- Instrumento medidor de conductancia Puente de Wheatstone o equivalente (debe estar previamente estandarizado antes de su uso).

- Termómetro:

Capaz de proporcionar lecturas cercanas a un 0.01°C y cubrir un ámbito de 23 a 27°C .

- Solución estándar de cloruro de potasio 0.0100 M

Procedimiento

Se requiere aproximadamente 100 ml de muestra. Se puede almacenar en botellas de plástico o de vidrio y efectuar la medición en un tiempo máximo de 24 horas. Se recomienda realizar la medición en el campo.

La conductancia específica se registra en micromhos por centímetro a 25°C . Varía alrededor del 2% por cada grado centígrado. Es recomendable que la temperatura del baño maría o ambiental se mantenga a 25°C . Se deja las muestras y patrones que alcancen esa temperatura más o menos 30 minutos.

Se enjuaga la celda de conductividad con una o más porciones de la muestra que va a ser medida; se ajusta la temperatura de una porción final de la muestra a $25.0 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$. Se mide la resistencia de la muestra y se anota la temperatura.

Cálculos

El instrumento a usarse proporciona lectura directa de sus resultados. **Ver ejemplo de cálculo Anexo A.**

6.7.1.2 En Aire

Fuentes de Emisión

Se utiliza un equipo analizador electrónico de gases de combustión y para medir el caudal se realiza con un anemómetro en el caso de chimeneas en mina y en la chimeneas de la central térmica se mide con tubo pithot.

La evaluación de gases y partículas se realiza in situ, aplicando una metodología de evaluación instantánea en varias frecuencias.

Fuentes de Inmisión

Las muestras no se analizan en el campo, se toma datos de flujo para determinar la concentración en ug/m³ tanto para Partículas Totales Suspendidas, Dióxido de Azufre, Dióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono.

6.7.1.3 En Suelos

Las muestras de suelos son analizadas en el laboratorio para su caracterización fisicoquímica.

6.7.2 En Laboratorio

6.7.2.1 En Agua

a) Residuo Total Secado a 103-105 °C

Principio del Método:

Una muestra homogenizada se evapora y seca en una cápsula de porcelana hasta que su peso constante en un estufa a 103 -105 °C. El incremento del peso sobre la cápsula vacía representa el residuo total, que es una cantidad arbitrariamente definida por el procedimiento seguido.

Aparatos y Reactivos:

- Cápsulas de evaporación de porcelana de 100 ml de capacidad.
- Mufla para operar a 550 ± 50 °C
- Baño de agua
- Horno de secado con control termostático con variación de temperatura de ± 1 .
- Desecador, provisto con un desecante con indicador de color.
- Balanza analítica de 200 g de capacidad y sensibilidad de ± 0.1 mg.

Procedimiento:

Se calcina la cápsula de porcelana a 550 ± 50 °C, durante una hora en una mufla.

Se enfría, deseca, pesa y almacena lista para su uso.

Se transfiere la muestra medida de 50 ml a la cápsula prepesada y se evapora a sequedad en el baño de vapor de agua. También puede utilizarse un horno desecador. Cuando se evapora en horno desecador, la temperatura deberá ser baja, aproximadamente 98°C para evitar que hierva y salpique la muestra.

Se seca la muestra evaporada por lo menos una hora a 103 - 105 °C.

Se enfría la cápsula en un desecador y se pesa.

Se repite el ciclo de secado de 103 - 105 °C, enfriado, desecando y pesando hasta obtener un peso constante o hasta que la pérdida de peso sea menor que 4 % del peso anterior, ó 0.5 mg, el cual siempre es menos.

Cálculos: (Ver ejemplo de cálculo Anexo A)

$$\text{mg/l residuo total} = (A - B) \times 1000 / \text{ml de muestra}$$

donde:

A = Peso de la muestra + cápsula

B = Peso de la cápsula

b) Metales

•Metales Disueltos

Principio del Método:

Para el análisis de metales disueltos, es necesario una filtración previa de la muestra colectada y no acidificada.

Aparatos y Reactivos:

Espectrómetro

Soluciones standar

Agua destilada

Acido HCl

Procedimiento:

Se procede como sigue:

Tomar un filtro de membrana con porosidad de $0.45 \mu\text{m}$ y colocarlo en el equipo de filtración al vacío que puede ser de vidrio o de plástico, previamente lavado.

Filtrar un volumen de 500 ml a 1000 ml de la muestra no acidificada a través del filtro de membrana; utilizar los primeros 50 a 100 ml de filtrado para enjuagar el frasco de la muestra.

Acidificar la muestra filtrada a pH 2 por adición de ácido nítrico concentrado; cuando el filtrado se presenta limpio, analizar directamente. Digestar con ácido antes de analizar si la muestra está turbia, forma precipitados después de la acidificación, o presenta material orgánico.

•Metales en Suspensión

Principio del Método:

Los metales en suspensión o no filtrables lo constituyen los elementos presentes en la muestra no acidificada que son retenidos por el filtro de membrana de $0.45 \mu\text{m}$.

Aparatos y Reactivos:

Papel filtro Whatman 42

Procedimiento:

Filtrar después de colectar una porción conveniente de muestra (100 ml a 500 ml) no acidificada, utilizando un filtro de membrana de 0.45 μm , de fácil destrucción por la digestión ácida.

Lavar el filtro con 100 ml de agua desmineralizada.

Digerir en medio ácido el filtro de membrana con el material retenido hasta obtener un residuo transparente.

Si hay compuestos insolubles, filtrar nuevamente.

Llevar la solución filtrada al volumen inicial agregando 100 a 500 ml de agua desmineralizada.

Llevar una muestra en blanco a través de todo el procedimiento para detectar posibles interferencias presentes en el filtro de membrana usado.

•Metales Totales**Principio del Método:**

Los metales totales corresponden a la concentración de metales presentes en la muestra original, no filtrada y sometida a intenso proceso de digestión ácida; incluye los metales que se encuentran en forma orgánica, inorgánica, disuelta o particulada.

Aparatos y Reactivos:

Espectrómetro

Soluciones standar

Agua destilada

Acido HCl cc, p.a.

Acido HNO₃ cc, p.a.

Procedimiento:

Acidificar la muestra en el momento de colectar a pH 2 con ácido nítrico.

Tomar 100 a 500 ml y llevar a digestión ácida sin filtración previa.

Digestión Preliminar para Análisis de Metales

Principio del Método:

Las técnicas de digestión con ácidos se emplean para reducir la interferencia causada por la presencia de materia orgánica y convertir el metal asociado con el material particulado a una forma que pueda ser determinada por espectrofotometría de absorción atómica.

Como una regla general, el HNO_3 debe usarse para muestras limpias o con material fácilmente oxidable.

La digestión con $\text{HNO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4$ o $\text{HNO}_3 - \text{HCl}$ es adecuado cuando la muestra tiene materia orgánica difícil de oxidar u cuando hay presencia de minerales.

En algunos casos, cuando hay presencia de gran cantidad de materia orgánica se puede emplear la calcinación de la muestra (vía seca).

La presencia de metales en los ácidos pueden incrementar las concentraciones en las muestras y en el blanco, por lo que debe minimizarse el volumen de ácido usado.

Método de Concentración de la Muestra

Generalmente para alcanzar los límites adecuados en el análisis de trazas de metales, se usa la técnica de concentración de la muestra.

Las muestras líquidas destinadas al análisis de metales pueden ser concentradas por evaporación, por extracción con solvente. La finalidad siempre es de aumentar la posibilidad de detección del analito. En todas las técnicas empleadas se debe efectuar prueba de recuperación del metal mediante el método de adición.

1.- Técnica de Evaporación:

Esta técnica consiste en reducir el volumen de la muestra por evaporación. Sin embargo, esta técnica no se debe emplear para muestras con elevado contenido de sólidos disueltos.

Procedimiento:

Tomar un volumen adecuado de muestra (200-500 ml) y acidificar de acuerdo al proceso de digestión escogido.

Evaporar sobre una plancha, evitando la ebullición de la muestra hasta obtener un volumen pequeño (de 15 a 20 ml).

Enfriar y filtrar, si es necesario.

Transferir la muestra y llevar a volumen en un frasco volumétrico de 100 ml y envasar hasta la marca con agua desmineralizada.

Aspirar en la llama aire acetileno.

Cálculo : (Ver ejemplo de cálculo Anexo A)

$$\text{mg/l} = \frac{\text{concentración del metal en la soluc. final, mg/l} \times 100}{\text{volumen original de muestra}}$$

d) Aceites y grasas

Principio del Método Gravimétrico:

La fracción aceite y grasa de un agua residual o efluente incorpora a compuestos grasos de origen vegetal o animal, hidrocarburos minerales compuestos, hidrocarburos de Cl, N y S y otras especies orgánicas extractables en el solvente empleado como pigmentos.

Su eliminación en el tratamiento de un agua residual o efluente debe ser completa porque alteran los procesos aerobios y anaerobios, forman películas que impiden el desarrollo de la fotosíntesis y cubren los fondos y lechos de ríos y lagos degradando el ambiente durante el proceso de descomposición.

Para la extracción de aceites y grasas se emplean varias fracciones de hexano las que se agitan sucesivamente con la muestra de agua a pH 6, en embudos de separación, las fracciones del solvente se unen en una cápsula previamente tarada, se secan a baño maría a 80 °C y se enfrían en un desecador y luego se llevan a peso constante.

Interferencias:

En la extracción con hexano se recuperan sustancias orgánicas como agentes de superficie activa, azufre, pigmentos orgánicos, etc.

La formación de emulsiones se elimina adicionando cloruro o sulfato de sodio.

Aparatos y Reactivos:

- Frasco de vidrio de un litro con tapa esmerilada para muestra.
- Embudo de separación de un litro.
- Cámara de secado a 80 °C.
- Desecador con gel de sílice
- Plato de vidrio o cápsula.
- Balanza analítica.
- N-hexano

Procedimiento:

Se toma un litro de muestra y se acidifica a pH 2 con HCl 6 N (5 ml).

Se lleva a embudo de separación dos litros, se agrega 30 ml de hexano y se agita, se deja separar las capas y se drena el solvente a un cápsula o plato de vidrio de peso constante, es recomendable recuperar el solvente empleando balones de destilación en lugar de cápsulas.

Se hace dos extracciones más con 30 ml de hexano cada una y se lleva a destilar en baño maría a 80 °C y luego a cámara de secado a 80 °C por 15 minutos, se enfría en desecador y se pesa. En el caso de formarse emulsiones muy fuertes filtrar los extractos en papel conteniendo Na₂SO₄ antes de destilar.

Cálculos: (Ver ejemplo de resultados Anexo A)

$$\text{mg de aceite y grasa/l} = B - A \times 1000 / \text{ml de muestra}$$

A = Peso inicial de la cápsula vacía.

B = Peso final de la cápsula con el extracto.

Nota.- Con este método puede determinarse concentraciones de hasta 0.1 mg/l dependiendo del volumen de agua tomado.

d) Hidrocarburos

Principio del Método Espectrofotométrico:

Los hidrocarburos provenientes del petróleo de uso industrial y los derivados hidrocarbonados de cloro, nitrógeno y azufre presentes en aguas residuales industriales y efluentes se determinan por espectrofotometría UV-Vis previa extracción con cloroformo, el espectro obtenido se comparan con patrones de hidrocarburos a 310, 328 y 464 nm.

Aparatos y Reactivos:

- Espectrofotómetro UV/VIS
- Embudo de separación de dos litros
- Fiolas de 50 ml y 100 ml
- Centrífuga con tubos de vidrio
- Lana de vidrio.
- Cloroformo, CHCl_3 (grado cromatografía o para análisis)
- Acido clorhídrico, HCl 1:1 (6 N)
- Patrón hidrocarburos (mezcla de petróleo o patrones de tolueno, benceno, xilen) (TBX).

Procedimiento

Patrón: se pesa 200 mg de un petróleo corriente y se lleva a 100 ml con cloroformo usando una fiola.

Estándares: los estándares se preparan tomando 0.5, 1.3, 10, 20 ml de la solución y un patrón blanco que se agregan a embudos de separación (de dos litros) que contienen un litro de agua destilada. Estos estándares representan las siguientes cantidades de hidrocarburos: 1, 4, 10, 50 y 100 mg de acidificar hasta pH 2 añadiendo 5 ml de HCl 1:1. Se añade 20 ml de cloroformo y se agita vigorosamente durante dos minutos. Se deja separar las capas de 5 a 10 minutos. Luego se pone lana de vidrio en el vástago del embudo de separación y se colecta el disolvente a través de un embudo de vidrio en una fiola de 10 ml. Se enjuaga la pared del embudo de vidrio con 5 ml de cloroformo. Se repite el procedimiento de extracción una vez más usando nuevamente 20 ml de cloroformo. De cada estándar se mide la absorbancia por espectrometría ultravioleta a tres longitudes de onda diferentes: 310, 328 y 464 nm. Para cada longitud de onda se determina la curva de calibración por método de mínimo cuadrado usando los valores de las cantidades de hidrocarburos en μg y sus absorbancias respectivas. Se utiliza el cloroformo como blanco o testigo.

-Se toma una cantidad de muestra de aproximadamente un litro. Se puede preservar la muestra por acidificación hasta pH 2 usando 5 ml de HCl 1:1. Se mide el volumen exacto usando una probeta de 1000 ml y transferir la muestra a un embudo de separación de dos litros. En el caso que no se preservara la muestra, acidificar hasta pH 2 añadiendo 5 ml de HCl 1:1.

Se añade 20 ml de cloroformo y se agita vigorosamente durante dos minutos. Se deja separar las capas de 5 a 10 minutos. Luego se pone lana de vidrio en el vástago del embudo de separación y se colecta el disolvente a través de un embudo de vidrio en una fiola de 50 ml. Se enjuaga la pared del embudo de vidrio con 5 ml de cloroformo. Se repite el procedimiento de extracción una vez más usando nuevamente 20 ml de cloroformo.

Si se forma una emulsión estable después de la extracción se cambia el procedimiento. Para ello, antes se puede transferir el disolvente con las emulsiones a un embudo de separación más pequeño (125 ó 250 ml). Sucede muchas veces que la emulsión desaparece la quitar la presión de la capa acuosa. Si la emulsión no desaparece, se debe transferir el extracto a un embudo de vidrio y centrifugar 5 minutos a 24000 rpm. Con mucho cuidado se transfiere nuevamente el extracto centrifugado al embudo de separación pequeño. Luego se pone la lana de vidrio en el vástago y se colecta el disolvente a través de un embudo de vidrio en la fiola de 50 ml. Se enjuaga la pared del embudo de vidrio con 5 ml de cloroformo.

Se lee la absorbancia tres veces usando las siguientes longitudes de onda: 310, 328 y 464 nm.

Cálculos: (Ver ejemplo de cálculo Anexo A)

Se calcula para cada longitud de onda la cantidad de hidrocarburos en mg según su curva de calibración. El resultado final es el promedio de las tres cantidades C_x corregido para el volumen de la muestra:

$$\text{Hidrocarburos mg/L} = (C_{310} + C_{328} + C_{464} * 1000) / \text{ml de muestra}$$

Nota: en el caso que se detecte solamente la presencia de hidrocarburos para dos longitudes de onda, se puede reportar la presencia de trazas de hidrocarburos (0.1 - 1.0 mg/l).

e) **Cianuros**

Principio del Método de Destilación:

Los cianuros se encuentran en aguas residuales industriales provenientes de la flotación en esta etapa se usa reactivo de cianuro de sodio para deprimir la pirita. En la determinación de cianuro se debe emplear métodos sensibles que permitan detectarlos. Generalmente, los métodos que se emplean pueden medir el cianuro fácilmente dissociable o los cianuros totales. Los cianuros fácilmente dissociables tienen efecto tóxico inmediato y su separación del HCN es fácil en medio ácido. Los cianuros totales pueden involucrar compuestos complejos fuertemente enlazados que para su disociación y medición requieren de previa destilación en el medio ácido.

La determinación del cianuro después de destilar la muestra puede hacerse por:

- a. Colorimetría.- Si el contenido es menor de 1 mg/l
- b. Titulación.- Si es mayor de 1 mg/l
- c. Electrodo específico.- Si contiene de 0.05 a 10 mg/l

Interferencias

Altas concentraciones de sulfuros, tiocianatos o agentes oxidantes.

Interfieren los iones que forman sales muy insolubles de plata en altas concentraciones de manera que forman una capa de plata metálica sobre la membrana. Si se contamina el sensor puede pulirse o limpiarse para que vuelva a funcionar.

Cuando los iones Cl^- , I^- , Br^- y S^{2-} están presentes, una relación máxima en moles por litro a la concentración de cianuro en moles por litro interfieren en la medición.

Aparatos y Reactivos:

- Equipo de destilación (matraz de dos bocas de 500 ml)
- Embudo de separación de 50 ml
- Tubo de absorción (sellado) con capilar sinterizado
- Condensador de reflujo
- Erlenmeyer de succión
- Tubos de vidrio para conexiones, tapones de jebes, bomba de vacío
- Pinza Hoffman, probetas
- Manta de calefacción

Acido clorhídrico cc, p.a.

Acido sulfúrico cc, p.a. (1:1)

Solución de hidróxido de sodio (40 g/l)

Cloruro de magnesio (510 mg $\text{Mg Cl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ en un litro de agua)

Carbonato de plomo en polvo

Acido sulfámico, $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$

Procedimiento:

Se coloca de 100 a 500 ml de muestra preservada en el matraz de dos bocas; la muestra deberá contener menos de 5 mg CN/l.

En el tubo de absorción se coloca 10 ml de solución de hidróxido de sodio 1 N y se aplica succión al matraz colocado para este efecto el cual también contiene solución

de hidróxido de sodio 1 N. La entrada de aire no debe ser mayor que una burbuja por segundo (20 l/h).

Para contrarrestar el desprendimiento de sulfuros se añade 50 g de PbCO_3 a la solución absorbente donde precipitaron estos. Se agrega 2 g de ácido sulfámico a través del tubo de entrada de aire y se lava en agua destilada.

Se añade 50 ml de H_2SO_4 1:1 al matraz por el tubo de entrada y se deja que se mezcle durante tres minutos, luego se agrega 20 ml del reactivo de MgCl_2 por el tubo de entrada de aire y enjuagarlo con agua destilada.

Se calienta a ebullición rápida sin que los vapores suban más arriba de la mitad del condensador, se mantiene el reflujo por una hora, se deja de calentar sin retirar el flujo de aire; se enfría durante 15 minutos.

Se vierte el contenido del tubo a un vaso, se agrega a éste el agua de lavado del condensador y se diluye a 250 ml con agua destilada.

Se determina el contenido de CN^- por cualquiera de los métodos antes mencionados.

Se determina el porcentaje de recuperación empleando un estándar.

• Método del Electrodo Selectivo

Principio del Método:

El electrodo de cianuro permite la medición rápida y exacta del cianuro libre en soluciones acuosas, en el rango de 8×10^{-5} M a 10^{-3} M a pH 10.

Aparatos y Reactivos

- Medidor de iones específicos o de pH
- Electrodo de referencia
- Agitador magnético

- **Solución Reguladora de Fuerza Iónica:** Es una solución preparada agregando 40 g de NaOH de grado reactivo de 80 ml de agua destilada y diluyendo a 100 ml.

- Soluciones patrón de cianuro: Solución 10^{-2} M. Se pesa 0.49 g de NaCN seco de grado reactivo, se lleva a una fiola de un litro, se añade 10 ml de solución reguladora de fuerza iónica y 500 ml de agua destilada, y se diluye a un litro.

- Solución de 1000 ppm: Se pesa 1.88 g de NaCN seco de grado reactivo, se lleva a una fiola de un litro, se agrega 10 ml de solución reguladora, disolver con 500 ml de agua y se lleva a un litro. Estos estándares deben prepararse cada semana.

Procedimientos:

Medición directa

Se mide directamente los estándares y las muestras, los cuales deben tener la misma temperatura y con la misma fuerza iónica de la solución reguladora.

Se prepara estándares de 100, 10 y 1 ppm por dilución del estándar de 1000 ppm.

Se coloca el electrodo en el estándar de 10 ppm, agregar 1 ml de NaOH 10 M a cada 100 ml de estándar. Se fija la posición en MV a 0.00. Se usa el agitador magnético y luego se mide.

Se enjuaga el electrodo y se coloca en el estándar de 1 ppm, se añade 1 ml de NaOH 10 M a cada 100 ml de estándar, se agita, se espera para conseguir una lectura estable.

Se enjuaga el electrodo y se coloca en el estándar de 100 ppm, se añade 1 ml de NaOH 10 M por cada 100 ml de estándar, se agita, se espera hasta obtener lectura estable y se registra el dato.

Se enjuaga el electrodo y colocar la muestra, se añade 1 ml de NaOH 10 M a cada 100 ml de muestra, se agita vigorosamente, registrar el valor de milivoltios y se determina la concentración de la muestra. **Ver ejemplo de cálculo Anexo A.**

Medición por Adición

Con este método se determinan las concentraciones de cianuro en presencia o ausencia de agentes complejantes. La calibración se hace en forma directa con el estándar y solo se emplea para mediciones directas o para verificar algunos resultados de la medición directa.

Se prepara una solución de estándar por dilución de la solución estándar de 1000 ppm, calculando que su concentración sea diez veces mayor que la muestra.

Se toma una muestra de 100 ml y se añade a cada una un ml de solución de NaOH 10 M, se coloca el electrodo en la muestra se usa el agitador magnético.

Se pipetea 10 ml de estándar dentro de la muestra, se agita fuertemente y se registra la diferencia de potencial.

C_0 = Conc. de la muestra

Q = Lectura de la tabla de adición

C_s = Concentración del estándar añadido

Nota: Los valores de Q de la tabla han sido calculados para un cambio de volumen de 10 % para electrodos con pendiente de 59 mV.

6.7.2.2 En Aire

a) Partículas Totales Suspendidas

Principio del Método

El método sirve para determinar la concentración de la masa de las partículas en suspensión en el aire.

Con un ventilador potente se aspira una corriente de aire hacia el colector protegido por una caseta cubierta, para hacerla pasar por un filtro de fibra de vidrio a razón de 1.1 a 1.7 m³/minuto, con lo que se depositan en la superficie del filtro las partículas en suspensión cuyo diámetro esta generalmente en el rango de 0.3 - 100 μm (equivalente de Stokes). La concentración de masa de las partículas en suspensión en el aire ambiente (μm/m³) se calcula determinando la masa de las partículas retenidas en el filtro y el volumen de aire filtrado.

Si el colector funciona durante 24 horas con un flujo medio de 1.7 m³/minuto la muestra obtenida basta para la determinación, aun en los casos en que la concentración de partículas del aire ambiente sea muy baja (hasta 1 μm/m³). Si la concentración de partículas es muy alta, se obtendrá una muestra suficiente al cabo de 6 a 8 horas o menos.

Los pesos se redondean en miligramos; los flujos de aire se expresan en intervalos de 0.03 m³/minuto y los tiempos de dos en dos minutos. Las concentraciones de masa se redondean en microgramos por metro cúbico.

Las partículas oleosas, como el "smog" fotoquímico o el humo de leña, pueden atascar el filtro y causar bajas rápidas e irregulares del flujo de aire. La niebla densa o una gran humedad puede empapar el filtro y entorpecer gravemente el paso del aire.

En efecto, los filtros de fibra de vidrio son bastante insensibles a las variaciones de la humedad relativa, pero las partículas que retienen pueden tener propiedades higroscópicas.

La precisión con que el método permite determinar la concentración media de partículas depende de la constancia del paso del aire por el colector de muestras, factor que a su vez está influido por la cantidad y la naturaleza de las partículas retenidas en el filtro.

Aparatos y Reactivos

Colector de muestras. El colector consta de tres elementos: la placa frontal con su bastidor, el dispositivo de filtración, y el motor. El paso del aire por la superficie filtrante de 400 cm² debe hacerse, por lo menos, a razón de 1.1 m³/minuto. El filtro debe ser de fibra de vidrio y de 20 por 25 cm². Se usará un motor que pueda funcionar sin interrupción durante 24 horas, protegido por un revestimiento hermético.

Caseta. Para proteger el aparato contra los efectos de temperaturas extremas, de la humedad y de los contaminantes atmosféricos de todas clases, hay que utilizar una caseta de aluminio. El colector se monta en la caseta verticalmente para que el filtro quede en posición horizontal y protegido por el techo contra las precipitaciones atmosféricas y los detritos. El espacio libre entre las paredes de la caseta y el techo debe ser de 580 ± 60 cm². La planta de la caseta debe ser de forma rectangular de 29 x 36 cm aproximadamente.

Rotómetro. El medidor de flujo está graduado en unidades arbitrarias, generalmente de 0 a 70, y debe ser calibrable.

Calibrador del orificio. El calibrador consiste en un tambor metálico de 7.6 cm de diámetro interior y 15.9 cm de longitud, con una válvula de presión estática situada a 5.1 cm de uno de los extremos. El extremo del tambor más próximo a la válvula de presión lleva un reborde anular de unos 10 cm de diámetro exterior, fileteado con rosca macho del mismo calibre que la boca de admisión del colector de muestras. En la boca de admisión de aire, va fijada con un anillo roscado por el interior una plancha de 9 cm de diámetro y 0.25 cm de grosor con un orificio central de 3.0 cm de diámetro. El extremo opuesto del tambor lleva una pestaña de sujeción para un dispositivo de acoplamiento, con rosca hembra que se atornilla a la boca de admisión del colector. Para proceder al calibrado se disponen entre el orificio y el colector una arandela y cinco placas con un número variable de perforaciones.

Manómetro Diferencial. Se usará un manómetro que permita medir presiones hasta de 40 cm de columna de agua, como mínimo.

Medidor de volumen de desplazamiento positivo. Este aparato debe ir calibrado en metros cúbicos y se emplea como patrón primario.

Barómetro. Se usará un barómetro de precisión ± 1 mm Hg.

Cámara de acondicionamiento de filtros. Puede utilizarse para este menester un cuarto de balanzas o un secador, a temperatura comprendida entre 15 y 35 °C con menos de un 50 % de humedad relativa.

Balanza analítica. Se usará una balanza con sensibilidad de 0.1 mg y una cámara de pesada en la que pueden colocarse filtros de 20 x 25 cm, sin doblarlos.

Dispositivo de iluminación. Los filtros se examinan al trasluz en un dispositivo semejante a los empleados para examinar radiografías.

Dispositivo de numeración. Se usará un dispositivo adecuado para marcar los filtros con números de identificación.

Filtros. Se usarán filtros de fibra de vidrio con un poder de retención del 99 % como mínimo para las partículas de 0.3 μm de diámetro, medido por el método del ftalato de dioctilo (DOP). Para algunos análisis puede ser preferible emplear filtros de otro material (por ejemplo, papel). Cuando vayan a practicarse análisis detallados para la investigación de ciertos contaminantes, habrá que utilizar materiales en cuya composición no entren cantidades apreciables de las sustancias investigadas. Este extremo se verifica mediante una detenida inspección de calidad de los filtros.

Cálculo : (Ver ejemplo de cálculo Anexo A)

Para calcular el volumen de aire utilizando el patrón primario (medidor de desplazamiento positivo), se utiliza la fórmula siguiente:

$$V_a = \frac{P_a - P_m}{P_a} \times V_M$$

V_a = Volumen efectivo de aire a la presión atmosférica, expresado en m^3 .

P_a = Presión barométrica en mm Hg.

P_m = Caída de la presión a la entrada del patrón primario, en mm Hg.

V_M = Volumen indicado por el patrón primario en m^3 .

El flujo efectivo se calcula por la fórmula siguiente:

$$Q = \frac{V_a}{T}$$

Q = Flujo en m^3 /minuto

T = Tiempo de aspiración en minutos

Para convertir las indicaciones inicial y final del rotómetro en valores de flujo de aire (Q), se emplea la curva del diagrama de calibrado. El volumen de la muestra de aire se calcula por la fórmula siguiente:

$$V = \frac{Q_1 + Q_f}{2} \times T$$

V = Volumen de la muestra de aire en m^3

Q_1 = Flujo inicial de aire en m^3 /minuto

Q_f = Flujo final de aire en m^3 /minuto

T = Tiempo de toma de la muestra en minutos

Para calcular la concentración de masa de las partículas en suspensión se utiliza la ecuación:

$$PTS = \frac{(W_f - W_i) \times 10^6}{V}$$

PTS = Concentración de masa de las partículas, expresada en $\mu g/m^3$

W_i = Peso inicial del filtro en g

W_f = Peso final del filtro en g

V = Volumen de la muestra de aire en m^3

10^6 = Factor de conversión de g a μg

b) Análisis de Plomo en las Partículas Totales Suspendidas

Principio del Método

Las partículas de plomo se recogen sobre filtros de membrana de celulosa.

Los filtros se mineralizan con ácido nítrico concentrado, el residuo se redissuelve en ácido nítrico al 10% y el pH de la solución se ajusta entre 2.6 y 3.0

Se procede a la quelación del plomo con pirrolidin ditiocarbamato amónico (APDC) y se extrae de la fase acuosa con metil isobutil cetona. (MIBK).

Una parte alícuota de la MIBK que contiene el complejo plomo APDC se coloca en la navecilla de muestras de un espectrofotómetro de absorción atómica y se determina su absorbancia a 2170 Å.

El intervalo de aplicación analítico para el plomo sobre un filtro de membrana es de 0,2 μg por filtro. Este intervalo puede ampliarse en cualquier dirección variando el volumen de dilución de la muestra, la cantidad de muestra introducida en la navecilla de muestra y los parámetros del instrumento.

No se conocen interferencias para este método.

Aparatos y Reactivos

Espectrofotómetro de absorción atómica

Procedimiento

Las partículas de plomo se recogen sobre filtros de membrana de celulosa de 0,45 μ . Si se desea el porcentaje de plomo en la muestra de polvo, los filtros deben pesarse antes de la toma de muestra.

Para su envío, los filtros deben cerrarse en las cassettes de plástico, que se han utilizado como soporte en la toma de muestra, o pueden sacarse y cerrarse en pequeñas placas de Petri de plástico.

Análisis de las muestras:

El filtro se coloca en un vaso de precipitados Philips de 125 ml. al que se añade 3 ml de ácido nítrico concentrado.

El vaso se calienta en un placa calefactora bajo una campana de humos hasta que quede un residuo húmedo, amarillo pálido o blanco. Puede ser necesaria más de una adición nítrico para alcanzar este punto. Cuando se ha destruído toda la materia orgánica, lo cual queda indicado por el color del residuo, se añade 1 ml de HNO_3 y 5 ml de agua destilada en el vaso y se calienta lentamente. Cuando se ha disuelto el residuo la solución se transfiere cuantitativamente a un tubo de centrífuga limpio de 15 ml y se llena hasta 10 ml con agua destilada.

Se pipetea 1 ó 2 ml de esta solución en un tubo de centrífuga limpio de 15 ml.

Añadir 2 gotas de la solución de azul de bromofenol y mezclar. En este momento la solución debe tener un ligero tono amarillo.

Añadir NH_4OH gota a gota hasta que el color de la solución se vuelva aquí pálido y agitar con el Vortex.

Añadir 0,5 ml de ácido acético glacial y agitar con el Vortex.

Añadir 0,4 ml de solución al 0,2% de APDC y agitar con el Vortex.

Añadir 2 ml de MIBK saturada con agua y agitar durante 2 min. con el Vortex.

Centrifugar las muestras durante 2-3 min. para separar las capas.

Luego realizar la lectura en el equipo. **Ver ejemplo de cálculo Anexo A.**

c) Partículas Sedimentables

Principio del Método

Debe elegirse un lugar a cubierto de la interferencia de personas extrañas. Se sugiere, convencionalmente, que la altura de la muestra no sea inferior a 3 metros ni superior a 10 metros del nivel del suelo. La horizontal que pasa por el borde superior del frasco debe formar, como máximo, un ángulo de 30° con la línea que lo une con el extremo superior del obstáculo más cercano. Si estas condiciones no

pueden satisfacerse, por no contar con un lugar apropiado que cumpla con ambas, se podrá aceptar desviaciones de ellas. Debe tenerse presente, sin embargo, que mientras menores sean estas desviaciones más válidas serán las comparaciones que se hagan entre los resultados de diversas estaciones.

En las cercanías del sitio de muestreo, chimeneas u otras fuentes de contaminación que puedan ocasionar perturbaciones serias de los valores obtenidos.

Una vez seleccionado el sitio de muestreo se instalará el aro de soporte asegurándose de que la boca del frasco quedará en posición perfectamente horizontal.

Aparatos y Reactivos

Jarras, balanza, mallas

placas

Balanza analítica

Procedimiento

Se lava cuidadosamente las paredes del frasco con agua destilada, utilizando un frasco lavador.

Se traspa el líquido recolectado a un vaso de 800 ml previamente lavado, filtrándolo para eliminar cualquier trozo grueso, que no se considerará en el análisis, a través de un tamiz de 20 mallas colocado dentro de un embudo de vidrio o plástico.

Se lava cuidadosamente el tamiz, mediante el frasco lavador.

Se lava el frasco, frotando sus paredes con la varilla para liberar cualquier partícula adherida.

Se traspa el líquido al vaso.

Se coloca el vaso en el baño-maría y se evapora hasta un volumen de 50 ml o menos.

Si por haber recogido aguas de lluvia el líquido total alcanza a más de 500 ml se evapora previamente una parte, agregando posteriormente el resto.

Se prepara de antemano la cápsula de porcelana lavándola cuidadosamente con detergente, enjuagándola con agua destilada, dejándola durante una noche en la estufa a 103/105 C, enfriándola en desecador y pesándola.

Se traspasa el líquido concentrado desde el vaso a la cápsula ya preparada, lavando cuidadosamente las paredes y el fondo del vaso mediante el frasco lavador y la varilla.

Se evapora casi a sequedad en el baño-maría.

Se deja en la estufa a 103/105 C durante toda una noche.

Se enfría en desecador.

Se pesa.

Cálculo: (Ver ejemplo de cálculo Anexo A)

Se calcula el resultado final mediante la fórmula siguiente:

$$\frac{\text{peso neto del material recogido (mg)} \times 30}{\text{superficie útil de la boca del frasco (cm}^2\text{)} \times \text{días de recolección}}$$

d) Dióxido de Azufre

Principio del Método de la Para-Rosanilina. Se basa en la absorción del SO₂ presente en una muestra de aire por medio de una solución de tetracloromercurato potásico. Se obtiene así un complejo de diclorosulfitomercurato resistente a la oxidación por el oxígeno del aire, pero que reacciona con para-rosanilina y formaldehído, formando ácido para-rosanilinetilsulfónico, de color muy vivo, cuya intensidad cromática puede medirse con un colorímetro o un espectrofotómetro. La curva de calibrado resultante permite determinar directamente la cantidad de SO₂ presente en la muestra de aire examinada.

Como el método elimina o reduce al mínimo los principales efectos de perturbación conocidos, tiene en la práctica utilidad específica para las determinaciones del SO₂. Si la muestra se toma en las condiciones prescritas, pueden determinarse las concentraciones de SO₂ comprendidas entre 25 y 1000 µg/m³ e incluso concentraciones inferiores al límite mínimo indicado, con sólo aumentar el volumen

de la muestra de aire. Una ventaja del método es la relativa estabilidad de las muestras. A 22 °C, por ejemplo, la merma de SO₂ es del 1 % al día y si la muestra se conserva a 5 °C no hay bajas detectables de la concentración al cabo de 30 días. En los climas fríos hay que tomar precauciones para que las muestras no se congelen al tomarlas.

Aparato y Reactivos

Dispositivo de absorción (para muestras de 24 horas). Las especificaciones de los elementos de ese dispositivo son las siguientes:

Tubos de absorción. Se usarán tubos de polipropileno, de 162 por 32 mm, con cierres de doble entrada del mismo material.

Dispositivo de dispersión. Usese un tubo de vidrio de unos 8 mm de diámetro exterior (D.E.), 6 mm de diámetro interior (D.I.), y 152 mm de longitud estrechado por uno de sus extremos a un D.E. de 0.3 a 0.8 mm, e introducido en la cámara de absorción hasta una distancia de 6 mm del fondo.

Bomba de aire. La bomba debe tener potencia suficiente para mantener una presión diferencial de 0.7 atmósferas como mínimo en todo el dispositivo de regulación del flujo.

Regulador del flujo. Puede usarse cualquier dispositivo que permita mantener un flujo constante de aire a través de la solución de reactivo. Uno de los sistemas utilizados es el de orificios de paso crítico, por ejemplo, con agujas hipodérmicas calibradas. Una aguja de calibre 22 (D.I. = 0.394 mm) y de 2.5 cm de longitud da un flujo del orden de un litro/minuto, con otra de calibre 23 (D.I. = 0.318) y de 1.5 cm de longitud el flujo se reduce a 0.5 litros/minuto aproximadamente y con una de calibre 27 (D.I. = 0.191 mm) y de 0.9 cm de longitud se obtiene un flujo de 0.2 litros/minuto sobre poco más o menos. También dan buenos resultados los reguladores de válvulas de aguja.

Filtros. Pueden usarse filtros de membrana o de fibra de vidrio con poros de 0.8 a 2.0 μm , montados en soportes adecuados, para extraer las partículas en suspensión en la corriente de aire y proteger así el regulador de flujo.

Calibrador del flujo. Se usa un gasómetro de burbuja de jabón o un gasómetro seco o húmedo que permita medir flujos de aire de 0.2 a 1 litro/minuto. El tiempo de paso del aire se medirá con un cronómetro.

Espectrofotómetro. Se usa un aparato que permita medir la absorbancia a 548 nm con una banda eficaz de menos de 15 nm. Los espectrofotómetros de mayor amplitud de banda pueden ocasionar problemas de valoración de los reactivos. Debe comprobarse el calibrado de las longitudes de onda del instrumento.

Termómetro: Se usa un termómetro de precisión de ± 1 C.

Agua destilada: Exenta de oxidantes.

Reactivo de absorción: El reactivo empleado es el tetracloromercurato potásico 0.04 M, TCM, que se obtiene disolviendo en agua 10.86 g de cloruro mercuríco (HgCl_2), 0.066 g la sal disódica del ácido etilendiamín tetraacético (NaEDTA), y 6.0 g de cloruro de potasio (KCl). Después de obtenido el reactivo, introdúzcanse 1000 ml en un frasco volumétrico. El pH debe ser de 4.0, aproximadamente, pero se ha demostrado que los pH comprendidos entre 3 y 5 no modifican sensiblemente la eficacia de captación del SO_2 . El reactivo suele conservar su estabilidad por espacio de 6 meses.

Para evitar problemas en la alimentación del reactivo utilizado o saturado (8.0 g/litro), hay que extraer el mercurio (Hg) mediante la técnica siguiente: Agréguese a cada litro de solución absorbente carbonato de sodio (Na_2CO_3) en cantidad suficiente para obtener un pH neutro (alrededor de 10 g) y 10 g de granalla de zinc (Zn) o de magnesio (Mg). Guárdese la solución bajo campana durante 24 horas agitando el líquido continuamente. A las 24 horas, el material sólido se habrá depositado en el fondo del frasco, a pesar de la agitación. El líquido debe decantarse hasta que comience a caer un precipitado color café, que se recogerá en un tubo

sacudiendo el frasco unas cuantas veces y limpiando las paredes con un cepillo para tubos de ensayo. Enjuáguese luego el frasco con agua, que se filtrará antes de tirarla para recoger el resto del precipitado y depositarlo en el tubo. Se deja secar el precipitado en el mismo tubo en que se ha recogido y, una vez seco, se transvasa a un recipiente apropiado. Por este procedimiento se puede extraer más del 99 % del Hg de la solución absorbente.

Acido sulfámico (0.6 %): Se disuelve 0.6 g de $\text{H}_2\text{NSO}_3\text{H}$ en 100 ml de agua destilada. Esta solución debe prepararse diariamente.

Formaldehido (0.2 %): Se diluye 5 ml de solución de formaldehido (HCHO) al 36-38 % con 1000 ml de agua destilada. La dilución debe prepararse también diariamente.

Solución madre de yodo (0.1 N): Se pone 12.7 g de yodo (I_2) en un vaso de precipitado de 250 ml; agréguese 40 g de yoduro de potasio (KI) y 25 ml de agua; agítase hasta obtener la disolución; viértase en un matraz volumétrico y añádase agua destilada hasta un volumen total de 1000 ml.

Solución de yodo (0.01 N): Se prepara una solución de yodo de concentración 0.01 N aproximadamente diluyendo 50 ml de la solución madre con agua destilada hasta obtener un volumen total de 500 ml.

Solución indicadora de almidón: Se tritura 0.4 g de almidón soluble y añádanse al mortero 0.002 g de yoduro mercúrico (HgCl_2) con un poco de agua; viértase lentamente la pasta resultante sobre 200 ml de agua en ebullición y déjese hervir la solución hasta que se aclare para ponerla luego a enfriar y trasvasarla a un frasco con tapón de vidrio.

Solución madre de tiosulfato sódico (0.1 N): La solución madre se prepara disolviendo 25 g de tiosulfato sódico ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$) en 1000 ml de agua destilada recién hervida y enfriada. Se agregan a la solución 0.5 g de Na_2CO_3 y se deja reposar un día antes de proceder a la valoración. Transcurrido ese tiempo se pesan 1500 mg de yodato potásico (KIO_3) previamente desecado a 180°C , se vierten

en un matraz volumétrico de 500 ml y se añade agua destilada hasta llenar el matraz. Con una pipeta se trasvasan 50 ml de solución de yodato a un patraz de vidrio color ámbar de 500 ml; agréguese 2 g de KIO_3 y 10 ml de HC 1 N y tápese el matraz. Al cabo de 5 minutos procédase a la titulación con la solución madre de tiosulfato hasta obtener un líquido de color amarillo pálido. Agréguese 5 ml de solución indicadora de almidón y continúese la titulación hasta que desaparezca el color azul. Calcúlese la normalidad de la solución madre por la fórmula siguiente:

$$N = \frac{W}{V} \times 2,80$$

N = normalidad de la solución madre de tiosulfato

V = volumen de tiosulfato empleado, en ml

W = peso del yodato potásico, en g

2,80 = 10^3 (factor de conversión de g a mg) multiplicado por 0,1 (fracción de yodato utilizada) y dividido por 35,67 (peso equivalente del yodato potásico)

Solución de tiosulfato sódico (0,01 N) para la titulación: Se diluye 100 ml de la solución madre de tiosulfato con agua destilada recién hervida hasta obtener un volumen total de 1000 ml.

Solución de sulfito normalizada para preparar la solución de trabajo de sulfito-TCM: Se disuelve 0,30 g de metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) ó 0,50 g de sulfito de sodio (Na_2SO_3) en 500 ml de agua destilada recién hervida y enfriada. La solución de sulfito es inestable, y para reducir al mínimo su inestabilidad debe emplearse agua de la mayor pureza posible. La solución contiene el equivalente de 320 a 400 μg de SO_2/ml . La concentración efectiva de la solución se determina agregando yodo y retrotitulando con una solución de Na_2SO_3 de título conocido. Para la retrotitulación viértanse con una pipeta 50 ml de yodo 0,01 N en cada uno de los dos matraces de color ámbar y de 500 ml necesarios para la operación, que irán marcados con las letras A y B. En el frasco A (testigo) se agregan 25 ml de

agua destilada; y en el frasco B (muestra) se vierten con una pipeta 25 ml de solución de sulfito. Se tapan los dos frascos y se deja pasar el tiempo de reacción (5 minutos). La solución de trabajo de sulfito-TCM (reactivo 11) se prepara al mismo tiempo que se agrega la solución de yodo a los frascos. Utilizando una bureta con tiosulfato titulado 0,01 N, se procede sucesivamente a la titulación del contenido de los dos frascos hasta que el líquido tome color amarillo pálido. Seguidamente se agregan 3 ml de solución de almidón, y se continúa la titulación hasta que desaparezca el color azul.

Solución de trabajo de sulfito-TCM.: Se mide exactamente con una pipeta 2 ml de la solución de sulfito normalizada y viértanse en un matraz volumétrico de 100 ml, al que se añadirá TCM 0,04 M hasta llenar el matraz. Calcúlese la concentración de SO₂ en la solución de trabajo por medio de la ecuación siguiente:

$$\mu\text{gSO}_2/\text{ml} = \frac{(A - B) (N) (32,000)}{25} \times 0,02$$

A = volumen de tiosulfato agregado al frasco testigo, en ml

B = volumen de tiosulfato agregado a la muestra, en ml

N = normalidad del tiosulfato de titulación

32,000 = peso miliequivalente del SO₂, en μg

0,02 = factor de dilución

25 = volumen de la solución de sulfito normalizada, en ml

La solución conserva su estabilidad durante 30 días si se la conserva a 5 °C; en otro caso, hay que prepararla todos los días.

Solución madre de para-rosanilina purificada (0,2% nominal): La solución del colorante (para-rosanilina) debe responder a las siguientes especificaciones funcionales: a) en una solución amortiguadora 0,1 N de acetato de sodio-ácido

acético, el nivel de absorbencia máxima del colorante debe situarse en la longitud de onda de 540 nm; b) el preparado-testigo del reactivo, que es termosensible, no debe tener una absorbencia mayor de 0,170 unidades a 22 °C con un trayecto óptico de 1 cm si en su preparación se ha observado la técnica prescrita y se ha utilizado la concentración de colorante especificada; y c) la pendiente de la curva de calibrado, debe ser de $0,030 \pm 0,002$ unidades de absorbencia por microgramo de SO_2 , si el trayecto óptico tiene la longitud indicada, si el colorante es puro y si la titulación de la solución de sulfito se ha hecho debidamente. Pueden obtenerse en el comercio soluciones para-rosanilina especialmente purificada, de la concentración exigida (0,2%) y conformes a las especificaciones antedichas. Si se prefiere preparar la solución en el propio laboratorio hay que purificar el colorante y ensayar la solución madre que se obtenga por la técnica de Scaringelli y cols.

Reactivo de para-rosanilina: Se deposita 20 ml de solución madre de para-rosanilina en un matraz volumétrico de 250 ml. Por cada centésima (1%) que falte al título de la solución madre para llegar al 100%, añádanse 0,2 ml más de solución madre; agréguese luego 25 ml de H_3PO_4 3 M y termínese de llenar el matraz con agua destilada. Este reactivo se mantiene estable durante nueve meses por lo menos.

Procedimiento

Después de diluida la muestra con solución absorbente hasta obtener un volumen total de 50 ml, se trasvasan con una pipeta 5 ml a un matraz volumétrico de 10 ml, que se guarda para el análisis químico, después de terminar de llenarlo con reactivo absorbente y se deja reposar durante 20 minutos para dar tiempo a que se descomponga el ozono que pueda contener.

Para cada grupo de determinaciones, se prepara un ensayo de reactivos poniendo, en sendos matraces volumétricos de 25 ml, 10 ml de solución TCM no expuesta y una solución testigo formada por 2 ml de solución de trabajo sulfito-TCM y 8 ml de solución TCM. En cada uno de esos dos matraces, y en el que contiene la muestra,

se añade 1 ml de ácido sulfámico al 0,6%, dejando luego que reaccione con el contenido de los matraces durante 10 minutos para destruir el nitrito que haya podido formarse con los óxidos de nitrógeno. Usando una pipeta, se añaden exactamente y por este orden 2 ml de solución de formaldehído al 0,2% y 5 ml de solución de para-rosanilina. Se pone en marcha un cronómetro de laboratorio para que suene a los 30 minutos. Se terminan de llenar todos los matraces con agua destilada recién hervida y enfriada y se agita su contenido para que se mezcle bien. De 30 a 60 minutos después, se determina la absorbencia de la muestra (valor de absorbencia A), del preparado de ensayo de reactivos (valor A_0), y de la solución testigo, a 548 nm en cubetas de 1 cm de trayecto óptico. Se usa como valor de referencia el del agua destilada, y no el del preparado de ensayo de reactivos. La advertencia que antecede es importante porque el color del preparado para ensayo de reactivos puede modificarse por efecto de los cambios de temperatura del compartimento de cubetas del espectrofotómetro.) La solución coloreada no debe dejarse en las cubetas de absorción para evitar que se forme en el fondo de éstas una película de materia colorante. Las cubetas deben limpiarse con alcohol después de usarlas. (Si no hay más de 2 °C de diferencia entre la temperatura de las determinaciones y la temperatura de calibrado, el resultado del ensayo de reactivos no debe diferir en más de 0,03 unidades de absorbencia del valor correspondiente al punto de intersección de la curva de calibrado con el eje de ordenadas. Si la diferencia fuera mayor, habrá que trazar una nueva curva de calibrado).

Si la solución de la muestra tiene una absorbencia comprendida entre 1,0 y 2,0 unidades, se diluye la muestra a razón de 1:1 con el preparado de ensayo de reactivos y se efectúa la lectura al cabo de unos minutos. Si la absorbencia de la solución de muestra excede de 2,0, la dilución puede aumentarse hasta 6 veces usando el preparado para ensayo de reactivos. Los resultados que se obtengan en esas condiciones no diferirán en más de 10% del verdadero valor de la absorbencia.

Procedimiento de calibrado con ión sulfuroso

Se mide exactamente con una pipeta porciones de volumen creciente de la solución de trabajo sulfito-TCM (por ejemplo, 0,5, 1, 2, 3 y 4 ml) que se dispondrán en sendos matraces volumétricos de 25 ml. Viértase en cada matraz una cantidad suficiente de solución de TCM para llevar el volumen hasta unos 10 ml y añádase a continuación el resto de los reactivos, de la manera indicada. Para mayor precisión, utilícese un baño de temperatura constante. La temperatura de calibrado no debe diferir en más de 2 C de la temperatura de análisis. Trasládense a un gráfico los valores de absorbencia de las distintas soluciones y los valores correspondientes de concentración total de SO₂ expresada en µg. La cantidad total de µg de SO₂ presente en cada solución será igual a la concentración del patrón en µg SO₂/ml = g/ml multiplicada por el número de ml de solución de sulfito que se hayan añadido (µg SO₂ = µg/ml x ml añadidos). La relación entre las dos series de valores debe ser lineal, y la diferencia entre la absorbencia del patrón cero y el valor correspondiente al punto de intersección con el eje YY' no debe exceder de 0,03 unidades. Para mayor precisión ajústese la recta por análisis de regresión utilizando el método de los mínimos cuadrados. Se determina la pendiente de la línea de mejor ajuste y calcúlese su recíproca (B_S), teniendo en cuenta lo indicado en la sección 2.2.1.2, inciso 12, en cuanto a la pendiente de la curva de calibrado. El factor de calibrado que se obtenga podrá emplearse para calcular los resultados, siempre que no haya variaciones anormales de la temperatura o del pH. Se recomienda incluir en cada serie de determinaciones una o varias muestras testigo de concentración de SO₂ conocida para comprobar la validez del factor obtenido.

Cálculos: (Ver ejemplo de cálculo Anexo A)

Se reduce el valor del volumen de aire de la muestra a volumen en condiciones de referencia (25 C y 760 mm Hg). Esta reducción puede ser impracticable en las muestras de 24 horas. La fórmula de conversión es la siguiente:

$$V_r = V \times \frac{P}{760} \times \frac{273}{t + 273}$$

V_r = volumen de aire a 25 C y 760 mm Hg, expresado en litros

V = volumen de aire de la muestra, en litros

P = presión atmosférica durante la toma de la muestra, en mm Hg

t = temperatura del aire de la muestra, en C

Si las curvas de calibrado se han obtenido con soluciones de sulfito, la concentración de SO_2 en la muestra se calcula por la ecuación siguiente:

$$\mu\text{g de } SO_2/m^3 = \frac{(A - A_0) (10^3) (B_S)}{V_r} \times D$$

A = absorbencia de la muestra

A_0 = absorbencia del preparado para ensayo de reactivos

10^3 = factor de conversión de litros en metros cúbicos

V_r = volumen de la muestra corregido a 25 C y 760 mm Hg, y expresado en litros

B_S = factor de calibrado en $\mu\text{g}/\text{unidad de absorbencia}$

D = factor de dilución:

Para muestras de 30 minutos y de 1 hora, $D=1$

Para muestras de 24 horas, $D = 10$

Si la curva de calibrado se ha obtenido con atmósferas de concentración normalizada de SO_2 la concentración de la muestra se determina con la fórmula siguiente:

$$\mu\text{g de } SO_2/m^3 = (A - A_0) \times B_g$$

A = absorbencia de la muestra

A_0 = absorbencia del preparado para ensayo de reactivos

Hg = factor de calibrado en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por cada unidad de absorbencia

La concentración de SO_2 puede expresarse también en ppm en las condiciones de referencia, efectuando la conversión siguiente:

f) Monóxido de Carbono:

Principio del Método

La evaluación de monóxido de carbono se realiza mediante el instrumento portátil Ecolyzer, para monitorear el aire ambiental para la detección y determinación de gases específicos. El medidor de papel frontal señala el nivel de gas detectado en partes por millón (ppm), con una precisión de $\pm 1\%$ de la escala total. El tipo de gas detectado y la amplitud de niveles están determinados por el modelo específico seleccionado. También se mide el flujo de aire a través del instrumento.

Aparatos y Reactivos

Equipo analizador Ecolyzer

Procedimiento

El aire es aspirado al instrumento a través del filtro, mediante la bomba a una tasa de flujo constante. El filtro elimina las sustancias interferentes del aire que entra antes que pase, después de atravesar la bomba, la válvula de ajuste de flujo y el medidor de flujo, al sensor electroquímico.

El sensor opera electroquímicamente para producir una emisión de corriente eléctrica directamente proporcional al nivel del gas detectado en el aire muestreado. El circuito electrónico mantiene una diferencia de potencial constante entre los elementos del sensor electroquímico. Permitiendo que se produzca la reacción electroquímica. La corriente eléctrica de salida es amplificada por el circuito

electrónico y pasa a un multiamperímetro que presenta visualmente el nivel del gas detectado en el aire muestreado. **Ver ejemplo de cálculo Anexo A.**

g) **Dióxido de Nitrógeno**

Principio del Método

El método de arsenito de sodio permite un retraso de hasta dos semanas para la toma de muestras, y periodo de toma de muestras de hasta 24 horas.

Un método anterior el de Jacobs- Hochheiser, permite una estequiometría 1:1 de NO₂ a ion nitrito. Sin embargo la eficacia de la recolección para este método es del 35% solamente. Además algunos investigadores han establecido la interferencia del NO.

Probablemente la principal objeción que se hizo originalmente al método J-II fue su eficacia de recolección baja y variable incluso bajo condiciones experimentales cuidadosamente controladas. Mejores investigaciones consiguieron probar que la eficacia de la recolección se puede aumentar desde un promedio de 34 a un 95% añadiendo una pequeña cantidad de arsenito de sódico a la disolución absorbente. Esta modificación condujo al método del arsenito en el que se recoge el NO₂ burbujando el aire de muestra a través de una disolución alcalina de arsenito sódico. El ión nitrito así formado reacciona con sulfanil amida y N7(naftil) etilenodiamina en ácido fosfórico para formar el colorante azo de color intenso.

El alcance normal del método esta entre 5 y 70 ug/m³ (0.003 a 0.4 ppm) de NO₂ dando una concentración de 0.04 ug NO₂/ml una absorbancia de 0.02 utilizando células de 1 cm. Se ha observado una desviación standard del 5% para una concentración de NO₂ de 40 ug/m³.

Aparatos y Reactivos:

Sulfanilamida : Se disuelve 20 gr de sulfanilamida en 700 ml de agua destilada. Luego se añaden cuidadosamente 50 ml de ácido fosfórico (85%) mezclando y luego se diluye hasta un litro. Esta disolución es estable durante un mes aproximadamente si se mantiene en la nevera.

Reactivo absorbente: Se disuelve 4 gr de hidróxido sódico y 1.0 g de arsenito sódico en agua destilada para dar un litro de disolución.

Reactivo de Saltzman: Se disuelven 0.5 g de reactivo N-(1-naftil) etilenodiamida dihidrocloruro en agua para formar 500 ml de disolución. La disolución es estable durante un mes si se conserva en nevera.

Disolución Patrón de Nitrito: Se disuelve 0.155 g de nitrito sódico en agua destilada y se diluye en un litro. Esta disolución contiene 1000 ug de NO₂/ml.

Cuando se utiliza nitrito sódico del 97% o mas concentrado es preciso utilizar un factor gravimétrico F para obtener la relación estequiométrica entre el ion nitrito y el NO₂.

$$F = 1500 * 100 / \text{porcentaje del ensayo de NaNO}_2$$

conviene recordar que no es necesario pesar exactamente 0.1500 g de Na NO₂ pero se tiene que reconocer el peso verdadero cuando se vaya a calcular el valor de F.

Peróxido de Hidrógeno: Se diluye 0.2 ml de peróxido de hidrógeno (30%) hasta 250 ml con agua destilada.

Procedimiento

Sistema de Absorción del Método del Arsenito:

Las células de absorción son generalmente tubos de polipropileno . cada tubo se calibra para que contenga 50 ml de reactivo absorbente pipeteando una alícuota de

50 ml de agua destilada en el tubo y grabando el nivel del líquido en el tubo. Tanto los tubos como los empalmes deben ser de polietileno porque los tapones de goma producen valores altos del blanco. Se puede conseguir un tubo para soltar la muestra que llegue hasta el fondo del burbujeador comprándolo o preparándolo partiendo de tubo de vidrio de 5 mm de ancho y unos 152 mm de longitud con su extremo estirado hasta que tenga 0.6 , 0.2 mm de diámetro interno. Se controla el flujo de la muestra por medio de una aguja de jeringuilla de tamaño 27 que se fabrica de modo que permita un flujo de aire de 190 a 210 cm³/min utilizando una bomba que sea capaz de poder mantener una presión de 0.6 atmosferas en el orificio de la aguja. Debido a la necesidad de mantener un flujo de aire de muestra exacto y constante, la aguja se calibra uniéndola a un rotámetro calibrado como orificio limitante del paso del aire. La aguja se debe desechar y reemplazar por otra recién calibrada después de utilizada en la recolección de 10 muestras de 24 horas.

Toma de Muestra:

Se colocan 50 ml de reactivo absorbente en el tubo de absorción. Se ensaya el flujo cuando el sistema está listo para iniciar la toma de muestra. El flujo debe ser en este momento por lo menos del 85% de los flujos de la calibración de la aguja. Después de volver a colocar el embudo se pone en marcha la bomba de nuevo y se toma muestra durante 24 hr se sugiere tomarlas de medianoche a medianoche contrastando el flujo al final del periodo de toma de muestras para poder calcular el flujo promedio.

Análisis Colorimétrico:

Se puede emplear una disolución química o una calibración dinámica tal como se describió para el método de Saltzman para el NO₂. De ordinario para la toma de

muestras de campo se prefiere la calibración por medio de una disolución de peróxido de hidrógeno para oxidar a sulfato cualquier SO_2 que haya absorbido, entonces se añade mezclando muy bien 10 ml de disolución de sulfanilamida y 1.4 ml de reactivo de Saltzman. Para utilizarlo como blanco se trata de la misma forma 10 ml del reactivo absorbente. Se deja reposar 10 min para que se desarrolle el color de forma óptima y se mide la absorbancia a 540 nm frente al blanco de reactivo. Utilizando una curva de calibración.

Calibración:

Se puede emplear una disolución química o una calibración dinámica. De ordinario para la toma de muestras de campo se prefiere la calibración por medio de una disolución. Para realizarla se diluye 5.0 ml de la disolución patrón de nitrito hasta 0.2 litros utilizando reactivo absorbente para formar un patrón de trabajo de nitrito, que contenga aproximadamente 25 μg de NO_2 / ml (dependiendo del factor F del ensayo y del peso real de NaNO_2).

Se pipetea en una secuencia de matraces aforados de 250 ml, 1, 2, 5 y 15 ml de la disolución patrón de nitrito y se llevan al enrase con reactivo absorbente. Estas disoluciones que contienen por lo tanto 0.5, 1.0, 1.25 y 1.5 g de NO_2 . ml respectivamente, se colocan en cubetas de 1 cm y se lee la absorbancia frente a un blanco con el reactivo a 450 nm. Entonces se prepara una gráfica en que se dibuja la absorbancia medida frente a número de microgramos de NO_2 por mililitro del reactivo absorbente.

Cálculos: (Ver ejemplo de cálculo Anexo A).

Se calcula el volumen de la muestra de aire en mililitros, multiplicando la velocidad media de flujo en mililitros por minuto, por el tiempo en minutos. El volumen en

mililitros, multiplicando la velocidad media de flujo en mililitros por minuto, por el tiempo en minutos. El volumen en mililitros se multiplica por 0.000001 para obtener el volumen del aire de muestra en m³.

El nivel ambiente de NO₂ se obtiene por medio de:

$$\text{ug NO}_2/\text{m}^3 = (\text{ug NO}_2/\text{ml (medio)} * 50) / 0.85V$$

50 = Volumen del reactivo absorbente en ml

0.85 = eficacia empírica de la recolección

V= Volumen de la muestra de aire, en m³

Las parte por millón en volumen para el NO₂ se pueden calcular por medio de :

$$\text{ug NO}_2/\text{m}^3 * 5.32 * 10000 = \text{ppm NO}_2 \text{ (vol)}$$

6.7.2.3 En Suelos:

Los métodos de análisis practicados para evaluar la calidad de suelos se basan en una buena preparación de muestra mediante un secado, tamizado y molienda. También se determina la humedad del material.

Para clasificar el tipo de suelo se realiza el análisis de tamaño de partículas, considerado también como análisis mecánico, estas muestras se secan a temperatura ambiente y se clasifican por mallas de acuerdo al tipo (limos, arcillosa, franco arenosa, arenosa).

Para saber la capacidad de intercambio de iones se analiza el I I, se evalúa la capacidad de intercambio de cationes, bases extraíbles, saturación de bases, saturación de sodio, razón de adsorción de sodio, saturación de calcio.

También se evalúa el carbono orgánico, nitrógeno, carbonato de calcio, acidez, carbonatos de calcio, bicarbonatos, fósforo total, cloruros, nitratos, así como aluminio, magnesio, manganeso, hierro, sodio, potasio, y metales tóxicos como plomo, zinc, etc. Los métodos de análisis que se practican son por vía clásica e instrumental; previamente se trata la muestra se digiere y se diluye para su análisis respectivo.

6.8 Resultados Experimentales

6.8.1 Monitoreo de Aguas

Los resultados de análisis se pueden apreciar en las **Tablas N° 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30.**

6.8.2 Monitoreo de Aire

- a) **Emisiones Gaseosas:** Los resultados de análisis se muestran en las **Tablas N° 31, 32, 33, 34.**
- b) **Partículas Sedimentables:** En la **Tabla N° 34-A** se muestra los resultados de análisis.
- c) **Calidad de Aire:** Los resultados de análisis se muestran en las **Tablas N° 35, 36, 37, 38.**

6.8.3 Monitoreo de Suelos

En la **Tabla N° 39** se muestra los resultados de análisis de suelos.

6.9 Recolección y Tabulación de Datos Experimentales

- a) **Monitoreo de Agua:** En las **Tablas N° 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47** se muestran los resultados de análisis.
- b) **Monitoreo de Aire:** Ver **Tabla N° 48, 49, 50**
- c) **Monitoreo de Suelo:** En la **Fig N° 08, 09** se observan los resultados de análisis.

TABLA N° 14: AGUA POTABLE

PARAMETROS	UNIDADES	MONITOREO DE AGUAS												PROM.	LMP ₅ CLASE I	D.S.
		1997														
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC			
TEMPERATURA	°C	10	10,2	11,5	10	11	9	10	11	10,5	11	9	10	10,27		0,78
pH		8,3	7,8	7,5	7,8	7,5	8	7,9	7,3	7,9	7,4	8,1	7,4	7,74		0,32
C.E.	umbos/cm	422	325	350	389	356	450	452	378	389	321	325	456	384,42		50,96
S.T.D.	mg/L	450	456	356	389	345	320	408	425	365	321	378	402	384,58		45,64
ALCALINIDAD	mg/L	141	132	102	121	145	138	123	145	163	132	120	156	134,83		16,90
CLORURO	mg/L	16	15	31	21	17	18	16	35	26	31	21	32	23,25		7,34
SULFATO	mg/L	68	70	71	73	78	70	72	73	78	70	65	63	70,92		4,46
NITRATO	mg/L	0,67	0,21	0,32	0,14	0,12	0,45	0,23	0,31	0,25	0,45	0,37	0,29	0,32		0,15
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001		0,000
CADMIO TOTAL	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001		0,000
COBRE TOTAL	mg/L	0,002	0,0023	0,0024	0,002	0,0012	0,003	0,004	0,0021	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002		0,0009
CINC TOTAL	mg/L	0,008	0,007	0,005	0,002	0,004	0,003	0,002	0,005	0,001	0,002	0,003	0,001	0,004		0,0023
HIERRO TOTAL	mg/L	0,002	0,002	0,003	0,001	0,004	0,0035	0,0036	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003		0,0009
MANGANESO TOTAL	mg/L	0,002	0,0021	0,0012	0,003	0,0042	0,0021	0,0022	0,002	0,001	0,003	0,0025	0,002	0,0023		0,0008
PLOMO TOTAL	mg/L	0,002	0,001	0,0015	0,004	0,0015	0,0013	0,0014	0,001	0,003	0,0014	0,007	0,008	0,0028		0,002

TABLA N° 15: AGUA INDUSTRIAL

PARAMETROS	UNIDADES	MONITOREO DE AGUAS												PROM.	D.S.	
		1997														
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC			
TEMPERATURA	°C	10	11	9	12	10	11	9	10	11	9	10	11	10,25		0,97
pH		7,3	7,2	7,8	7,3	6,9	7	7,25	7,9	7,8	7,4	7,2	7,5	7,38		0,32
C.E.	umbos/cm	270	290	236	258	264	259	265	289	301	356	345	312	287,08		36,29
S.T.D.	mg/L	220	211	256	258	245	237	296	289	258	230	278	298	256,33		29,27
CAUDAL	L/seg	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25		0
ALCALINIDAD	mg/L	54	120	145	125	178	164	135	158	145	168	184	198	147,83		37,88
SULFATO	mg/L	12	14	11	10	15	17	13	12	18	15	14	12	13,58		2,39

TABLA Nº 16: ESTACION Nº 03 AGUA DE MINA NIVEL 0

PARAMETROS	UNIDADES	MONITOREO DE AGUAS												PROM.	LMPs		
		1997													CLASE III	ANEXO 2*	DS
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC				
TEMPERATURA	°C	12	13	10,8	9	12	11	9	10	8	11	10	9	10,40			1,50
pH		7,5	7,6	7,9	7,4	7,85	7,4	7,5	7,1	7,8	7,2	7,4	7,9	7,55	5	9	0,28
Eh	mV	14,6	12,3	12,9	13,5	13,1	12,8	12,5	13,9	15	14	12,8	13,4	13,40			0,84
C.E.	umhos/cm	1003	654	1167	1101	956	896	1011	985	963	959	987	854	961,33			127,03
O.D.	mg/L	6,2	6,3	5,3	6,5	5,6	3,8	4	4,2	3,9	4,8	5,8	5,4	5,15	3		0,99
S.T.	mg/L	1087	701	1376	1125	813	779	1145	1263	1389	1256	1120	985	1086,58			227,54
S.T.D.	mg/L	998	612	1151	1097	763	744	842	759	746	836	1002	785	861,25			163,52
S.T.S.	mg/L	89	141	225	28	50	35	303	504	643	613	118	200	245,75	100		223,03
TURBIEDAD	UNF	150	148	100	120	135	126	154	189	178	163	201	123	148,92			30,17
CAUDAL	L/seg	8	7	9	9	2	1	9	1	2	1	2,7	2	4,48			3,54
ALCALINIDAD	mg/L	78	72,1	73,1	67,1	251,2	320	120	156	236	259	240	189	171,79			89,09
ACIDEZ	mg/L	2	4	3	2,5	15,81	25	18	26	24	30	25	35	17,53			11,87
SULFATO	mg/L	89	111	225	35,17	351,9	96	102	125	132	145	156	189	146,42	400		81,14
NITRATO	mg/L	0,11	0,25	0,71	0,14	0,89	0,91	0,89	0,12	0,46	0,13	0,9	0,45	0,50	0,10 como N		0,34
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,01	0,02	0,08	0,01	0,2	0,19	0,01	0,02	0,011	0,013	0,02	0,02	0,05	0,2	1	0,07
CADMIO TOTAL	mg/L	0,08	0,09	0,078	0,079	0,005	0,06	0,023	0,012	0,015	0,018	0,01	0,02	0,04	0,05		0,03
COBRE TOTAL	mg/L	0,12	0,15	0,13	0,17	0,07	0,63	0,29	0,05	0,03	0,06	0,1	0,03	0,15	0,5	2	0,17
CINC TOTAL	mg/L	5	20,8	1,83	0,16	0,03	0,56	5,5	2,83	3,07	2,9	5,5	1,6	4,15	25	6	5,59
HIERRO TOTAL	mg/L	4,2	5,16	2,28	3,23	0,08	0,38	1,42	0,84	0,38	0,97	0,71	1,01	1,72	1	5	1,65
MANGANESO TOTAL	mg/L	0,56	1,79	0,37	0,01	0,23	0,21	0,26	0,56	0,42	0,23	0,48	0,23	0,45	0,5		0,45
PLATA TOTAL	mg/L	0	0,014	0,003	0,001	0,017	0,02	0,03	0,01	0,009	0,02	0	0	0,01	0,05		0,01
PLOMO TOTAL	mg/L	0,12	0,103	0,422	0,168	0,231	1,81	0,45	0,16	0,09	0,19	0,24	0,05	0,34	0,1	1	0,48
HIDROCARBURO TOTAL	mg/L	0,7	0,56	0,23	0,14	0,58	1	0,9	0,98	1,2	1,5	1,4	0,56	0,81			0,43

* Valor en cualquier momento

TABLA N°17: ESTACION N° 04 AGUA DE MINA - NIVEL -100

PARAMETROS	UNIDADES	MONITOREO DE AGUAS												PROM	LMP%				
		1997													CLASE III	ANEXO 2*	DS		
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC						
TEMPERATURA	°C	7,9	8	11,3	7,1	10	12	9	10	11	8	9	11	9,53			1,59		
pH		8,02	8,09	8,5	8,7	8,5	7,9	7,5	7,8	7,4	7,9	8	7,56	7,99	5	9	5,5	10,5	0,41
Eh	mV	13,96	12,9	14	14,01	13,8	13,7	1,2	13,89	14	13,79	15	14	12,85					3,70
C.E.	umbos/cm	620	579	762	910	634	597	789	890	987	756	890	842	771,33					137,73
O.D.	mg/L	6,2	6,9	6,2	5,9	6,3	6,8	6	6,01	6,4	6,3	6,78	6,45	6,35	3				0,33
S.T.	mg/L	191,8	412,96	650,63	800	626,6	625	789	896	845	978	756	845	701,33					220,10
S.T.D.	mg/L	176	334,92	750	700	584,6	501,6	561	456	523	678	568	784	551,43					174,07
S.T.S.	mg/L	15,8	78,04	254,8	100	42	124	228	440	322	300	188	61	179,47			100		131,50
TURBIEDAD	UNF	11	20	40	100	89	79	89	112	145	148	123	120	89,67					45,45
CAUDAL	L/seg	35	40,8	18,36	15	25	23	53	66	9,9	7	7,5	5,9	25,54					19,50
ALCALINIDAD	mg/L	118	92,68	74,79	104,3	279,6	290,7	120	114	125	145	98	89	137,59					71,40
ACIDEZ	mg/L	19	29	28	25	13,55	45,2	25	23	41	15	28	32	26,98					9,40
SULFATO	mg/L	20,72	18	6,67	42,09	279,1	128	120	145	98	45	75	82	88,30					75,49
NITRATO	mg/L	3,7	4,2	0,68	0,9	0,54	0,6	0,9	0,45	1,2	0,56	1,4	0,12	1,27	0,1 como N				1,30
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,06	0,05	0,035	0,001	0,002	0,006	0,003	0,002	0,0045	0,001	0,002	0,002	0,01	0,2		1		0,02
CADMIO TOTAL	mg/L	0,005	0,023	0,018	0,038	0,005	0,016	0,0014	0,023	0,006	0,017	0,015	0,012	0,01	0,05				0,01
COBRE TOTAL	mg/L	0,07	0,1	0,08	0,26	0,03	0,09	1,27	0,07	2,56	0,14	6,2	0,064	0,91	0,5		2		1,83
CINCO TOTAL	mg/L	0,64	1,46	1	0,17	0,08	0,078	12,15	3,27	32,3	3,66	4,8	2,63	5,19	25		6		9,17
HIERRO TOTAL	mg/L	0,05	8,14	5,6	18,87	0,17	0,07	55,1	1,8	136,5	1,57	1,41	4,2	19,46	1		5		40,01
MANGANESO TOTAL	mg/L	0,42	1,6	0,8	2,01	0,33	0,12	0,15	0,8	0,45	0,13	0,25	0,56	0,64	0,5				0,60
PLATA TOTAL	mg/L	0,04	0,03	0,015	0,021	0,005	0,003	0,07	0,08	0,02	0,021	0,12	0,006	0,04	0,05				0,04
PLOMO TOTAL	mg/L	1,09	0,515	0,48	1,38	0,612	0,43	6,43	0,2	24,7	1,51	2,6	0,434	3,37	0,1		1		6,93
HIDROCARBURO	mg/L	0,7	1,2	1,3	0,8	1,5	0,45	1,2	0,87	0,78	0,96	1,4	1,5	1,06					0,34

* Valor en cualquier momento

TABLA N°18: ESTACION N° 05 DRENAJE DE AGUA DE MINA Y RELLENO HIDRAULICO NIVEL -450

PARAMETROS	UNIDADES	MONITOREO DE AGUAS												PROM.	LMP's CLASE III	ANEXO 2*	DS	
		1997																
		ENE	FEB	MAR	FABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC					
TEMPERATURA	°C	12,5	10,72	11,3	11,2	11,4	11	9	10	11	12	11	10	10,93			0,93	
pH		7,1	7,53	8,22	8,2	8,1	8,3	8,1	8	8,14	8,2	8,3	7,9	8,01	5	9	5,5	10,5
Eh	mV	14,12	15	16	17,9	14,8	33,6	25	24	26	23	28	14	20,95				6,52
C.E.	umhos/cm	856,3	915	891	1080	1095	1013	1023	1423	1545	1001	1231	1147	1101,69				209,48
O.D.	mg/L	5,76	7,1	6,9	5,3	6,7	5,9	5,8	5,9	6	6,4	7,2	6,8	6,31	3			0,62
S.T.	mg/L	856	1205	887	1707	6073	3336	2300	1256	1456	2584	2569	2458	2223,92				1441,34
S.T.D.	mg/L	324	913	125	1021	1057	999	845	456	654	894	987	1456	810,92				364,80
S.T.S.	mg/L	500	292	645	686	5016	2337	1200	800	802	1690	1582	1002	1379,33		100		1282,72
TURBIEDAD	UNF	251	80	5	400	890	1090	894	978	965	856	789	854	671,00				378,78
CAUDAL	L/seg	120,47	118,3	113,2	113	116	108,4	72	10	37	100	52	44	83,70				38,76
ALCALINIDAD	mg/L	200	180	125	109	130	89	120	145	98	145	123	146	134,17				31,93
ACIDEZ	mg/L	3	8	12	15	10	9	12	10	8	7	6	9	9,08				3,12
SULFATO	mg/L	255	230	320	423	457	356	456	365	402	345	248	345	350,17	400			77,32
NITRATO	mg/L	3,28	8,4	6,5	3,8	4,6	5,6	1,2	0,96	1,45	2,1	2,4	1,6	3,49	0,1 como N			2,36
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,23	0,12	0,18	0,09	0,07	0,005	0,0045	0,0087	0,002	0,008	0,09	0,012	0,07	0,2	1		0,08
CADMIO TOTAL	mg/L	0,03	0,107	0,014	0,12	0,19	0,25	0,14	0,016	0,12	0,11	0,23	0,12	0,12	0,05			0,08
COBRE TOTAL	mg/L	0,15	0,18	0,79	0,12	0,09	0,81	0,31	0,1	0,36	0,1	0,12	0,08	0,27	0,5	2		0,26
CINC TOTAL	mg/L	1,23	0,9	0,89	0,78	0,56	0,69	1,86	0,6	4,4	0,71	2,2	1,27	1,34	2,5	6		1,09
HIERRO TOTAL	mg/L	0,11	0,15	0,23	0,07	0,09	0,15	6,32	2,21	1,55	2,39	0,89	4,36	1,54	1	5		2,01
MANGANESO TOTAL	mg/L	0,83	0,56	0,84	0,07	0,09	0,23	0,04	0,05	0,012	0,03	0,048	0,023	0,24	0,5			0,32
PLATA TOTAL	mg/L	0,007	0,005	0,039	0,009	0,025	0,018	0,01	0,02	0,007	0,02	0,01	0,014	0,02	0,05			0,01
PLOMO TOTAL	mg/L	0,022	0,002	0,002	0,004	0,002	0,008	1,47	0,97	0,68	0,45	0,72	1,3	0,47	0,1	1		0,55
HIIDROCARBURO TOTAL	mg/L	0,7	0,12	0,7	0,4	0,9	1,2	1,89	2	1,45	1,9	1	0,98	1,10				0,61

* Valor en cualquier momento

TABLA N°19: ESTACION N° 06 TUNEL DESCARGA PRESA RELAYES

PARAMETROS	UNIDADES	MONITOREO DE AGUAS												PROM	L.M.P. ^b CLASE III	ANEXO 2*	D.S.	
		1997																
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC					
TEMPERATURA	°C	11	12	15,3	8,7	11	12	9	8	11	10	9	12	10,75			2,00	
pH		7,8	7,9	8,4	9,1	8,7	8,3	8,1	7,9	7,6	7,9	8,1	8,3	8,18	5	9	0,42	
Eh	mV	14,1	13	13,8	15	13,9	2,9	13	14	15	13,8	16	15	14,13			0,96	
C.E.	umbos/cm	356	460	421	570	539	630	456	654	530	496	678	689	539,92			107,34	
O.D.	mg/L	4,6	6,4	5,5	5	7	6,8	5,9	6,3	7,2	6,8	7,2	7,4	6,34	3		0,91	
S.T.	mg/L	296	308	456	589	469	358	398	452	457	463	423	503	431,00			82,13	
S.T.D.	mg/L	248	256	415	468	325	280	156	245	256	179	198	156	265,17			97,25	
S.T.S.	mg/L	48	45	54	98	65	74	242	207	201	284	225	347	157,50	100		105,48	
TURBIEDAD	UNF	11	15	18	11,9	21	17	21	19	22	16	23	25	18,33			4,35	
CAUDAL	L/seg	354	368	752	943	570	458	492	395	397	493	498	650	530,83			175,29	
ALCALINIDAD	mg/L	123	164	147	185	195	156	102	156	123	145	189	145	152,50			28,26	
ACIDEZ	mg/L	2	3	8	5	6	7	5	4,5	3,8	2,6	6	3,8	4,73			1,81	
CIANURO LIBRE	mg/L	0,5	0,8	0,9	1	0,9	0,6	0,6	0,8	0,5	0,4	1	0,7	0,73			0,21	
CIANURO TOTAL	mg/L	2	1,5	1,8	1,2	2,1	1,5	1	1,5	1,8	2	2,1	1,7	1,68	1		0,21	
SULFATO	mg/L	1,8	2	5,3	4,6	8,5	3,9	2,5	3,6	9	10	8,5	6,3	5,50	400		0,35	
NITRATO	mg/L	0,1	0,24	0,13	0,18	0,27	0,1	0,12	0,12	0,25	0,18	0,14	0,12	0,17	0,1 como N		2,91	
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,001	0,002	0,005	0,003	0,004	0,001	0,004	0,002	0,001	0,002	0,005	0,002	0,002	0,2		0,06	
CADMIO TOTAL	mg/L	0,008	0,009	0,019	0,009	0,003	0,016	0,02	0,007	0,005	0,009	0,003	0,005	0,001	0,05	1		0,00
COBRE TOTAL	mg/L	0,22	0,19	0,13	0,15	0,85	0,65	1,75	1,78	1,05	2,68	0,78	0,8	0,92	0,5	2		0,01
CINC TOTAL	mg/L	0,5	0,36	0,28	0,19	1	0,19	0,48	0,23	1,84	0,49	20,4	0,387	2,20	25	6		0,79
HIERRO TOTAL	mg/L	0,03	0,08	0,09	0,07	0,045	0,06	0,79	0,5	2,03	1,29	1,31	0,83	0,59	1	5		5,75
MANGANESO TOTAL	mg/L	0,21	0,3	0,15	0,25	0,36	0,14	0,23	0,18	0,12	0,29	0,23	0,17	0,22	0,5			0,66
PLATA TOTAL	mg/L	0,004	0,008	0,004	0,009	0,01	0,008	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004	0,05			0,07
PLOMO TOTAL	mg/L	1,81	2	1,85	0,9	0,8	0,78	0,22	0,09	0,7	0,27	0,61	0,178	0,85	0,1	1		0,00
HIDROCARBURO TOTAL	mg/L	0,7	0,89	0,6	0,23	0,56	0,78	1,2	1,5	0,89	0,75	1,6	1,8	0,96				0,68

* Valor en cualquier momento

TABLA N°20: ESTACION N° 07 RIO LLOCLLA ANTES DESCARGA RELAYES

PARAMETROS	UNIDADES	MONITOREO DE AGUAS												PROM	CLASE III	LIMP ₂ ANEXO 2*	D.S.			
		1997																		
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC							
TEMPERATURA	°C	11,2	10,9	13,9	9,6	11,4	12	9	11	10	11	11	10	11	9	12	10,92			1,40
pH		7,8	7,5	8,74	9	7,2	8	7,89	7,9	8,1	7,6	7,9	8,1	7,6	7,9	7,7	7,94	5_9	5,5_10,5	0,50
Eh	mV	14,04	15	18,5	21	35	18	15	14	16	17	15	17,63				17,63			5,92
C.E.	umbros/cm	344	367	444	297	278	340	254	231	296	247	235	299,67				299,67			63,64
O.D.	mg/L	7,5	7	7,2	7,1	7,5	7,8	8	7,5	8,1	7,9	7,6	7,55				7,55	3		0,35
S.T.	mg/L	376	239	287	368	220	231	258	265	312	369	289	291,00				291,00			54,75
S.T.D.	mg/L	304	125	362	360	190	206	124	135	189	185	196	210,83				210,83			85,01
S.T.S.	mg/L	72	115	71	8	30	25	134	130	123	184	93	92,42				92,42	100		52,58
TURBIEDAD	UNF	37	42	45	36	25	17	8	12	11	15	18	21				23,92			12,87
CAUDAL	L/seg	992	1058	1600	1500	998	1005	233	174	197	240	103	703,08				703,08			547,12
ALCALINIDAD	mg/L	157	147	152	78	265	385	356	289	326	289	345	263,92				263,92			104,46
ACTIDEZ	mg/L	2	4	5	3	7	2	2,5	3,8	2,9	3,7	4,5	3,83				3,83			1,51
SULFATO	mg/L	6,5	23	25	32	56	45	18	23	29	32	27	28,96				28,96	400		12,53
NITRATO	mg/L	2,1	0,496	0,05	0,882	0,9	0,45	0,56	0,23	0,21	0,12	0,15	0,58				0,58	0,1 como N		0,57
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,0012	0,002	0,001	0,005				0,002	0,2	1	0,00
CADMIO TOTAL	mg/L	0,005	0,01	0,005	0,013	0,004	0,005	0,0012	0,004	0,003	0,001	0,005	0,01				0,01	0,05		0,00
COBRE TOTAL	mg/L	0,02	0,01	0,01	0,005	0,02	0,005	0,01	0,01	0,02	0,01	0,016	0,02				0,01	0,5	2	0,01
CINC TOTAL	mg/L	0,65	0,18	0,01	0,03	0,03	0,028	0,07	0,03	0,01	0,001	0,22	0,004				0,11	25	6	0,19
HIERRO TOTAL	mg/L	0,05	0,22	0,01	0,07	0,08	0,44	0,2	0,07	0,2	0,04	0,14	0,1				0,14	1	5	0,12
MANGANESO TOTAL	mg/L	0,17	0,005	0,005	0,013	0,005	0,005	0,002	0,0035	0,0026	0,006	0,0012	0,003				0,02	0,5		0,05
PLATA TOTAL	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0001	0,0001				0,0007	0,05		0,00
PLOMO TOTAL	mg/L	0,4	0,005	0,024	0,033	0,055	0,005	0,05	0,01	0,08	0,01	0,06	0,008				0,06	0,1	1	0,11

* Valor en cualquier momento

TABLA Nº21 ESTACION Nº 08 RIO LLOCLLA DESPUES DESCARGA RELAVES

PARAMETROS	UNIDADES	MONITOREO DE AGUAS												PROM	LMPs		D.S.
		1997													CLASE III	ANEXO 2*	
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC				
TEMPERATURA	°C	12,4	13	9,7	12,3	10	12	10	9	8	11	10	12	10,78			1,56
pH		8,5	7,8	8,24	8,45	8,2	8,3	8,2	7,98	7,9	8,1	8,4	7,9	8,16	5_9	5.5_10.5	0,23
Eh	mV	13,9	14	12,5	14,2	13,9	15	12	14	15	13	16	12	13,79			1,24
C.E.	unhos/cm	348	385	357	557	612	593	456	498	369	401	396	478	454,17			93,52
O.D.	mg/L	4,2	6,8	7,2	4,5	7,3	7,5	5,4	6,5	4,9	5,7	5,9	6,3	6,02	3		1,11
S.T.	mg/L	277	155	402	491	340	389	536	458	423	548	520	410	412,42			114,46
S.T.D.	mg/L	248	125	350	475	306	256	321	347	289	301	256	310	298,67			81,58
S.T.S.	mg/L	29	31	52	16	34	20	215	111	134	247	264	100	104,42	100		91,80
TURBIEDAD	UNF	17	15	12,36	10	10,2	14,7	21	25	23	14	15	12	15,77			4,88
CAUDAL	L/seg	1650	2150	2475	1973	985	965	711	856	1016	1490	676	867	1317,83			612,29
ALCALINIDAD	mg/L	123	53,6	117	114	312	297	154	196	135	158	168	154	165,13			74,02
ACIDEZ	mg/L	1	2	4	5	3	4	6	4	5	8	4	3	4,08			1,83
CIANURO TOTAL	mg/L	1	0,9	0,8	0,5	0,7	1	0,9	0,5	0,8	1	0,5	0,6	0,77	1	2	0,20
SULFATO	mg/L	6,42	6,45	6,72	3,8	61,7	45	12	8	21	15	19	8	17,76	400		17,81
NITRATO	mg/L	3,06	0,67	1,12	0,89	0,96	0,45	0,12	0,56	0,36	0,24	0,15	0,14	0,73	0,1 como N		0,81
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,2	1	0,00
CADMIO TOTAL	mg/L	0,01	0,017	0,011	0,02	0,002	0,005	0,014	0,02	0,012	0,015	0,014	0,012	0,01	0,05		0,01
COBRE TOTAL	mg/L	0,2	0,14	0,26	0,08	0,29	0,32	0,34	0,068	0,43	1,12	0,104	0,373	0,31	0,5	2	0,28
CINCO TOTAL	mg/L	1,45	0,53	1,01	0,06	0,33	0,54	0,13	0,12	0,77	0,23	0,78	0,21	0,51	2,5	6	0,42
HIERRO TOTAL	mg/L	0,04	1,15	1,85	0,44	2,28	0,16	0,26	0,25	0,75	0,6	0,51	0,41	0,73	1	5	0,70
MANGANESO TOTAL	mg/L	0,63	0,1	0,41	0,005	0,005	0,005	0,02	0,012	0,03	0,34	0,12	0,08	0,15	0,5		0,20
PLATA TOTAL	mg/L	0,001	0,007	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,05		0,00
PLONIO TOTAL	mg/L	1,4	0,22	0,379	0,036	0,054	0,022	0,07	0,06	0,29	0,13	0,36	0,108	0,26	0,1	1	0,38
HIIDROCARBURO TOTAL	mg/L	0,7	0,8	0,45	0,23	0,4	1	1,5	1,2	0,54	0,24	0,32	0,12	0,63			0,43

* Valor en cualquier momento

TABLA N°22: ESTACION N° 09 RIO HUALLAGA. ANTES DESCARGA. AGUA MINA NIVEL -450

PARAMETROS	UNIDADES	MONITOREO DE AGUAS												PROMI	LMP*		D.S.
		1997													CLASE III	ANEXO 2*	
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC				
TEMPERATURA	°C	12	12	14	10	10,5	11	9	8	11	10	12	9	10,71			1,66
pH		8,5	8,6	8,9	9,1	8,1	8,6	8,2	7,9	7,8	7,6	8,1	8,2	8,30	5_9	5,5_10,5	0,45
Eh	mV	14	12,3	13	14,8	15	16	9	12	10	11	13	11	12,59			2,13
C.E.	umbos/cm	348	359	407	502	512	563	356	456	410	456	356	487	434,33			72,37
O.D.	mg/L	4,54	5,2	5,5	5,5	5,5	6	5,89	5,6	6,1	6,45	6,3	5,9	5,71	3		0,52
S.T.	mg/L	166	247	484	435	350	452	536	489	356	456	348	431	395,83			107,28
S.T.D.	mg/L	152	216	404	411	244	356	345	369	289	358	256	345	312,08			80,25
S.T.S.	mg/L	14	31	80,6	24	94	48	191	120	67	98	92	86	78,80	100		48,33
TURBIEDAD	UNF	8,5	9	10	7,9	8,4	9,4	6,3	9,8	7,9	6,5	8,9	6,5	8,26			1,28
CAUDAL	L/seg	9800	9799	9989	6999	6950	7410	5320	4570	6952	6600	7900	7700	7499			1705
ALCALINIDAD	mg/L	133	115	124	156	350	360	312	185	145	230	265	211	215,50			88,26
ACIDEZ	mg/L	14	12	13	11	10	9	12	10,5	14	12	13	9	11,63			1,75
SULFATO	mg/L	1,78	6,4	31,4	2,8	3,6	5,3	3,6	6,4	3,5	5,9	9	6	7,14	400		7,89
NITRATO	mg/L	0,52	0,32	0,45	0,65	0,12	0,1	0,12	0,023	0,14	0,145	0,17	0,13	0,24	0,1 como N		0,20
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,2	1	0,00
CADMIO TOTAL	mg/L	0,013	0,013	0,012	0,028	0,005	0,09	0,013	0,011	0,02	0,013	0,014	0,023	0,02	0,05		0,02
COBRE TOTAL	mg/L	0,05	0,07	0,09	0,09	0,07	0,05	0,12	0,14	0,1	0,36	0,46	0,104	0,14	0,5	2	0,13
CINCO TOTAL	mg/L	3,02	2,25	0,35	0,07	0,41	0,8	0,01	0,05	0,16	0,17	0,66	0,218	0,51	2,5	6	0,83
HIERRO TOTAL	mg/L	0,03	1,4	0,42	1,9	0,11	0,7	0,23	0,11	0,29	0,53	0,43	0,46	0,55	1	5	0,56
MANGANESO TOTAL	mg/L	0,005	0,18	0,005	0,005	0,04	0,005	0,005	0,004	0,003	0,002	0,001	0,003	0,02	0,5		0,05
PLATA TOTAL	mg/L	0,01	0,003	0,001	0,001	0,003	0,003	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,05		0,00
PLOMO TOTAL	mg/L	0,28	0,09	0,14	0,074	0,121	0,04	0,1	0,03	0,12	0,15	0,3	0,157	0,13	0,1	1	0,08
HIIDROCARBURO TOTAL	mg/L	4,5	3,12	2,12	1,89	2,5	3,5	3,14	1,2	0,56	0,5	0,68	0,56	2,02			1,35

* Valor en cualquier momento

TABLA N° 23: ESTACION N° 10 RIO HUALLAGA DESPUES DESCARGA AGUA DE MINA NIVEL -450

PARAMETROS	UNIDADES	MONITOREO DE AGUAS												PROM.	LMPs CLASE III	ANEXO 2*	D.S.
		1997															
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC				
TEMPERATURA	°C	16,4	11	12,9	10,4	15	11	12	10	9	11	10	12	11,73			2,15
pH		8,72	7,2	8,9	9,1	6,5	8,5	7,8	7,9	7,5	8	8,1	8,2	8,04	5_9	5.5_10.5	0,74
Eh	mV	19,3	14	12	15	23	24	23	28	30	25	30	25	22,36			6,08
C.E.	umbros/cm	350	329	425	519	486	410	521	545	459	423	489	564	460			74,54
O.D.	mg/L	5,6	9,9	7,2	5,7	8,1	7	6,8	7,8	6,5	7,4	6,9	7,4	7,19	3		1,13
S.T.	mg/L	256	325	204	295	451	479	430	359	502	478	396	547	394			106,53
S.T.D.	mg/L	276	157	231	423	262	325	321	256	489	345	289	458	319			97,10
S.T.S.	mg/L	47,45	64,23	28	50	49	56	109	103	13	133	107	89	70,72		100	36,80
TURBIEDAD	UNF	11,8	15	23	16	18	19	20	21	24	19	26	22	19,57			4,02
CAUDAL	L/seg	9850	9750	9010	8900	7850	7700	6450	6450	6150	7350	7150	7010	7802			1290,11
ALCALINIDAD	mg/L	128	80	303	360	125	280	145	102	149	89	120	135	168			92,30
ACIDEZ	mg/L	1	2	0,5	3	4	2	1	3	4,8	4	3	1	2,44			1,41
SULFATO	mg/L	1,81	5,86	3,07	4,47	73,4	48,6	32	25	13	24	12	30	22,77	400		21,39
NITRATO	mg/L	2,01	1,2	0,9	0,7	1,8	2	0,8	0,5	0,3	0,1	0,2		0,96	0,1 como N		0,71
CIANURO TOTAL	mg/L	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,5	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	1	2	0,16
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,001	0,001	0,5	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,04	0,2	1	0,14
CADMIO TOTAL	mg/L	<0,005	0,018	0,006	0,01	0,005	0,008	0,008	0,005	0,006	0,008	0,007	0,008	0,01	0,05		0,00
COBRE TOTAL	mg/L	<0,005	0,11	0,07	0,07	0,09	0,07	0,12	0,06	0,05	0,03	0,08	0,09	0,08	0,5	2	0,03
CINCO TOTAL	mg/L	0,33	0,57	0,4	0,11	0,09	0,33	0,23	0,085	0,13	0,12	0,25	0,08	0,23	25	6	0,16
HIERRO TOTAL	mg/L	0,02	2,55	0,55	1,52	0,16	0,17	0,19	0,14	1,2	1,4	1,8	1,3	0,92	1	5	0,82
MANGANESO TOTAL	mg/L	0,17	0,18	<0,005	0,19	0,02	<0,005	0,2	0,03	0,008	0,03	0,04	0,08	0,09	0,5		0,08
PLATA TOTAL	mg/L	0,01	0,01	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0036	0,05		0,00
PLOMO TOTAL	mg/L	0,35	0,51	0,123	0,177	0,192	0,099	0,14	0,12	0,13	0,08	0,13	0,11	0,18	0,1	1	0,13
HIIDROCARBURO TOTAL	mg/L	1	0,9	1,2	0,8	0,75	1,2	1,5	1,6	1,8	1,5	1,2	0,9	1,20			0,34

* Valor en cualquier momento

TABLA Nº24: ESTACION Nº 11 RIO PARIAMARCA

PARAMETROS	UNIDADES	MONITOREO DE AGUAS												PROM.	LMPs CLASE III	ANEXO 2*	D.S.
		1997															
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC				
TEMPERATURA	°C	11	12	13,3	10,4	12	11,5	12	10	11	12	10	13	11,52			1,07
pH		8,5	8,1	7,8	9,5	8,9	8,3	7,8	8,1	8,2	7,9	8,4	7,5	8,25	5	9	0,54
Eh	mV	14	13	18	15	19	16	21	19	20	18	16	17	17,18			2,44
C.E.	umbres/cm	456	345	397	507	456	432	502	531	509	458	478	469	461,67			52,05
O.D.	mg/L	6,7	6,9	7,7	7,2	5	6,2	6,7	7,2	7,4	7,9	7,4	7,7	7,00	3		0,80
S.T.	mg/L	498	520	443	450	512	489	456	407	398	359	423	472	452,25			49,21
S.T.D.	mg/L	403	168	207	369	345	250	189	245	278	235	298	296	273,58			72,41
S.T.S.	mg/L	95	352	237	81	167	239	267	162	120	124	125	176	178,00	100		
TURBIEDAD	UNF	16	20	32	39	56	42	29	32	45	39	40	43	36,08			11,02
CAUDAL	L/seg	3692	2345	1234	1400	1567	1890	1750	1236	1540	1236	1500	1600	1749,17			689,18
ALCALINIDAD	mg/L	51,4	259,1	245	239	159	186	145	123	98	86	101	123	151,29			67,83
ACIDEZ	mg/L	2	8	7	3	6	9	2	3	4	5	8	9	5,50			2,68
SULFATO	mg/L	22	35	15	16	45	28	16	18	20	14	12	22	21,92	400		9,72
NITRATO	mg/L	0,1	0,14	0,15	0,13	0,8	0,9	0,1	0,12	0,25	0,4	0,1	0,2	0,28	0,1 como N		0,28
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,2	1	0,00
CADMIO TOTAL	mg/L	0,017	0,014	0,04	0,009	<0,005	0,005	0,005	0,005	0,008	0,006	0,007	0,003	0,01	0,05		0,01
COBRE TOTAL	mg/L	0,01	0,01	0,005	0,02	0,005	0,005	0,02	0,03	0,025	0,01	0,022	0,003	0,01	0,5	2	0,01
CINCO TOTAL	mg/L	0,06	0,08	0,15	0,03	0,12	0,25	0,14	0,23	0,3	0,45	0,12	0,16	0,17	25	6	0,12
HIERRO TOTAL	mg/L	0,59	0,18	0,33	0,25	0,12	0,19	0,6	0,72	0,15	0,45	0,22	0,3	0,34	1	5	0,20
MANGANESO TOTAL	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,008	0,004	0,005	0,006	0,009	0,01	0,5		0,00
PLATA TOTAL	mg/L	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,05		0,00
PLOMO TOTAL	mg/L	0,08	0,015	0,012	0,002	0,058	0,038	0,063	0,014	0,002	0,058	0,038	0,06	0,04	0,1	1	0,03

* Valor en cualquier momento

TABLA Nº25: ESTACION Nº12 AGUAS ABAJO DESCARGA RELAVES MINA SAN MIGUEL

PARAMETROS	UNIDADES	MONITOREO DE AGUAS												PROM	LAMPs CLASE III	ANEXO 2*	D.S.				
		1997																			
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC								
TEMPERATURA	°C	13,5	12	13,8	11,2	11	14	10	12	11	10	10	10	9	10	11,46			1,64		
pH		8,47	8,2	8,4	8,98	8,1	8,3	7,8	8,1	8,2	7,9	8,4	7,5	8,4	7,5	8,20	5	9	5,5	10,5	0,37
Eh	mV	14,76	12	15	19	15	16	21	19	20	18	16	17	16	17	16,90					2,59
C.E.	unhos/cm	336	456	964	522	544	432	502	531	509	458	478	469	478	469	516,75					151,38
O.D.	mg/L	4,2	4,9	4,7	4,8	4,9	6,2	6,7	7,2	7,4	7,9	7,4	7,7	7,4	7,7	7,70	3				1,38
S.T.	mg/L	754	596	1003	446	587	489	456	407	398	359	423	472	423	472	532,50					183,96
S.T.D.	mg/L	728	255,76	950	359	413	250	189	245	278	235	298	296	298	296	374,73					229,52
S.T.S.	mg/L	14	298	45	35	59	239	267	162	120	124	125	176	125	176	138,67	100				93,43
TURBIEDAD	UNF	12	10	9	5	11	42	29	32	45	39	40	43	40	43	26,42					15,73
CAUDAL	L/seg	3272	3100	2000	2595	2850	2960	1890	1789	1800	2250	2359	2456	2359	2456	2443,42					518,97
ALCALINIDAD	mg/L	138	126	145	235	189	186	145	123	98	86	101	123	101	123	141,25					43,22
ACIDEZ	mg/L	1	5	9	2	4	9	2	3	4	5	8	9	8	9	5,08					2,97
SULFATO	mg/L	15,91	14	13	11	158,6	28	16	18	20	14	12	22	12	22	28,54	400				41,24
NITRATO	mg/L	3,1	2	0,9	1,4	0,89	0,9	0,1	0,12	0,25	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2	0,86	0,1 como N				0,92
CIANURO TOTAL	mg/L	0,1	0,2	0,1	0,25	0,1	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,06	1				0,09
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005	0,005	0,005	0,002	0,006	0,007	0,003	0,007	0,003	0,003	0,2				0,002
CADMIO TOTAL	mg/L	0,02	0,01	0,025	0,02	0,01	0,005	0,02	0,03	0,025	0,01	0,022	0,003	0,022	0,003	0,02	0,05				0,01
COBRE TOTAL	mg/L	0,3	0,25	0,22	0,29	0,34	0,25	0,14	0,23	0,3	0,45	0,12	0,16	0,12	0,16	0,25	0,5				0,09
CTNC TOTAL	mg/L	1,28	1,25	1,96	0,15	0,41	0,19	0,6	0,72	0,15	0,45	0,22	0,3	0,45	0,22	0,64	25				0,57
HIERRO TOTAL	mg/L	0,06	0,01	0,023	2,38	1,48	0,005	0,005	0,008	0,004	0,005	0,006	0,009	0,006	0,009	0,33	1				0,77
MANGANESO TOTAL	mg/L	0,005	0,0023	0,003	0,36	0,07	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,04	0,5				0,10
PLATA TOTAL	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,01	0,011	0,038	0,001	0,014	0,002	0,002	0,001	0,06	0,001	0,06	0,01	0,05				0,02
PLOMO TOTAL	mg/L	3,32	2,59	0,3	0,175	1,66	0,29	0,23	0,12	0,25	0,3	0,45	0,8	0,3	0,45	0,87	0,1				1,07
HIIDROCARBURO TOTAL	mg/L	1	0,089	0,52	0,37	1,5	1	0,95	0,35	0,14	0,25	0,39	0,4	0,39	0,58						0,43

* Valor en cualquier momento

TABLA N°26: ESTACION N° 13 DESCARGA TOTAL AL RIO LLOCLLA

PARAMETROS	UNIDADES	MONITOREO DE AGUAS												PROM.	LMPs		D.S.	
		1997													CLASE III	ANEXO 2*		
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC					
TEMPERATURA	°C	12,4	12,5	13	10,8	11	14	10	12	11	10	10	9	10	11,31			1,48
pH		8,45	8,2	8,71	9,15	8,6	8,3	7,8	8,1	8,2	7,9	8,4	8,4	7,5	8,28	5 9	5.5 10.5	0,44
Eh	mV	12	15	13	24	12	16	21	19	20	18	16	17	16,92			3,70	
C.E.	unhos/cm	359	402	490	456	412	432	502	531	509	458	478	469	458,17			49,68	
O.D.	mg/L	4	4,6	4,4	6	5,5	6,2	6,7	7,2	7,4	7,9	7,4	7,7	6,25	3		1,36	
S.T.	mg/L	352	456	476,8	420	560	489	456	407	398	359	423	472	439,07			58,41	
S.T.D.	mg/L	324	239	213,1	408	401	250	189	245	278	235	298	296	281,35			68,82	
S.T.S.	mg/L	20	215	256	10	150	239	267	162	120	124	125	176	155,33	100			
TURBIEDAD	UNF	14	12	11	19	12	42	29	32	45	39	40	43	28,17			13,72	
CAUDAL	l/seg	9600	9258	9640	7300	6589	6500	5890	5880	5200	7300	6800	6450	7201			1507,96	
ALCALINIDAD	mg/L	19	22	25	18	16	19	25	30	28	32	33	35	25,17			6,45	
ACIDEZ	mg/L	1	2	4	5	3	2,5	3,1	3,9	5,6	6,2	3,8	2,9	3,58			1,50	
SULFATO	mg/L	6,42	5,32	4,59	6,9	8,45	9,46	10,5	12	14	16	20	22	11,30	400		5,69	
NITRATO	mg/L	3,17	2,89	2,78	3,45	1,48	1,67	1,36	1,25	1,8	2,1	1,4	1,9	2,10	0,1 como N		0,77	
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,2	1	0,00
CADMIO TOTAL	mg/L	0,01	0,006	0,008	0,01	0,005	0,001	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,009	0,05		0,00	
COBRE TOTAL	mg/L	0,1	0,07	0,1	0,11	0,09	0,075	0,11	0,2	0,14	0,25	0,1	0,2	0,13	0,5	2	0,06	
CINCO TOTAL	mg/L	0,5	0,23	0,26	0,11	1,42	0,25	0,45	0,23	0,11	0,29	0,32	0,25	0,37	25	6	0,35	
HIERRO TOTAL	mg/L	0,02	1,07	0,6	1,55	4,8	2,58	0,2	0,35	0,24	0,53	0,45	0,28	1,06	1	5	1,38	
MANGANESE TOTAL	mg/L	0,44	0,12	0,005	0,19	0,03	0,025	0,23	0,4	0,25	0,36	0,12	0,18	0,20	0,5		0,15	
PLATA TOTAL	mg/L	0,01	0,01	0,003	0,001	0,008	0,006	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004	0,05		0,00	
PLOMO TOTAL	mg/L	0,4	0,098	0,112	0,189	0,125	0,23	0,15	0,11	0,23	0,15	0,29	0,13	0,18	0,1	1	0,09	
HIIDROCARBURO TOTAL	mg/L	0,7	0,26	0,56	0,45	0,12	0,89	0,45	0,13	0,15	0,8	0,45	0,14	0,43			0,27	

* Valor en cualquier momento

TABLA N°27: ESTACION N°14-AGUA RESIDUAL PLANTA METALURGICA

PARAMETROS	UNIDADES	MONITOREO DE AGUAS												PROM	CLASE III	LNIPs ANEXO 2*	D.S.	
		1997																
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC					
TEMPERATURA	°C	13,2	12,5	14,3	14,1	12	12,3	12	12,5	13	12	10	11	12,41			1,20	
pH		11,6	11,8	11,7	10	12	10	11,6	11,8	11,7	10	12	11	11,27	5	9	5,5	10,5
Eh	mV	13,96	26,5	19	24	13	15	13,96	26,5	19	24	13	15	18,58			5,35	
C.E.	umbos/cm	768	804	853	655	752	625	768	804	853	655	752	625	742,83			83,33	
O.D.	mg/L	4,1	4,5	5	4,98	5,1	5,2	4,1	4,5	5	4,98	5,1	5,2	4,81	3		0,40	
S.T.	mg/L	736	892	1025	1012	978	886	736	892	1025	1012	978	886	921,50			103,25	
S.T.D.	mg/L	452	560	842	590	524	530	452	560	842	590	524	530	583,00			128,71	
S.T.S.	mg/L	284	332	181	420	452	356	284	332	181	420	452	356	337,50		100	93,07	
TURBIEDAD	UNF	265,3	300	356	289	326	456	265,3	300	356	289	326	456	332,05			65,10	
CAUDAL	L/seg	389	330	320	315	296	330	389	330	320	315	296	330	330,00			30,04	
ALCALINIDAD	mg/L	38	24,3	474	256	125	247	38	24,3	474	256	125	247	194,05			161,22	
ACIDEZ	mg/L	1	1,5	2,1	1,89	1,45	2,1	1	1,5	2,1	1,89	1,45	2,1	1,67			0,41	
SULFATO	mg/L	55,84	45	124	47,57	418	345	56	40	154	39	404	320	170,70	400		154,47	
CIANURO LIBRE	mg/L	2,07	41,21	16,4	4,12	6,89	3,56	2,07	41,21	16,4	4,12	6,89	3,56	12,38		0,1	14,33	
CIANURO TOTAL	mg/L	5,3	221,44	193,3	32,5	7,9	5,69	5,3	221,4	193,3	32,5	7,9	5,69	77,69	1	2	96,64	
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,2	1	0,00	
CADMIO TOTAL	mg/L	0,13	0,116	0,091	2,936	1,56	0,28	0,13	0,116	0,091	2,936	1,56	0,28	0,85	0,05		1,11	
COBRE TOTAL	mg/L	2,1	5,67	2,2	69,66	7,44	8,2	2,1	5,67	2,2	69,66	7,44	8,2	15,88	0,5	2	25,24	
CINC TOTAL	mg/L	3,37	2,03	3,72	65,62	5,6	1,2	3,37	2,03	3,72	65,62	5,6	1,2	13,59	25	6	24,35	
HIERRO TOTAL	mg/L	0,27	83,63	132,3	2739	0,4	0,12	0,27	83,63	132,3	2739	0,4	0,12	492,59	1	5	1050,51	
MANGANESO TOTAL	mg/L	40,31	24,53	3,54	58,68	0,24	0,98	40,31	24,53	3,54	58,68	0,24	0,98	21,38	0,5		23,12	
PLATA TOTAL	mg/L	0,01		0,048	0,54	0,101	0,201	0,01	0,025	0,048	0,54	0,101	0,201	0,17	0,05		0,20	
PLONIO TOTAL	mg/L	46,05	15,7	13,04	193,1	12,5	22,06	46,05	15,7	13,04	193,1	12,5	22,06	50,40	0,1	1	67,70	
HIIDROCARBURO TOTAL	mg/L	1	2,79	1,45	2,48	1,5	5,25	3	2,79	1,45	2,48	2	4,6	2,57			1,28	

* Valor en cualquier momento

TABLA N° 28: ESTACION N° 15 AGUA RESIDUAL PURGAS FILTRACIONES, PLANTA METALURGICA

PARAMETROS	UNIDADES	MONITOREO DE AGUAS												PROM	LMPs CLASE III	ANEXO 2*	D.S.	
		1997																
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC					
TEMPERATURA	°C	9,4	10,2	11,5	10	11	9	10	11	10,5	11	9	10	10,22			0,82	
pH		9,5	10	12,1	8	9	9,5	10	9,8	8,9	9,2	10	10,5	9,71	5	9	10,5	1,00
Eh	mV	14	13	14	21	22	25	19	17	18	19	16	23	18,42			3,82	
C.E.	unhos/cm	701	573	313	450	489	369	502	389	452	475	520	534	480,58			101,25	
S.T.	mg/L	3596	6323	1298	1589	1897	1698	1789	1359	1459	1520	2560	2478	2297,17			1428,92	
S.T.D.	mg/L	1790	4193	520	890	1007	1200	1245	905	897	945	1500	1200	1357,67			950,57	
S.T.S.	mg/L	1800	2130	990	699	890	498	544	454	562	575	1060	1278	956,67		100	540,08	
SULFATO	mg/L	300	345	425	308	412	325	378	345	478	304	412	356	365,67			56,11	
CAUDAL	L/seg	12,4	12,89	11,6	10	12	12,8	13,5	10,5	11	12,4	10,2	10,8	11,67			1,16	
ALCALINIDAD	mg/L	100	145	123	178	201	156	175	201	203	245	209	215	179,25			41,75	
CADMIO TOTAL	mg/L	0,137	0,125	0,189	0,11	0,13	0,12	0,09	0,11	0,13	0,14	0,11	0,09	0,12	0,05		0,03	
COBRE TOTAL	mg/L	5,46	6,47	4,89	3,5	4,2	3,5	1,9	1,5	2,1	2,3	2,4	1,8	3,34	0,5	2	1,62	
CINCO TOTAL	mg/L	1,5	2,14	1,8	2,1	2	2,89	3,1	1,8	2,4	1,2	1,5	1,9	2,03	25	6	0,56	
HIERRO TOTAL	mg/L	4,5	5,9	7,8	3,2	3,1	3,9	4,5	4	4,2	5,1	3,9	3,7	4,48	1	5	1,30	
MANGANESO TOTAL	mg/L	0,99	1,46	1,2	1,7	1,38	1,25	1,94	1,87	1,56	1,8	1,4	1,23	1,48	0,5		0,3	
PLATA TOTAL	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001		0,0	
HIIDROCARBURO TOTAL	mg/L	5,9	12,62	9,5	7,5	6,9	8,4	9	5,6	5,4	6,1	7,2	9,5	7,80	0,1	1	2,11	

* Valor en cualquier momento

TABLA N°29: ESTACION N° 16 AGUA RESIDUAL DOMESTICA

PARAMETROS	UNIDADES	MONITOREO DE AGUAS												PROM.	LMP* CLASE III	D.S.
		1997														
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC			
TEMPERATURA	°C	10	10,5	11	10	9	8	10	11	10	9	10	9	9,79		0,89
S.T.	mg/L	1200	1100	1250	1230	1100	1000	1100	1200	1250	1300	1200	1250	1181,67		87,58
S.T.D.	mg/L	850	800	900	890	850	800	850	900	950	900	850	870	867,50		43,51
S.F.	mg/L	525	500	600	630	750	680	690	750	790	800	749	689	679,42	0	98,43
S.V.	mg/L	325	300	300	260	100	120	160	150	160	100	101	181	188,08		85,16
S.T.S.	mg/L	350	300	350	340	250	200	250	300	300	400	350	380	314,17		58,85
S.F.	mg/L	75	100	150	110	50	50	105	102	122	142	50	70	93,83	0	34,96
S.V.	mg/L	275	200	200	230	200	150	145	198	178	258	300	310	220,33		54,81
SOLIDOS SEDIMENTABLES	ml/l.	20	22	20	21	23	25	22	20	23	21	20	22	21,58		1,56
D.B.O. 5 días, 20°C	mg/L	400	380	310	390	325	345	400	398	356	378	395	310	365,58	15	35,14
COT	mg/L	290	250	245	260	248	278	256	269	258	265	278	298	266,25		16,84
DOO	mg/L	1000	984	900	1000	956	978	963	945	879	958	897	845	942,08		50,32
NITROGENO TOTAL COMO N	mg/L	85	86	89	78	79	45	56	89	74	75	76	72	75,33		13,17
NITROGENO ORGANICO COMO N	mg/L	35	32	20	28	30	29	37	40	34	34	58	24	33,42		9,51
NITROGENO AMONIA CAL COMO N	mg/L	50	55	45	46	47	52	58	59	63	54	62	60	54,25		6,30
P. ORGANICO	mg/L	5	5	3	4	3	5	6	7	7	5	6	5	5,08		1,31
P. INORGANICO	mg/L	10	11	12	10	13	14	12	10	14	10	12	10	11,50		1,57
FOSFORO TOTAL COMO P	mg/L	15	13	10	12	15	14	13	10	11	12	13	14	12,67		1,72
CLORUROS	mg/L	100	98	95	94	97	85	78	96	92	89	94	96	92,83		6,18
ALCALINIDAD	mg/L	200	185	198	178	158	196	132	178	168	178	164	159	174,50		19,73
ACEBITES Y GRASAS	mg/L	150	149	154	123	127	154	128	179	125	178	125	122	142,83	0,5	20,93
CALCIO	mg/L	110	95	56	78	85	56	75	84	56	58	96	65	76,17		18,37
MAGNESIO	mg/L	10	15	13	19	21	12	13	15	18	16	12	14	14,83	1,5	3,21
SODIO	mg/L	100	95	98	96	73	75	70	68	56	85	89	56	80,08		15,90
CAUDAL	L/seg	23	19,9	22	25	24	22	20	23	20	19	18	20	21,33		2,15

TABLA Nº 30: ESTACION Nº 17 AGUA ACIDA

PARAMETROS	UNIDADES	MONITOREO DE AGUAS												PROM.	CLASE III	LMP ⁸ ANEXO 2*	D.S.	
		1997																
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC					
TEMPERATURA	°C	10	12	7,5	5,6	9	10	11	11	10	10	11	12	9,93			1,85	
pH		2,3	2	2,95	2,9	2,6	2,6	2,3	2	2,95	3	2,6	2,5	2,56	5	9	10,5	0,35
C.E.	umbos/cm	2560	2365	2340	3200	3542	2589	2789	2365	2560	3223	3542	2963	2836,50				447,27
O.D.	mg/L	5,9	6	6,9	6,2	6,47	5,8	5,9	6	6,9	6,2	6,47	5,8	6,21	3			0,39
S.T.	mg/L	3019	1887	2440	3058	1008	1146	3019	1862	2384	2667	1109	1143	2061,83				809,58
S.T.D.	mg/L	1789	1742	2300	2960	906,6	1023	1789	1742	2300	2569	906,6	1023	1754,18				689,04
S.T.S.	mg/L	1230	145	140	98	102	123	1230	120	84	98	203	120	307,75		100		431,88
TURBIEDAD	UNF	11,88	21	19	14	12	15	10	14	20	23	18	21	16,57				4,29
CAUDAL	L/seg	1	1,5	1	0,9	1,5	1,3	1	1,5	1	0,9	1,5	1,3	1,20				0,26
ACIDEZ	mg/L	159	145	174	126	158	196	201	235	124	134	125	186	163,58				35,55
SULFATO	mg/L	389	404	192	200,4	1085	938	389	404	192,4	200,4	1085	938	534,80	400			365,00
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,005	0,03	0,01	0,003	0,005	0,02	0,005	0,03	0,04	0,01	0,025	0,045	0,02	0,2	1		0,02
CADMIO TOTAL	mg/L	1,23	1,25	1,56	0,665	0,56	0,405	1,23	0,45	0,23	0,665	0,78	0,405	0,79	0,05			0,43
COBRE TOTAL	mg/L	2,91	1,2	0,61	4,72	0,69	1,23	2,91	1,05	1,9	4,72	0,69	1,12	1,98	0,5	2		1,50
CINCO TOTAL	mg/L	2,43	0,17	15,6	1,23	2,89	3,1	2,43	0,17	15,61	12,3	14,5	10,5	6,75	25	6		6,36
HIERRO TOTAL	mg/L	57,54	0,2	190	0,32	0,36	1,2	57,54	0,2	190,2	0,32	0,23	1,45	41,65	1	5		72,72
MANGANESO TOTAL	mg/L	9,39	1	12,3	1,56	1,25	2,3	9,39	1	12,31	1,56	3,1	2,56	4,81	0,5			4,59
PLATA TOTAL	mg/L	0,001	0,005	0,01	0,01	0,002	0,005	0,001	0,005	0,007	0,01	0,23	0,005	0,02	0,05			0,06
PLOMO TOTAL	mg/L	0,469	1,864	1	1,25	2	0,659	0,469	1,864	1,002	0,96	0,58	0,659	1,06	0,1	1		0,56

* Valor en cualquier momento

6.8.2 Monitoreo de Aire

a) Emisiones Gaseosas:

**TABLA N°31
CHIMENEA N°01**

Parámetros	Símbolo	Unidad	Lectura prom.
Oxígeno	O2	%	20.8
Monóxido de Carbono	CO	ppm	8
Monóxido de Nitrógeno	NO	ppm	0
Dióxido de Nitrógeno	NO2	ppm	0
Oxidos de Nitrógeno	NOx	ppm	0
Dióxido de Azufre	SO2	ppm	1
Temperatura de humos	TG	°C	14.7
Temperatura ambiente	TA	°C	17
Caudal gases	Q	Kg/hr	30

**TABLA N°32
CHIMENEA N°02**

Parámetros	Símbolo	Unidad	Lectura prom.
Oxígeno	O2	%	20.8
Monóxido de Carbono	CO	ppm	9
Monóxido de Nitrógeno	NO	ppm	1
Dióxido de Nitrógeno	NO2	ppm	0
Oxidos de Nitrógeno	NOx	ppm	1
Dióxido de Azufre	SO2	ppm	0
Temperatura de humos	TG	°C	12.3
Temperatura ambiente	TA	°C	14.7
Caudal gases	Q	Kg/hr	28

**TABLA N° 33
CHIMENEAS N°4- 5**

Parámetros	Símbolo	Unidad	Lectura prom.
Oxígeno	O2	%	21
Monóxido de Carbono	CO	ppm	0
Monóxido de Nitrógeno	NO	ppm	1
Dióxido de Nitrógeno	NO2	ppm	0
Oxidos de Nitrógeno	NOx	ppm	1
Dióxido de Azufre	SO2	ppm	7
Temperatura de humos	TG	°C	13.5
Temperatura ambiente	TA	°C	14.9
Caudal gases	Q	Kg/hr	28

**TABLA N° 34
CHIMENEAS C.T.**

Parámetros	Símbolo	Unidad	CHI	CH2
Oxígeno	O2	%	21	20
Monóxido de Carbono	CO	ppm	450	369
Monóxido de Nitrógeno	NO	ppm	101	120
Dióxido de Nitrógeno	NO2	ppm	0	0
Oxidos de Nitrógeno	Nox	ppm	101	120
Dióxido de Azufre	SO2	ppm	17	32
Temperatura de humos	TG	°C	38	40
Temperatura ambiente	TA	°C	14.9	14.5
Caudal gases	Q	Kg/hr	40	40

b) Partículas Sedimentables

**TABLA N° 34- A
RESULTADOS DE ANALISIS PARTICULAS SEDIMENTABLES**

Estaciones	E-1	E-2	E-3
Concentraciones	4	3.5	4.5
LMPs	5 mg/m2 mes	5 mg/m2 mes	5 mg/m2 mes

c) Calidad de Aire

TABLA N° 36

ESTACION A LOCAL IPSS

N° Muestra	Fecha	CONCENTRACION											
		SO2		NO2		CO		PTS	Pb	Zn			
ug/m3	ppm	ug/m3	ppm	ug/m3	ppm	ug/m3	ppm				ug/m3	ug/m3	ug/m3
1	01/29/97	181,71	0,075	16,28	0,0096	2500	2	50,97	0,363	0,24			
2	02/28/97	284,16	0,105	74,69	0,039	2000	1,6	48,25	0,324	0,12			
3	03/26/97	266,2	0,106	68,2	0,0361	1500	1,2	41,2	0,201	0,08			
4	04/29/97	28,44	0,011	36,75	0,0205	1875	1,5	90,8	0,27	0,15			
5	05/30/97	48,43	0,019	70,65	0,037	1625	1,3	40	0,18	0,14			
6	06/28/97	28,25	0,011	6,97	0,00369	1000	0,8	17,58	0,258	0,28			
7	07/30/97	7,98	0,003	26,29	0,0139	1200	0,96	23,1	0,301	0,21			
8	08/25/97	8,811	0,0033	42,377	0,022	1000	0,8	18,54	0,618	0,45			
9	09/26/97	6,314	0,0023	30,56	0,015	1000	0,8	34,12	0,456	0,36			
10	10/30/97	10,83	0,0042	45,29	0,022	1100	0,88	15,63	0,568	0,28			
11	11/29/97	15,96	0,006	15,69	0,0076	1650	1,32	21,57	0,153	0,14			
12	12/28/97	9,639	0,0036	10,683	0,0049	2178	4	116,9	0,829	0,97			
Niveles Max		300	0,12	200	0,106	16000	12	120	3				
Permisibles		**	**	***	***	***	**	**	**	**			

TABLA N° 36: ESTACION B ENTRADA PRINCIPAL

N° Muestra	Fecha	CONCENTRACION											
		SO2		N02		CO		PTS	Pb	Zn			
		ug/m3	ppm	ug/m3	ppm	ug/m3	ppm						
1	01/29/97	257,25	0,1029	18,97	0,0101	6250	5	132,61	2,1	1,5			
2	02/28/97	250,79	0,1	22,79	0,0121	3375	2,7	102,2	2,4	1,9			
3	03/26/97	249,2	0,0996	16,2	0,0085	2750	2,2	90,2	1,9	2			
4	04/29/97	30,75	0,0123	28,47	0,0151	1625	1,3	9	0,101	0,5			
5	05/30/97	38,46	0,0153	32,83	0,0173	1500	1,2	27,58	0,17	0,21			
6	06/28/97	15,44	0,006	44,31	0,0234	1000	0,8	19,2	0,285	0,35			
7	07/30/97	15,49	0,0061	19,26	0,0102	900	0,72	20,32	0,151	0,15			
8	08/25/97	12,128	0,0047	46,47	0,0246	1000	0,8	31,26	0,923	0,96			
9	09/26/97	7,57	0,0029	34,283	0,018	1200	0,96	19,183	0,356	0,32			
10	10/30/97	17,53	0,0067	31,58	0,016	1750	1,4	15,46	0,02	0,04			
11	11/29/97	21,02	0,008	25,14	0,012	1560	1,248	21,23	0,147	0,12			
12	12/28/97	8,205	0,0031	11,098	0,0056	6250	5	566,3	2,56	0,85			
Niveles Max		300	0,12	200	0,106	15000	12	120	3				
Permisibles		**	**	***	***	***	***	**	**	**			

TABLA Nº37
ESTACION C ALOJAMIENTO STAFF

Nº Muestra	Fecha	CONCENTRACION											
		SO2		NO2		CO		PTS	Pb	Zn			
		ug/m3	ppm	ug/m3	ppm	ug/m3	ppm						
1	01/29/97	4,43	0,0017	27	0,0143	1875	1,5	26	0,4	0,2			
2	02/28/97	1,3	0,0005	15	0,0079	1250	1	19	0,5	0,32			
3	03/26/97	3,98	0,0015	12	0,0063	2250	1,8	20	0,2	0,12			
4	04/29/97	2,23	0,0008	21	0,0111	2500	2	32	0,1	0,15			
5	05/30/97	3,14	0,0012	32	0,0169	1750	1,4	12	0,25	0,2			
6	06/28/97	5,12	0,002	20	0,0106	1250	1	21	0,13	0,36			
7	07/30/97	2,95	0,0011	18	0,0095	1250	1	13	0,1	0,45			
8	08/25/97	3,48	0,0013	13	0,0068	1500	1,2	28	0,32	0,23			
9	09/26/97	2,53	0,0010	19	0,0100	2500	2	32	0,12	0,25			
10	10/30/97	4,56	0,0018	22	0,0116	2625	2,1	17	0,15	0,45			
11	11/29/97	2,69	0,0011	31	0,0164	2375	1,9	30	0,28	0,29			
12	12/28/97	3,12	0,0012	20	0,0106	1875	1,5	29	0,5	0,23			
Niveles Max		300	0,12	200	0,106	15000	12	120	3				
Permisibles		**	**	***	***	***	***	**	**				

TABLA Nº38
PUNTO BLANCO

Nº Muestra	Fecha	CONCENTRACION											
		SO2		NO2		CO		PTS	Pb	Zn			
		ug/m3	ppm	ug/m3	ppm	ug/m3	ppm						
1	01/29/97	2,2	0,0008	10	0,0052	1000	0,8	13	0,2	0,15			
2	06/28/97	1,28	0,0005	5	0,0026	500	0,4	8	0,5	0,1			
Niveles Max		300	0,12	200	0,106	15000	12	120	3				
Permisibles		**	**	***	***	***	***	**	**				

TABLA N°39: RESULTADO DE ANALISIS DE SUELOS

PARAMETROS	UNIDADES	CALICATAS											
		CAL I			CAL II			CAL III					
		1H	2H	3H	1H	2H	3H	1H	2H	3H	1H	2H	
pH		7,6	7,2	7,5	7,3	7,3	7,1	7,5	7,3	7,1	7,5	7,2	7,2
C.E.	uS/cm	2430	2620	1710	2660	2680	2860	1280	3510				
Análisis Mecánico:													
Arena	%	92	80	74	82	78	80	76	76	76	76	76	76
Limo	%	8	18	22	18	22	20	20	20	20	20	20	20
Arcilla	%	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Textura		arena	arena franca	suelo orgánico									
CaCO3	%	50,45	38,55	20,94	27013	14,66	10,09	29,03	30,46	30,46	30,46	30,46	30,46
M.O.	%	1,04	2,19	0,46	3,06	2,34	2,62	2,77	4,07	4,07	4,07	4,07	4,07
Fosforo	ppm	4,8	9,2	4,8	5,7	5,7	4,8	7,5	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7
K2O	K/ha	248	238	169	158	152	142	133	267	267	267	267	267
C.I.C.	me/100g	7	10,6	9	9,6	13,6	12	7,6	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4
Calcio	me/100g	6,65	10,23	8,51	9,26	12,9	11,36	7,15	19,23	19,23	19,23	19,23	19,23
Magnesio	me/100g	0,16	0,24	0,34	0,21	0,48	0,49	0,29	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
Potasio	me/100g	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,06	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Sodio	me/100g	0,12	0,06	0,08	0,07	0,08	0,1	0,1	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Metales Totales:													
Plomo	ppm	4045	6740	4365	10870	9675	7800	8100	9880	9880	9880	9880	9880
Cadmio	ppm	35	47	50	149	118	100	148	90	90	90	90	90
Cinc	ppm	10	20	24	16	17	15	19	20	20	20	20	20
Peso Seco	%	89,1	91,9	79	83,9	82,5	80,3	78	74	74	74	74	74
Aceites y Grasas	mg/Kg P.S.	605	1636	1450	2421	986	896	985	897	897	897	897	897
Hidrocarburos Totales	mg/Kg P.S.	35	141	101	72	45	100	78	120	120	120	120	120

TABLA N° 40: PROMEDIOS DE PARAMETROS EN CADA ESTACION

PARAMETROS	UNID.	ESTACIONES																		LMPa		
		E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	E-15	E-16	E-17	CLASE I	CLASE III	ANEXO 2**	
		PROM	PROM	PROM	PROM	PROM	PROM	PROM	PROM	PROM	PROM	PROM	PROM	PROM	PROM	PROM	PROM	PROM	PROM			
TEMPERATURA	°C	10,27	10,3	10,4	9,53	10,93	10,75	10,92	10,78	10,71	11,73	11,5	11,46	11,31	12,41	10,22	9,79	9,9				
pH		7,74	7,38	7,55	7,99	8,01	8,3	7,94	8,16	8,3	8,04	8,25	8,2	8,28	11,47	9,71		2,5	5-9		5,5-10,5	
Eh	mV			13,4	12,9	20,95	14,13	17,63	13,7	12,59	22,36	17,18	16,9	16,92	18,58	18,42						
C.E.	umhos/cm	384,4	287	961,3	771	1102	539,9	299,67	454,1	434,3	460	461,6	516,7	458,1	742,8	480,5		2836				
O.D.	mg/L			5,15	6,35	6,31	6,3	7,55	6,02	5,71	7,19	7	7,7	6,25	4,81			6,21	3,00	3		
S.T.	mg/L			1087	701	2224	431	291	412,4	395,8	393,5	452,2	532,5	439	921,5	2297	1181	2061				
S.T.D.	mg/L	384	256	861,3	551	810,9	265,1	210,8	298,6	312	319,3	273,5	374,7	281,3	583	1357	867	1754				
S.T.S.	mg/L			245,8	179	1379	157,5	92,42	104,4	78,8	70,72	178	138,6	155,3	337,5	956	314				50	
TURBIDIDAD	UNF			148,9	89,6	671	18,3	23,9	15,7	8,26	19,5	36,08	26,42	28,17	332,1			16,6				
CAUDAL	L/seg			25	4,48	25,5	83,7	530,7	703,08	1318	7500	1749	2443	7200	330	11,67	21,3	1,20				
ALCALINIDAD	mg/L			148	171,8	138	134,1	152,5	263,9	165,1	215,5	168	151,2	141,3	194	179,2	174,5					
ACIDEZ	mg/L			17,53	26,9	9,08	4,73	3,8	4,08	11,63	2,44	5,5	5,08	3,58	1,67			163,5				
CLORURO	mg/L	23,25															92,8					
SULFATO	mg/L	70,92	13,5	146,4	88,3	350,1	5,5	28,9	17,76	7,14	22,77	21,9	28,54	11,3	170,7	365		534,8				
NITRATO	mg/L	0,32		0,5	1,27	3,49	0,17	0,58	0,73	0,24	0,96	0,28	0,86	2,1				0,01 como N	0,01 como N	400	0,1 como N	
CIANURO LIBRE	mg/L														12,38							
CIANURO TOTAL	mg/L										0,06		0,06		77,69							
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,001		0,05	0,01	0,07	0,002	0,002	0,001	0,001	0,04	0,001	0,001	0,001	0,001			0,02	0,10	0,2	1,00	
CADMIO TOTAL	mg/L	0,001		0,04	0,01	0,12	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,009	0,85	0,12		0,79	0,01	0,05	0,50	
COBRE TOTAL	mg/L	0,002		0,15	0,91	0,27	0,92	0,01	0,31	0,14	0,08	0,01	0,25	0,13	15,88	3,34		1,98	1,00	0,5	1,00	
CINCO TOTAL	mg/L	0,004		4,15	5,19	1,34	2,2	0,11	0,51	0,51	0,23	0,17	0,64	0,37	13,59	2,03		6,75	5,00	25	3,00	
HIERRO TOTAL	mg/L	0,003		1,72	19,5	1,54	0,59	0,14	0,73	0,55	0,92	0,34	0,33	1,06	492,5	4,48		41,65	0,30	1	2,00	
MANGANESO TOTAL	mg/L	0,002		0,45	0,64	0,24	0,22	0,02	0,15	0,02	0,09	0,01	0,04	0,2	21,38	1,48		4,81	0,10	0,5		
PLATA TOTAL	mg/L			0,01	0,04	0,02	0,004	0,007	0,002	0,002	0,004	0,001	0,01	0,004	0,17	0,001		0,02	0,05	0,05		
PLOMO TOTAL	mg/L	0,003		0,34	3,37	0,47	0,85	0,06	0,26	0,13	0,18	0,04	0,87	0,18	50,4	7,8		1,06	0,05	0,1	0,50	
HIIDROCARBURO TOTAL	mg/L			0,81	1,06	1,1	0,96		0,63	2,02	1,2		0,58	0,43	2,57							

**Valor promedio anual

TABLA N°41: RED DE MUESTREO

PARAMETROS	UNIDADES	ESTACION 6 PROM	ESTACION 7 PROM	ESTACION 8 PROM
TEMPERATURA	°C	10,75	10,92	10,78
pH		8,18	7,94	8,16
Eh	mV	14,13	17,63	13,79
C.E.	umhos/cm	539,92	299,67	454,17
O.D.	mg/L	6,34	7,55	6,02
S.T.	mg/L	431,00	291,00	412,42
S.T.D.	mg/L	265,17	210,83	298,67
S.T.S.	mg/L	157,50	92,42	104,42
TURBIEDAD	UNF	18,33	23,92	15,77
CAUDAL	L/seg	530,75	703,08	1317,83
ALCALINIDAD	mg/L	152,50	263,92	165,13
ACIDEZ	mg/L	4,73	3,83	4,08
SULFATO	mg/L	5,50	28,96	17,76
NITRATO	mg/L	0,17	0,58	0,73
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,002	0,002	0,001
CADMIO TOTAL	mg/L	0,01	0,01	0,01
COBRE TOTAL	mg/L	0,92	0,01	0,31
CINCO TOTAL	mg/L	2,20	0,11	0,51
HIERRO TOTAL	mg/L	0,59	0,14	0,73
MANGANESO TOTAL	mg/L	0,22	0,02	0,15
PLATA TOTAL	mg/L	0,004	0,0007	0,002
PLOMO TOTAL	mg/L	0,85	0,06	0,26

TABLA N°42: RED DE MUESTREO

PARAMETROS	UNIDADES	ESTACION 6 PROM	ESTACION 9 PROM	ESTACION 10 PROM
TEMPERATURA	°C	10,93	10,71	11,73
pH		8,01	8,30	8,04
Eh		20,95	12,59	22,36
C.E.	umhos/cm	1101,69	434,33	460
O.D.	mg/L	6,31	5,71	7,19
S.T.	mg/L	2223,00	395,00	393,50
S.T.D.	mg/L	810,00	312,00	319,33
S.T.S.	mg/L	1379,00	78,80	70,72
TURBIEDAD	UNF	671,00	8,26	19,57
CAUDAL	L/seg	83,70	7501,00	7800
ALCALINIDAD	mg/L	134,00	215,00	168,00
ACIDEZ	mg/L	9,08	11,63	2,44
SULFATO	mg/L	350,00	7,14	22,77
CIANURO TOTAL	mg/L			0,060
NITRATO	mg/L	3,49	0,24	0,96
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,07	0,001	0,040
CADMIO TOTAL	mg/L	0,12	0,02	0,01
COBRE TOTAL	mg/L	0,27	0,14	0,08
CINCO TOTAL	mg/L	1,34	0,51	0,23
HIERRO TOTAL	mg/L	1,54	0,55	0,92
MANGANESO TOTAL	mg/L	0,24	0,02	0,09
PLATA TOTAL	mg/L	0,020	0,002	0,004
PLOMO TOTAL	mg/L	0,47	0,13	0,18

TABLA N°43: RED DE MUESTREO

PARAMETROS	UNIDADES	ESTACION 13 PROM	ESTACION 11 PROM	ESTACION 9 PROM
TEMPERATURA	°C	11,31	11,52	10,71
pH		8,28	8,25	8,30
Eh	mV	16,92	17,18	12,59
C.E.	umhos/cm	458,17	461,67	434,33
O.D.	mg/L	6,25	7,00	5,71
S.T.	mg/L	439,07	452,25	395,83
S.T.D.	mg/L	281,35	273,58	312,08
S.T.S.	mg/L	155,33	178,00	78,80
TURBIEDAD	UNF	28,17	36,08	8,26
CAUDAL	L/seg	7201	1749,17	7501,28
ALCALINIDAD	mg/L	25,17	151,29	215,50
ACIDEZ	mg/L	3,58	5,50	11,63
SULFATO	mg/L	11,30	21,92	7,14
NITRATO	mg/L	2,10	0,28	0,24
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,001	0,001	0,001
CADMIO TOTAL	mg/L	0,009	0,01	0,02
COBRE TOTAL	mg/L	0,13	0,01	0,14
CINC TOTAL	mg/L	0,37	0,17	0,51
HIERRO TOTAL	mg/L	1,06	0,34	0,55
MANGANESO TOTAL	mg/L	0,20	0,01	0,02
PLATA TOTAL	mg/L	0,004	0,001	0,002
PLOMIO TOTAL	mg/L	0,18	0,04	0,13

TABLA N°44: RED DE MUESTREO

PARAMETROS	UNIDADES	ESTACION 8 PROM	ESTACION 12 PROM	HIDROEL. PROM	ESTACION 13 PROM
TEMPERATURA	°C	10,78	11,46	10,5	11,31
pH		8,16	8,20		8,28
Eh	mV	13,79	16,90		16,92
C.E.	umhos/cm	454,17	516,75		458,17
O.D.	mg/L	6,02	7,70		6,25
S.T.	mg/L	412,42	532,50		439,07
S.T.D.	mg/L	298,67	374,73		281,35
S.T.S.	mg/L	104,42	138,67		155,33
TURBIEDAD	UNF	15,77	26,42		28,17
CAUDAL	L/seg	1317,83	2443,42	3000	7200
ALCALINIDAD	mg/L	165,13	141,25		25,17
ACIDEZ	mg/L	4,08	5,08		3,58
SULFATO	mg/L	17,76	28,54		11,30
NITRATO	mg/L	0,73	0,86		2,10
CIANURO TOTAL	mg/L	0,77	0,06		
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,001	0,001		0,001
CADMIO TOTAL	mg/L	0,01	0,020		0,009
COBRE TOTAL	mg/L	0,31	0,25		0,13
CINC TOTAL	mg/L	0,51	0,64		0,37
HIERRO TOTAL	mg/L	0,73	0,33		1,06
MANGANESO TOTAL	mg/L	0,15	0,04		0,20
PLATA TOTAL	mg/L	0,002	0,01		0,004
PLOMIO TOTAL	mg/L	0,26	0,87		0,18

TABLA N° 45: PROM - MIN - MAX

PARAMETROS	UNIDADES	ESTACION 1			ESTACION 2			ESTACION 7			ESTACION 9		
		PROM	MIN	MAX	PROM	MIN	MAX	PROM	MIN	MAX	PROM	MIN	MAX
TEMPERATURA	°C	10,27	9	11,50	10,25	9	12,00	10,92	9	14,00	10,71	8	14,0
pH		7,74	7,3	8,10	7,38	6,9	7,90	7,94	7,2	9,00	8,30	7,6	9,1
EH	mV							17,63	12,3	35,00	12,59	9	16,0
C.E.	umhos/cm	384,4	321	456,0	287,0	236	356,0	299,6	231	444,0	434,3	348	563,0
O.D.	mg/L							7,55	7	8,0	5,7	4,54	6,45
S.T.	mg/L							291,0	220	376,0	395,8	166	536
S.T.D.	mg/L	384,0	320	456	256,0	211	298,0	210,8	124	362,0	312,1	152	411
S.T.S.	mg/L							92,4	8	184,0	78,8	14	191
TURBIEDAD	UNF							23,9	8	45,0	8,3	6,3	10
CAUDAL	L/seg	15,00	15	15	25	25	25	703,1	103	1600,0	7500,0	4570	9989
ALCALINIDAD	mg/L	134,0	102	163	147,8	54	198	263,9	78	385,0	215,5	115	360
ACIDEZ	mg/L							3,80	2	7,0	11,6	9	14
SULFATO	mg/L	70,92	63	78	13,5	10	18	28,90	6,5	56,0	7,14	1,78	31
NITRATO	mg/L	0,32	0,12	0,450				0,58	0,05	2,1	0,24	0,023	0,650
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,001	0,001	0,001				0,00	0,001	0,01	0,001	0,001	0,00
CADMIO TOTAL	mg/L	0,001	0,001	0,001				0,01	0,001	0,01	0,02	0,005	0,09
COBRE TOTAL	mg/L	0,002	0,001	0,004				0,01	0,005	0,02	0,14	0,05	0,46
CINC TOTAL	mg/L	0,004	0,001	0,007				0,11	0,001	0,65	0,51	0,01	3,02
HIERRO TOTAL	mg/L	0,003	0,001	0,004				0,14	0,01	0,44	0,55	0,03	1,90
MANGANESO TOTAL	mg/L	0,002	0,001	0,004				0,02	0,001	0,17	0,02	0,001	0,18
PLATA TOTAL	mg/L							0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,01
PLOMO TOTAL	mg/L	0,003	0,001	0,01				0,06	0,005	0,40	0,13	0,03	0,30
HIDROCARBURO TOTAL	mg/L										2,57	0,5	4,50

TABLA N° 46: PROM - MIN - MAX

PARAMETROS	UNIDADES	ESTACION 5			ESTACION 9			ESTACION 10		
		PROM	MIN	MAX	PROM	MIN	MAX	PROM	MIN	MAX
TEMPERATURA	°C	10,93	9	12,5	10,71	8	14	11,7	9	16,4
pH		8,01	7,1	8,3	8,30	7,6	9,1	8,0	6,5	9,1
Th	mV	20,95	14	33,6	12,59	9	16,0	22,4	12	30,0
C.E.	umbos/cm	1101,60	856,3	1545,0	434,33	348	563,0	460,0	329	564,0
O.D.	mg/L	6,31	5,3	7,2	5,71	4,54	6,5	7,2	5,6	9,9
S.T.	mg/L	2223,90	856	6073,0	395,83	166	536,0	393,5	204	547,0
S.T.D.	mg/L	810,90	125	1456,0	312,00	152	411,0	319,3	157	489,0
S.T.S.	mg/L	1379,00	292	5016,0	78,80	14	191,0	70,7	13	133,0
TURBIEDAD	UNF	671,00	5	1090,0	8,26	6,3	10,0	19,6	11,8	26,0
CAUDAL	L/seg	83,70	10	120,5	7501	4570	9989,0	7800,0	6150	9850,0
ALCALINIDAD	mg/L	134,17	89	200,0	215,5	115	360,0	168,0	80	360,0
ACIDEZ	mg/L	9,08	3	15,0	11,6	9	14,0	2,4	0,5	4,8
SULFATO	mg/L	350,10	230	457,0	7,14	1,78	31,4	22,8	1,81	73,4
CIANURO TOTAL	mg/L									
NITRATO	mg/L	3,49	0,96	8,400	0,24	0,023	0,65	0,96	0,1	2,01
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,07	0,002	0,23	0,001	0,001	0,001	0,04	0,001	0,50
CADMIO TOTAL	mg/L	0,12	0,014	0,25	0,02	0,005	0,09	0,010	0,005	0,02
COBRE TOTAL	mg/L	0,27	0,08	0,81	0,14	0,05	0,46	0,08	0,03	0,12
CINCO TOTAL	mg/L	1,34	0,56	4,40	0,51	0,01	3,02	0,23	0,08	0,57
HIERRO TOTAL	mg/L	1,54	0,07	6,32	0,55	0,03	1,9	0,92	0,02	2,55
MANGANESO TOTAL	mg/L	0,24	0,012	0,84	0,02	0,001	0,18	0,09	0,008	0,20

TABLA N°47: PROM - MIN - MAX

PARAMETROS	UNIDADES	ESTACION 6			ESTACION 7			ESTACION 8		
		PROM	MIN	MAX	PROM	MIN	MAX	PROM	MIN	MAX
TEMPERATURA	°C	10,75	8	15,3	10,92	9	13,9	10,78	8	13,0
pH		8,18	7,6	9,1	7,94	7,2	9	8,16	7,8	8,5
Eh	mV	14,13	12,9	16,0	17,63	13	35,00	13,70	12	16,0
C.E.	umhos/cm	539,92	356	689,0	299,67	231	444,00	454,10	348	612,0
O.D.	mg/L	6,34	4,6	7,4	7,55	7	8,10	6,02	4,2	7,5
S.T.	mg/L	431,00	296	589,0	291,00	220	376,00	412,40	155	548,0
S.T.D.	mg/L	265,17	156	468,0	210,80	124	362,000	298,60	125	475,0
S.T.S.	mg/L	157,50	45	347,0	92,42	8	184,000	104,40	16	264,0
TURBIEDAD	UNF	18,33	11	25,0	23,92	8	45,000	15,70	10	25,0
CAUDAL	L/seg	530,83	354	943,0	703,08	103	1600	1317,80	676	2475,0
ALCALINIDAD	mg/L	152,50	102	195,0	263,92	78	385	165,10	53,6	312,0
ACIDEZ	mg/L	4,73	2	8,0	3,83	2	7	4,08	1	8,0
SULFATO	mg/L	5,50	1,8	10,0	28,96	6,5	56	17,70	3,8	61,7
NITRATO	mg/L	0,17	0,1	0,270	0,58	0,05	2,1	0,71	0,12	3,06
ARSENICO TOTAL	mg/L	0,002	0,001	0,005	0,002	0,001	0,005	0,001	0,001	0,001
CADMIO TOTAL	mg/L	0,01	0,003	0,02	0,01	0,0012	0,013	0,01	0,002	0,02
COBRE TOTAL	mg/L	0,92	0,13	2,68	0,01	0,005	0,02	0,31	0,068	1,12
CINC TOTAL	mg/L	2,20	0,19	20,40	0,11	0,001	0,65	0,51	0,06	1,45
HIERRO TOTAL	mg/L	0,59	0,03	2,03	0,14	0,01	0,44	0,73	0,04	2,28
MANGANESO TOTAL	mg/L	0,22	0,12	0,36	0,02	0,0012	0,17	0,15	0,005	0,63
PLATA TOTAL	mg/L	0,004	0,001	0,01	0,0007	0,0001	0,001	0,002	0,001	0,007
PLOMO TOTAL	mg/L	0,85	0,09	2,00	0,06	0,005	0,4	0,26	0,022	1,40
HIDROCARBURO TOTAL	mg/L	0,96	0,23	1,80				0,63	0,12	1,50

TABLA N° 48: ESTACION A LOCAL IPSS
PROM-MIN-MAX

N° Muestra	Fecha	CONCENTRACION										PTS ug/m3
		SO2		NO2		CO						
		ug/m3	ppm	ug/m3	ppm	ug/m3	ppm	ug/m3	ppm	ug/m3	ppm	
1	01/29/97	181,71	0,075	18,28	0,0096	2500		2		50,97		
2	02/28/97	264,16	0,105	74,69	0,039	2000		1,6		48,25		
3	03/26/97	266,2	0,106	68,2	0,0361	1500		1,2		41,2		
4	04/29/97	28,44	0,011	38,75	0,0205	1875		1,5		90,8		
5	05/30/97	48,43	0,019	70,65	0,037	1625		1,3		40		
6	06/28/97	28,25	0,011	6,97	0,00369	1000		0,8		17,58		
7	07/30/97	7,98	0,003	26,29	0,0139	1200		0,96		23,1		
8	08/25/97	8,811	0,0033	42,377	0,022	1000		0,8		18,54		
9	09/26/97	6,314	0,0023	30,56	0,015	1000		0,8		34,12		
10	10/30/97	10,83	0,0042	45,29	0,022	1100		0,88		15,63		
11	11/29/97	15,96	0,006	15,69	0,0076	1650		1,32		21,57		
12	12/28/97	9,639	0,0036	10,683	0,0049	2178		4		116,9		
PROM		73,060	0,029	37,369	0,019	1552,3		1,43		43,222		
MIN		6,314	0,0023	6,97	0,00369	1000		0,8		15,63		
MAX		266,2	0,106	74,69	0,039	2500		4		116,9		
Niveles Max Permisibles		300 **	0,12 **	200 ***	0,106 ***	15000 ***		12		120		

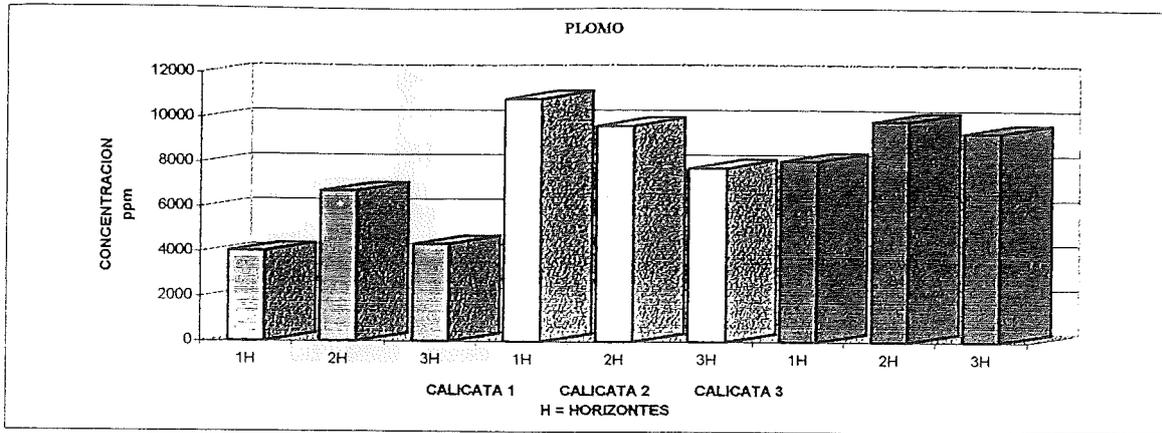
TABLA N°49: ESTACION B ENTRADA PRINCIPAL
PROM-MIN-MAX

N° Muestra	Fecha	CONCENTRACION											
		SO2		NO2		CO		PTS	Pb	Zn			
		ug/m3	ppm	ug/m3	ppm	ug/m3	ppm						
1	01/29/97	257,25	0,1029	18,97	0,0101	6250	5	132,61	2,1	1,5			
2	02/28/97	250,79	0,1	22,79	0,0121	3375	2,7	102,2	2,4	1,9			
3	03/26/97	249,2	0,0996	16,2	0,0085	2750	2,2	90,2	1,9	2			
4	04/29/97	30,75	0,0123	28,47	0,0151	1625	1,3	9	0,101	0,5			
5	05/30/97	38,46	0,0153	32,83	0,0173	1500	1,2	27,58	0,17	0,21			
6	06/28/97	15,44	0,006	44,31	0,0234	1000	0,8	19,2	0,285	0,35			
7	07/30/97	15,49	0,0061	19,26	0,0102	900	0,72	20,32	0,151	0,15			
8	08/25/97	12,128	0,0047	46,47	0,0246	1000	0,8	31,26	0,923	0,96			
9	09/26/97	7,57	0,0029	34,283	0,018	1200	0,96	19,2	0,356	0,32			
10	10/30/97	17,53	0,0067	31,58	0,016	1750	1,4	15,46	0,02	0,04			
11	11/29/97	21,02	0,008	25,14	0,012	1560	1,248	21,23	0,147	0,12			
12	12/28/97	8,2	0,003	11,1	0,006	6250	5	566,3	2,56	0,85			
PROM		77,0	0,031	28	0,014	2430	1,9	87,9	0,926	0,742			
MIN		7,57	0,0029	11,098	0,0056	900	0,72	9	0,02	0,04			
MAX		257,25	0,1029	46,47	0,0246	6250	5	566,3	2,56	2			
Niveles Max		300	0,12	200	0,106	15000	12	120	3				
Permisibles		**	**	***	***	***	***	**	**	**			

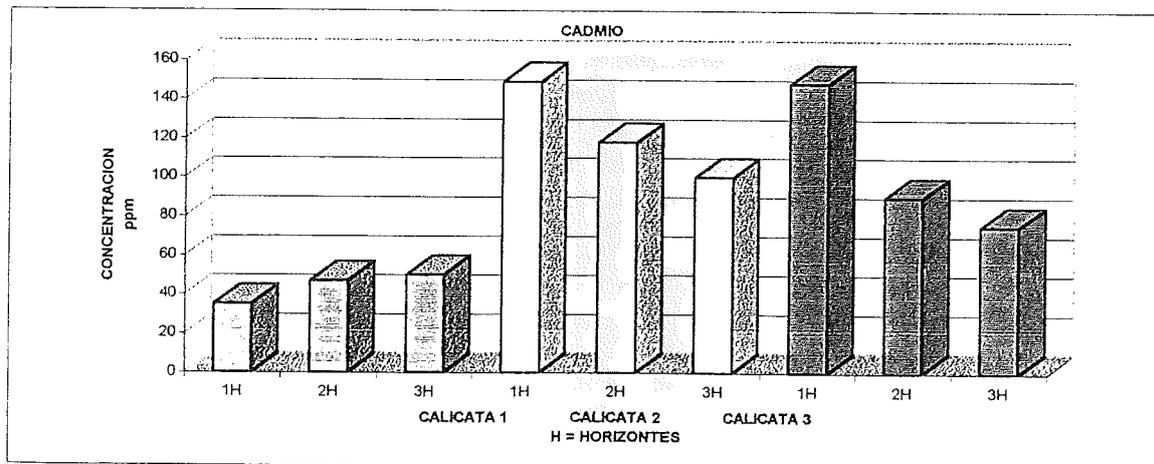
TABLA N° 50: ESTACION C ALOJAMIENTO STAFF
PROM-MIN-MAX

N° Muestra	Fecha	CONCENTRACION											
		SO2		NO2		CO		PTS	Pb	Zn			
		ug/m3	ppm	ug/m3	ppm	ug/m3	ppm						
1	01/29/97	4,43	0,0017	27	0,0143	1875	1,5	26	0,4	0,2			
2	02/28/97	1,3	0,0005	15	0,0079	1250	1	19	0,5	0,32			
3	03/26/97	3,98	0,0015	12	0,0063	2250	1,8	20	0,2	0,12			
4	04/29/97	2,23	0,0008	21	0,0111	2500	2	32	0,1	0,15			
5	05/30/97	3,14	0,0012	32	0,0169	1750	1,4	12	0,25	0,2			
6	06/28/97	5,12	0,002	20	0,0106	1250	1	21	0,13	0,36			
7	07/30/97	2,95	0,0011	18	0,0095	1250	1	13	0,1	0,45			
8	08/25/97	3,48	0,0013	13	0,0068	1500	1,2	28	0,32	0,23			
9	09/26/97	2,53	0,0010	19	0,0100	2500	2	32	0,12	0,25			
10	10/30/97	4,56	0,0018	22	0,0116	2625	2,1	17	0,15	0,45			
11	11/29/97	2,69	0,0011	31	0,0164	2375	1,9	30	0,28	0,29			
12	12/28/97	3,12	0,0012	20	0,0106	1875	1,5	29	0,5	0,23			
PROM		3,3	0,001	20,8	0,011	1917	1,5	23,3	0,254	0,271			
MIN		1,3	0,0005	12	0,0063	1250	1	12	0,1	0,12			
MAX		5,12	0,002	32	0,0169	2625	2,1	32	0,5	0,45			
Niveles Max		300	0,12	200	0,106	15000	12	120	3				
Permisibles		**	**	***	***	***	***	**	**	**			

FIGURA N°08: GRAFICOS DE CONCENTRACION DE PLOMO Y CADMIO EN SUELOS

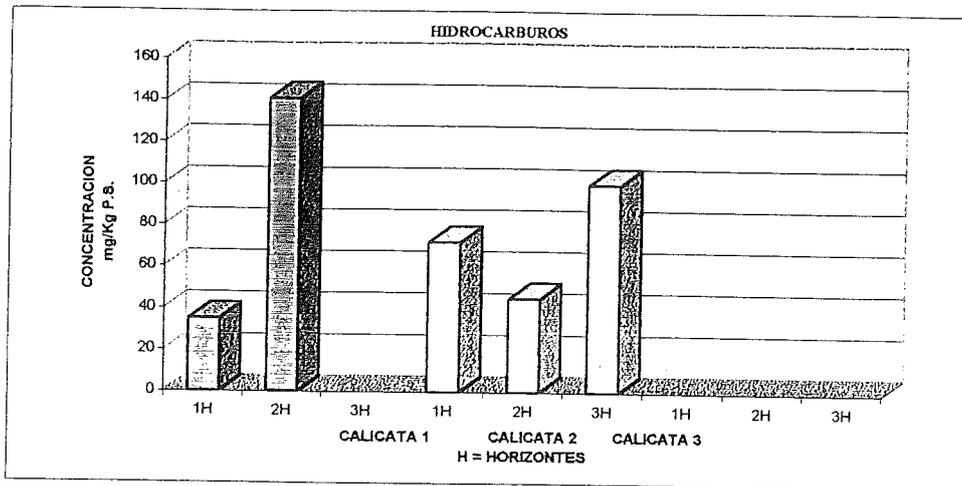


	Calicata 1			Calicata 2			Calicata 3		
Horizontes	1H	2H	3H	1H	2H	3H	1H	2H	3H
Conc. ppm	4045	6740	4365	10870	9675	7800	8100	9880	9375

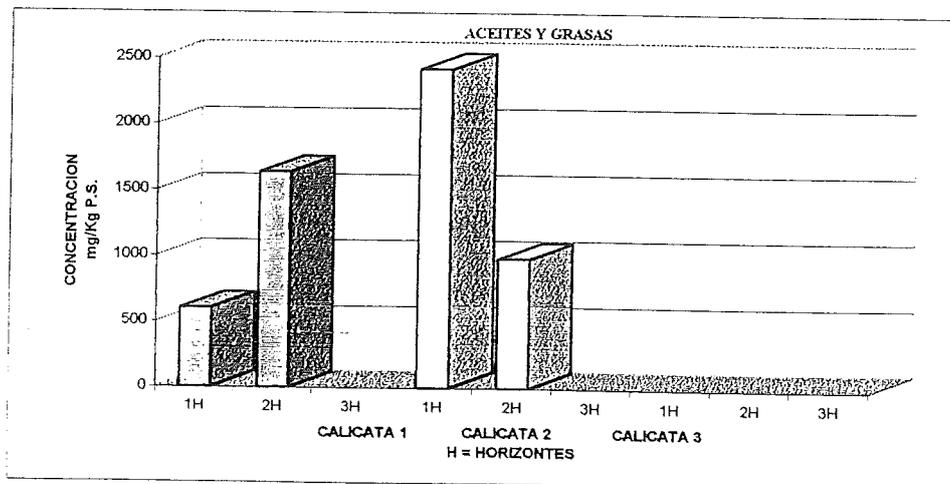


	Calicata 1			Calicata 2			Calicata 3		
Horizontes	1H	2H	3H	1H	2H	3H	1H	2H	3H
Conc. ppm	35	47	50	149	118	100	148	90	75

TABLA N°09: GRAFICOS DE CONCENTRACION DE HIDROCARBUOS, ACEITES Y GRASAS



	Calicata 1			Calicata 2			Calicata 3		
Horizontes -	1H	2H	3H	1H	2H	3H	1H	2H	3H
Conc. ppm	605	1636		2421	986				



	Calicata 1			Calicata 2			Calicata 3		
Horizontes	1H	2H	3H	1H	2H	3H	1H	2H	3H
Conc. ppm	35	141		72	45	100			

6.10 Evaluación y Discusión de Datos Experimentales

a) Monitoreo de Aguas:

Los metales que se encuentran en mayor concentración son el plomo, cadmio, tanto en la Estación N° 05 y 06. Se considera que sobrepasa los LMPs en algunos casos y otros metales se encuentran en menor grado de contaminación. También existe presencia de cianuro libre y total como remanente de reactivo de flotación para deprimir la pirita en el mineral. En las Figuras N° 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 se observa las variaciones de las concentraciones de metales tales como arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, plata, plomo a lo largo del tiempo.

b) Monitoreo de Aire:

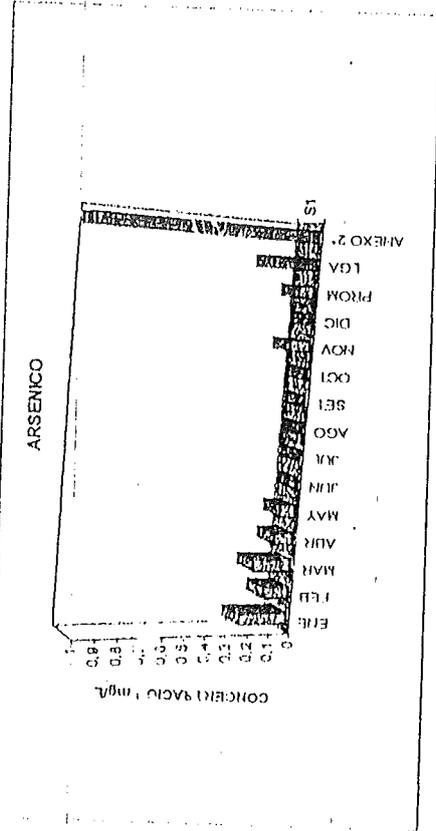
La calidad de aire se encuentra controlada por el sistema de ventilación que se dispone, las partículas totales suspendidas se encuentran por debajo de los LMPs así como los gases CO, NO_x, SO₂.

c) Monitoreo de Suelos:

La calidad de suelo se encuentra afectada por el mal manejo de los residuos peligrosos y no peligrosos se tiene el caso de presencia de aceites y grasas, hidrocarburos, metales tóxicos en las diferentes capas del suelo.

FIGURA N° 10: VARIACION CONCENTRACION DE ARSENICO Y CADMIO VS TIEMPO ESTACION N°5

PARAMETRO	ENIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	LGA	ANEXO 2
ARSENICO TOTAL	mg/L	0.23	0.12	0.18	0.09	0.07	0.01	0.0045	0.01	0.002	0.01	0.09	0.01	0.07	0.2	1



PARAMETRO	ENIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	LGA	ANEXO 2
CADMIO TOTAL	mg/L	0.03	0.11	0.01	0.12	0.19	0.25	0.14	0.02	0.12	0.11	0.23	0.12	0.12	0.05	

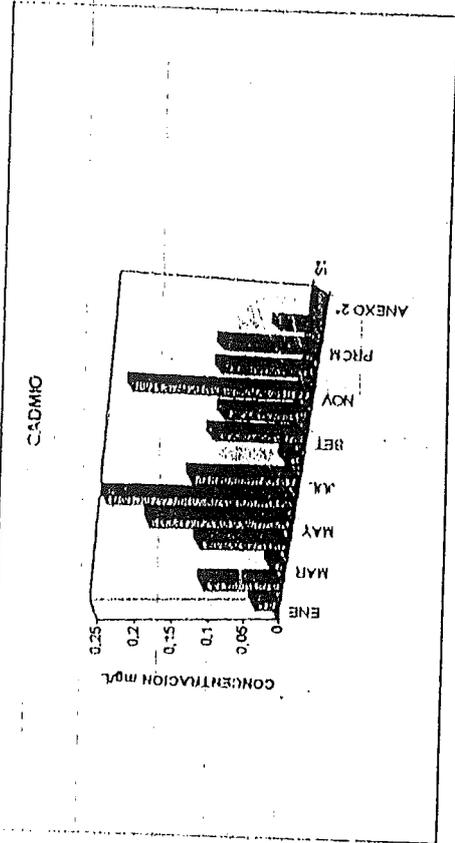
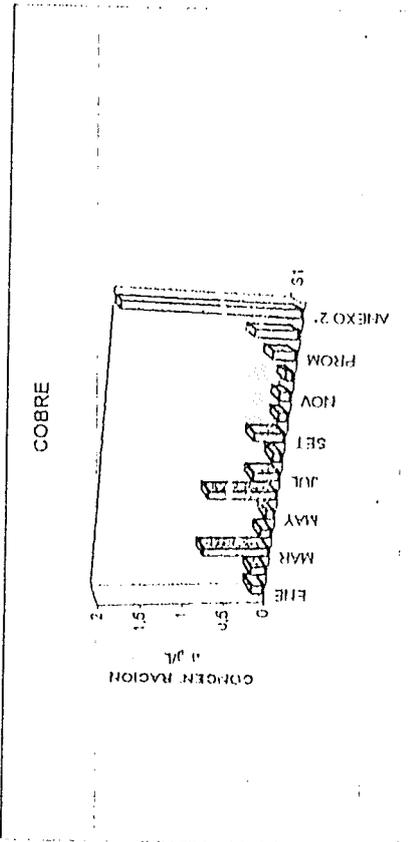


FIGURA N° 11: VARIACION CONCENTRACION COBRE Y CINCO VS TIEMPO ESTACION N°5

PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	LGA	ANEXO 2
COBRE TOTAL	mg/L	9.15	0.18	0.79	0.12	0.09	0.81	0.51	0.1	0.36	0.1	0.1	0.08	0.27	0.5	2



PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	LGA	ANEXO 2
CINCO TOTAL	mg/L	1.23	0.9	0.89	0.78	0.56	0.69	1.86	0.6	4.1	0.71	2.2	1.27	1.54	25	6

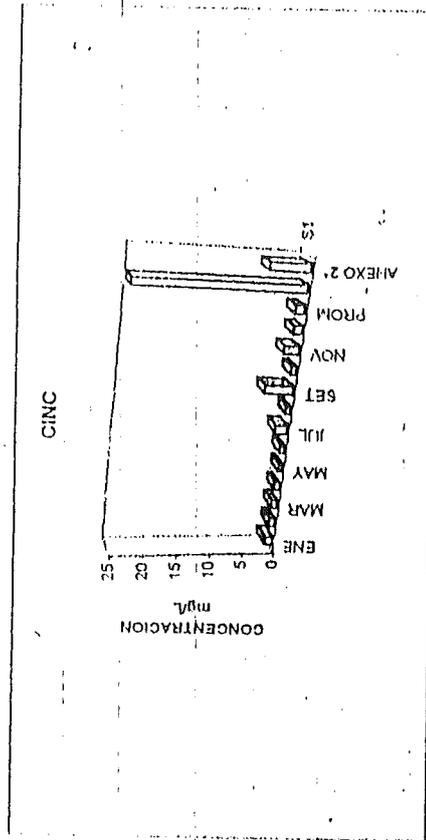
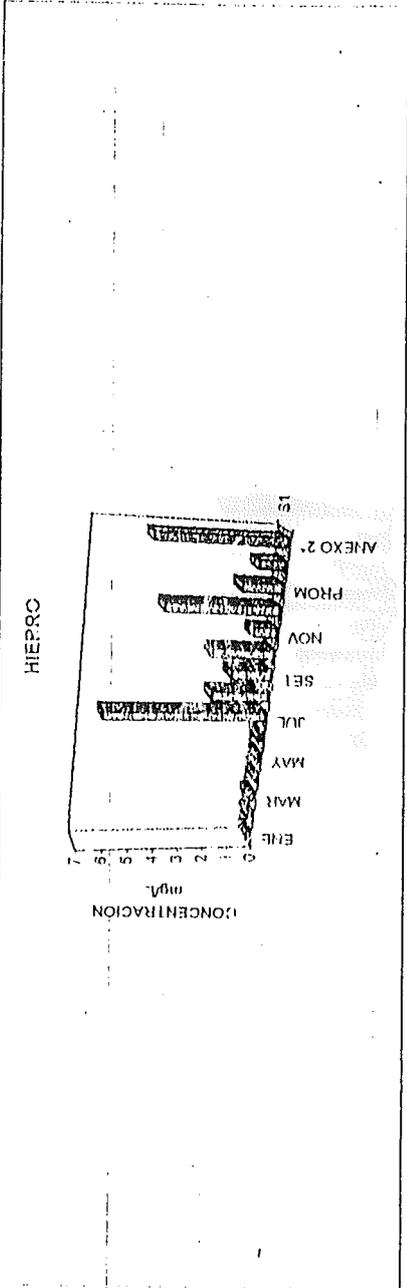


FIGURA N° 12: VARIACION CONCENTRACION HIERRO Y MANGANESO VS TIEMPO ESTACION N°5

PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	LGA	ANEXO 2
HIERRO TOTAL	mg/L	0.11	0.15	0.23	0.07	0.09	0.15	6.32	2.21	1.55	2.39	0.89	4.36	1.54	1	5



PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	LGA	ANEXO 2
MANGANESO TOTAL	mg/L	0.83	0.56	0.84	0.07	0.09	0.23	0.04	0.05	0.012	0.03	0.048	0.023	0.24	0.5	

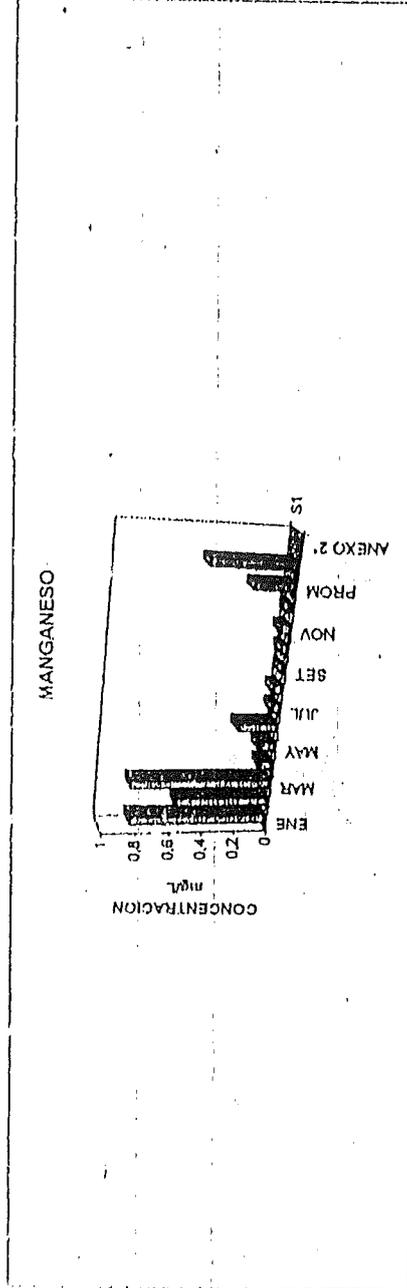
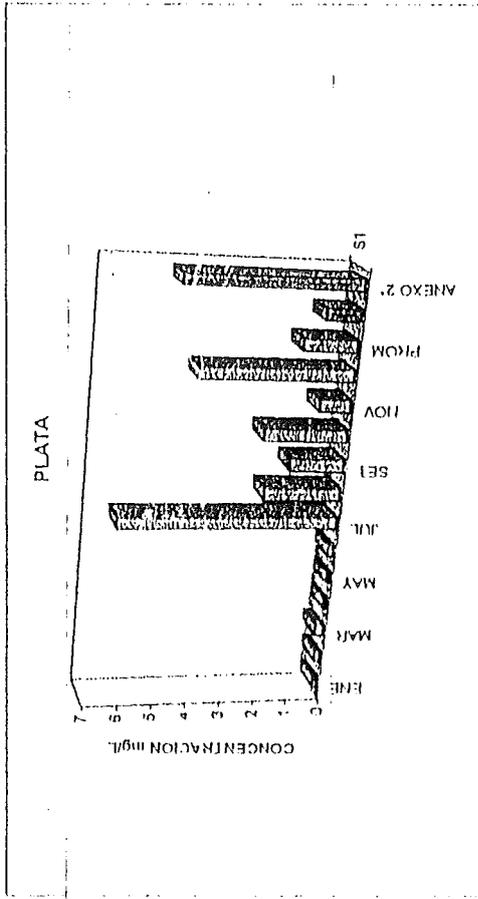


FIGURA N° 13: VARIACION CONCENTRACION PLATA PLOMO VS TIEMPO ESTACION N°5

PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	LGA	ANEXO 2*
HIERRO TOTAL	mg/L	0.11	0.15	0.25	0.07	0.09	0.15	6.52	2.21	1.55	2.59	0.89	4.36	1.54	1	5



PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	LGA	ANEXO 2*
MANGANESO TOTAL	mg/L	0.83	0.56	0.84	0.07	0.09	0.23	0.04	0.05	0.01	0.05	0.048	0.023	0.24	0.5	

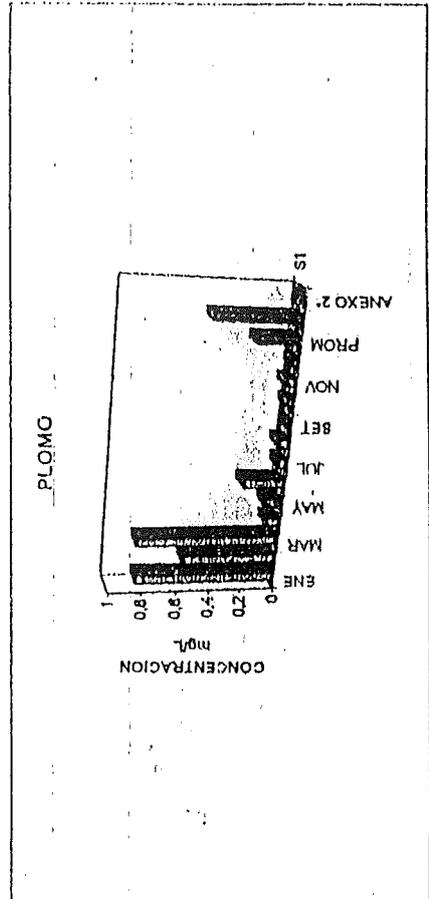
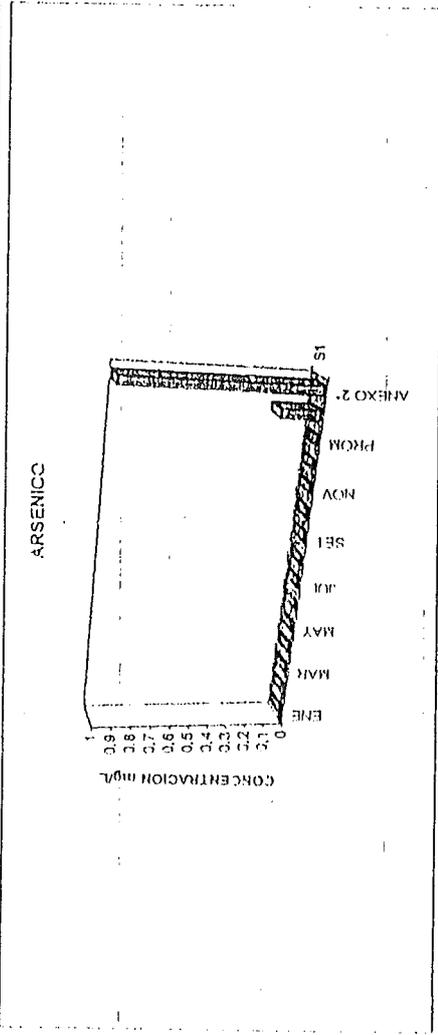


FIGURA N°14: VARIACION CONCENTRACION ARSENICO Y CADMIO VS TIEMPO ESTACION N°6

PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	LGA	ANEJO 2*
ARSENICO TOTAL	mg/L	0.001	0.002	0.005	0.003	0.004	0.001	0.004	0.002	0.001	0.002	0.005	0.002	0.002	0.2	1



PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	LGA	ANEJO 2*
CADMIO TOTAL	mg/L	0.008	0.005	0.019	0.009	0.003	0.016	0.02	0.007	0.005	0.009	0.003	0.005	0.01	0.05	

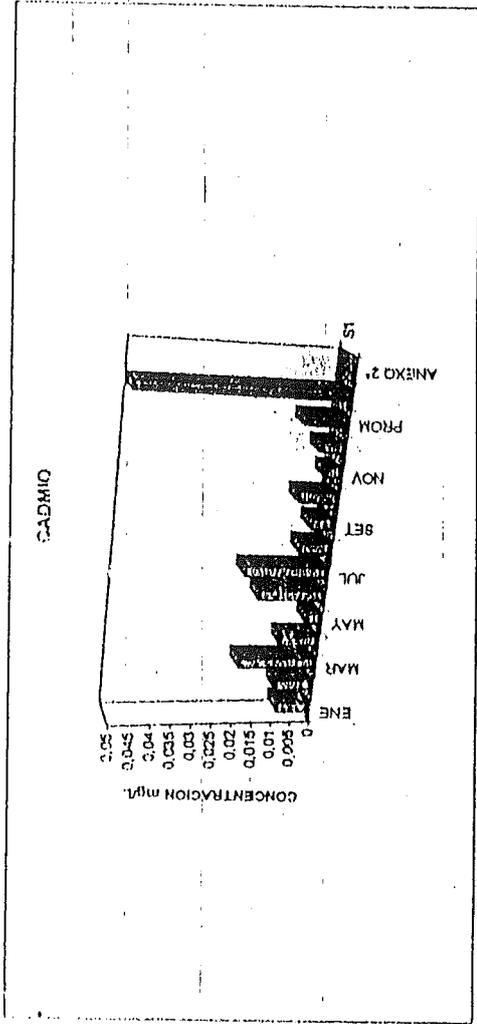
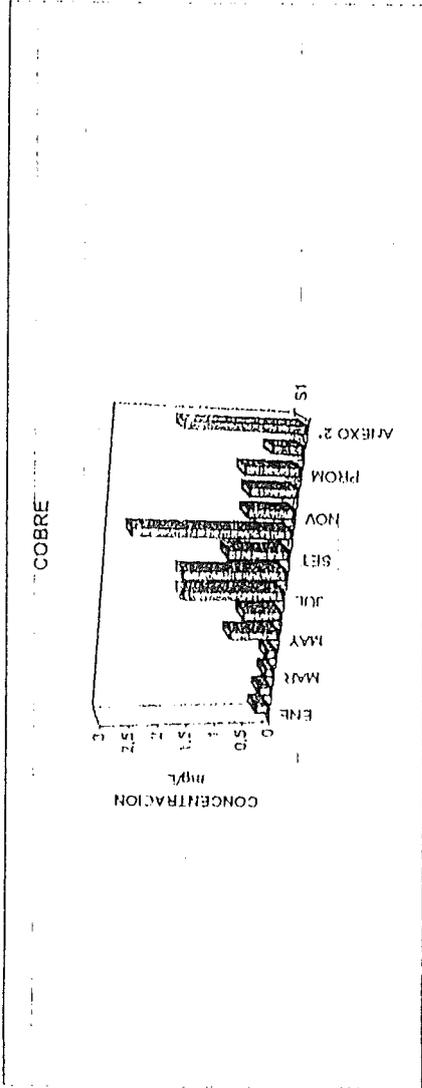


FIGURA N°15: VARIACION CONCENTRACION COBRE Y CINC VS TIEMPO ESTACION N°6

PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	LGA	ANEXO 2*
COBRE TOTAL	mg/L	0.22	0.19	0.13	0.15	0.85	0.65	1.75	1.78	1.05	2.68	0.78	0.8	0.92	0.5	2



PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	LGA	ANEXO 2*
CINC TOTAL	mg/L	0.5	0.36	0.28	0.19	1	0.19	0.48	0.23	1.84	0.49	20.4	0.387	2.20	25	6

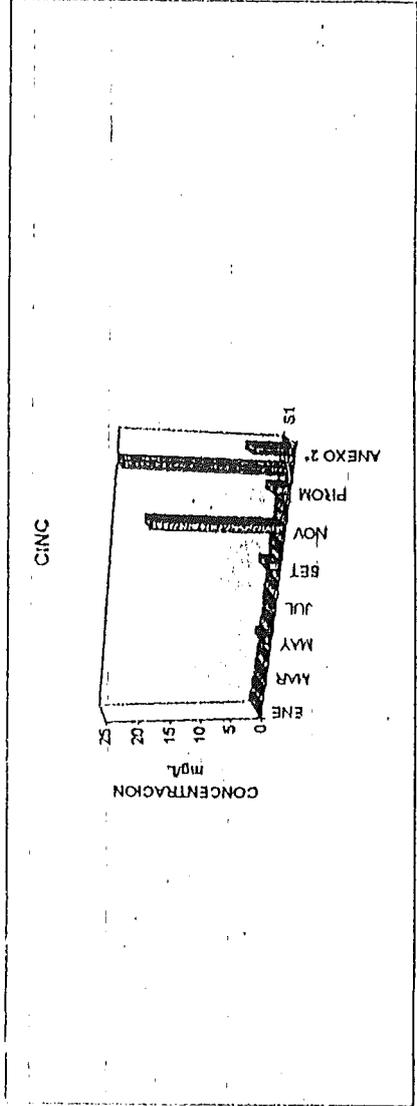
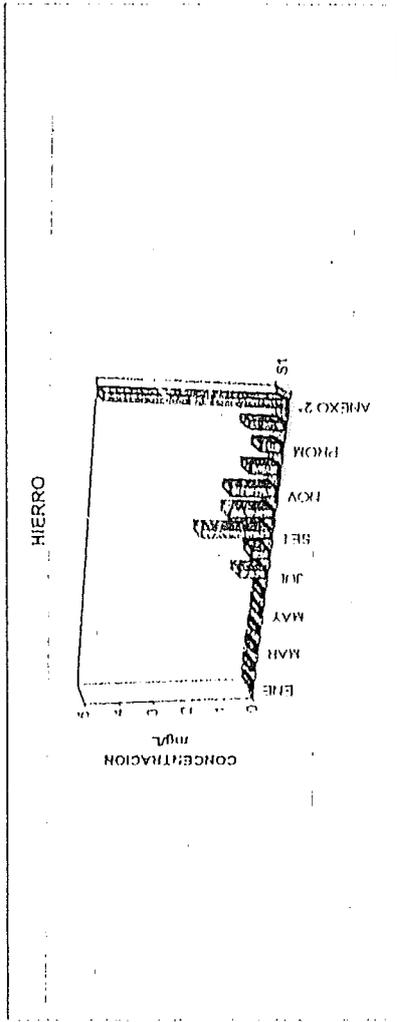


FIGURA N°18: VARIACION CONCENTRACION HIERRO MANGANESO VS TIEMPO ESTACION N°5

PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	LGA	ANEXO 2*
HIERRO TOTAL	mg/L	0.05	0.08	0.09	0.07	0.045	0.06	0.79	0.5	2.03	1.29	1.31	0.83	0.59	1	5



PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	LGA	ANEXO 2*
MANGANESO TOTAL	mg/L	0.21	0.3	0.15	0.25	0.36	0.14	0.23	0.18	0.12	0.29	0.23	0.17	0.22	0.5	

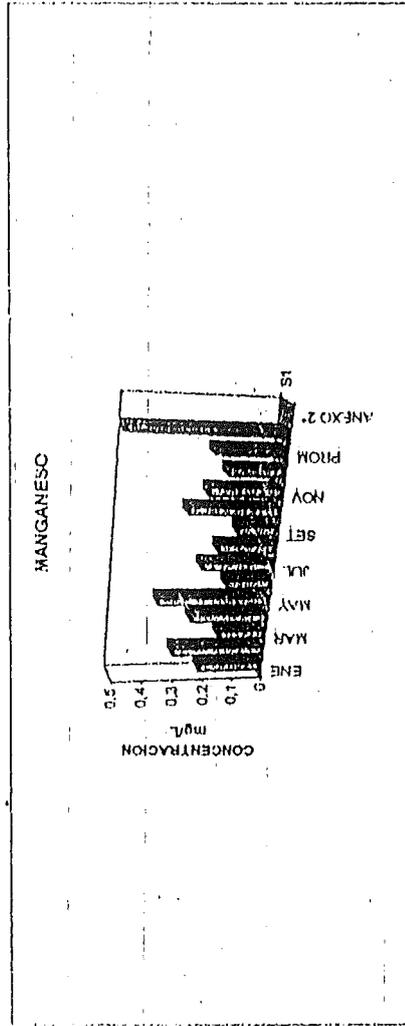
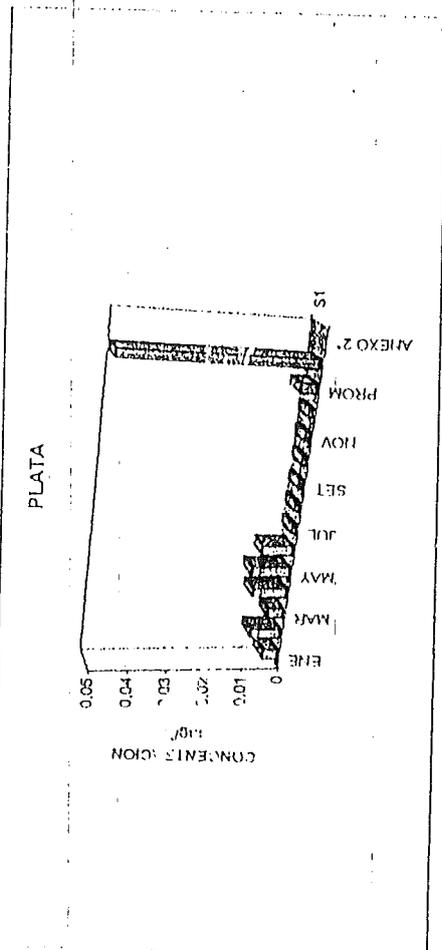
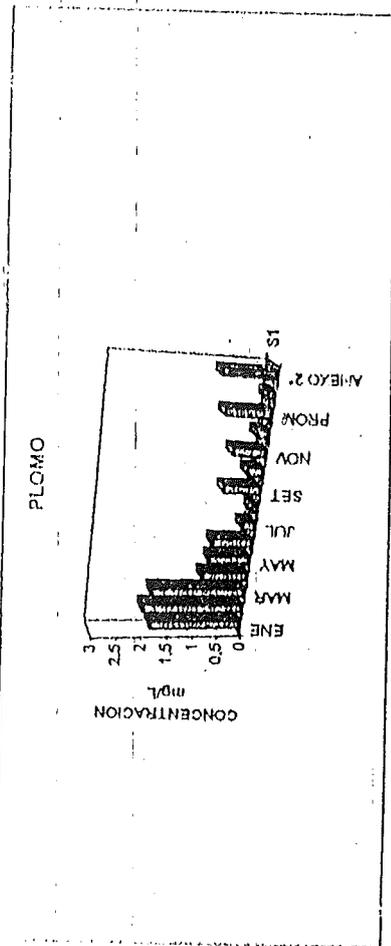


FIGURA N°17: VARIACION CONCENTRACION PLATA Y PLOMO VS TIEMPO ESTACION N°6

PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	LGA ANEXO 2
PLATA TOTAL	mg/L	0,004	0,008	0,004	0,009	0,01	0,008	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004	0,1



PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	LGA ANEXO 2
FLOMO TOTAL	mg/L	1,31	2	1,85	0,9	0,8	0,78	0,22	0,09	0,7	0,27	0,61	0,178	0,85	0,1



6.11 Medidas Tomadas para Minimizar Errores

Para minimizar los errores sistemáticos se adopta un sistema muestreo y análisis químicos adecuados que permiten monitorear en forma estadísticamente válida los efluentes líquidos, emisiones gaseosas y partículas, calidad de aire y suelos contaminados. Se controla también cada uno de las etapas de operación, se evalúa la calidad de materia prima, carga empleada en cada evento y los programas de seguimiento y control se establecen en cada mes. En cuanto al muestreo los métodos de preservación que se aplican tienen por objetivo retardar la acción biológica, retardar la hidrólisis de compuestos y complejos químicos y reducir la volatilidad de los constituyentes. Los métodos de preservación se limitan usualmente al control de pH, adición química, refrigeración y congelación.

Para garantizar la veracidad de los resultados se maneja a través de prácticas adecuadas de muestreos representativos, mediciones adicionales necesarias y procedimientos de control de calidad analítica sobre todo de tipo interno.

En las Tablas N° 12 y 13 se observan las pautas y procedimientos de muestreo así como los métodos de análisis fisicoquímicos aplicados. En base a los Protocolos de Monitoreo de Calidad de Agua, Calidad de Aire Sub-Sector Minería, Normas Técnicas de Análisis se aplica los criterios necesarios para aguas, aire y suelos así como el análisis de los agentes críticos contaminantes desarrollados por un laboratorio certificado por INDECOPI.

Se considera puntos en blanco para tener referencia de la calidad del agua, aire y suelos antes de ser impactada por la actividad. En cuanto al monitoreo se estable

una red de muestreo considerando como mínimo tres estaciones para calidad de agua, aire y suelo.

Los análisis químicos que se seleccionen dependerán principalmente de los recursos técnicos, humanos y económicos disponibles, así como también de los límites de sensibilidad, detección y selectividad en los análisis, los requisitos de exactitud y precisión, la desviación estándar y el coeficiente de variación son los más utilizados con este propósito. La garantía de calidad significa garantizar la precisión y exactitud de los datos del muestreo, mientras que control de calidad se refiere a la aplicación rutinaria de los procedimientos para controlar los procesos de medición.

6.12 Discusión e Interpretación de Resultados

a) Monitoreo de Aguas:

En base a los resultados obtenidos en la evaluación de las estaciones durante 12 meses de monitoreo se obtienen los datos de cada secuencia, se examina su comportamiento respecto al tiempo y se elimina y/o se modifica los datos inconsistentes. De un conjunto de datos y para un elemento contaminante en todas las estaciones salen con fuertes variaciones positivas o negativas, encontrándose la variación estandar alta, se elimina los datos y se modifica asignándole un valor más probable, siguiendo una tendencia de la curva.

Algunos puntos o estaciones son aditivas, tanto el caudal como carga catiónica, así por ejemplo si al caudal del río Lloclla, (antes del vertimiento), se le suma el caudal del vertimiento, entonces tenemos el caudal total (Q río Lloclla + Q vertimiento), de esta manera se ajusta caudales en una 1ra. etapa y luego concentraciones de tal manera de no representar balance de cargas inconsistentes.

-En los Resultados de los Cuadros de Resúmenes tenemos:

Vertimientos:

Estación 05, Agua proveniente de interior mina y que por túnel la quinua entrega sus aguas al río Huallaga.

Estación 06, Agua de la presa de relave y entrega al río Lloclla.

-Monitoreos:

Se obtienen los resultados de parámetros físicos, concentraciones de metales y aniones.

-Parámetros Ambientales tenemos:

1) **Temperatura** : Este es un parámetro indispensable que define reacciones de cinética entre el mineral y el agua; el agua y gases, etc. Muchas de las medidas físicas tomadas al agua, toman como referencia la temperatura, por su relación de dependencia con ellas (oxígeno disuelto, pH, conductividad, etc.).

Tabla N° 51: Estaciones de Manantiales y Ríos

Estaciones	Mínimo °C	Promedio °C	Máximo °C
1	9	10.27	11.5
2	9	10.25	12
7	9	10.92	13.9
9	8	10.71	14

Por lo general las temperaturas mínimas se dan en los meses de Julio y Agosto y las temperaturas máximas en Noviembre y Diciembre.

Tabla N° 52: Estaciones de Efluentes Minero Metalúrgicos

Estaciones	Mínimo °C	Promedio °C	Máximo °C
3	8	10.4	13
4	7.1	9.53	12
5	9	10.93	12.5
6	8	10.75	15.3

2) **Oxígeno Disuelto:** El agua en general, de acuerdo a su temperatura, solubiliza oxígeno del aire. Si existe microorganismos aerobios, el oxígeno disuelto decae, asimismo, si existe elementos reductores que requieren de oxígeno, este disminuye. Las medidas prácticas para definir el nivel de capacidad de captación de oxígeno, son las medidas directas de oxígeno disuelto, la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno.

Tabla N° 53: Estaciones de Manantiales y Ríos

Estaciones	Mínimo mg/L	Promedio mg/L	Máximo mg/L
7	7	7.55	8.1
9	4.54	5.71	6.45

Mejor concentración la del río Huallaga y Lloclla. En general, las concentraciones mayores se registran en los meses de Agosto y Setiembre (Temperaturas más frías).

Tabla N° 54: Estaciones de Efluentes Minero-Metalúrgicas

Estaciones	Mínimo mg/L	Promedio mg/L	Máximo mg/L
3	3.8	5.15	6.5
4	6	6.35	6.9
5	5.3	6.31	7.2
6	4.6	6.34	7.4

Se observa que los efluentes mineros tienen menor concentración de oxígeno disuelto.

3) Conductividad Eléctrica: La conductividad eléctrica de una solución acuosa es una propiedad que depende de la cantidad de sales disueltas en el agua, la temperatura a la cual se hace la medición y la presión atmosférica, por lo que la determinación de la conductividad eléctrica proporciona un medio rápido de estimar la concentración de electrólitos.

Las soluciones de la mayoría de sales, ácidos y bases inorgánicas son buenas conductoras eléctricas, contrariamente, en la mayoría de los casos, las disoluciones de compuestos orgánicos conducen muy pobremente la corriente eléctrica. Esto es explicable si se observa que el grado de ionización de las sales inorgánicas es mucho mayor a las orgánicas.

Tabla N° 55 :Estaciones de Manantiales y Ríos

Estaciones	Mínimo umhos/cm	Promedio umhos/cm	Máximo umhos/cm
1	321	384.4	456
2	236	287	356
7	231	299	444
9	348	434	563

Los valores más altos se encontraron en las estaciones Huallaga (ya existe iones disueltos) y las menores en las estaciones 2 y 7 agua de manantiales.

Tabla N° 56: Estaciones de Efluentes Minero-Metalúrgicas

Estaciones	Mínimo umhos/cm	Promedio umhos/cm	Máximo umhos/cm
3	654	961	1167
4	579	771	987
5	856	1101	1545
6	356	539	689

En general, la conductividad de estas aguas, son casi 2 veces mayor que la de manantiales y/o ríos sin contaminación.

Efecto del Efluente Contaminante al Cuerpo Receptor:

Aguas de Relaveras: Los valores de conductividad no son mayormente altos, sin embargo, por tener un caudal que hace sensible este parámetro en el río Lloclla el efecto de conductividad se hace notar.

Tabla N° 57: Agua Relavera y Cuerpo Receptor

Estaciones	Mínimo umhos/cm	Promedio umhos/cm	Máximo umhos/cm
6	356	539	689
7	231	299	444
8	348	454	612

La mayor conductividad de las aguas obtenidas de las relaveras - Estación 6 (presencia de mayores iones), al entregar sus cargas iónicas al río Lloclla, (con bajo nivel de conductividad eléctrica, promedio 330 $\mu\text{mhos/cm}$), observamos, haciendo seguimiento a las curvas de conductividad vs meses que la estación contaminante es similar al contaminado, siendo la siguiente relación válida: Estación 6 (Contaminante) + Estación 7 (blanco) = Estación 8 (Contaminante).

Efecto de los efluentes de agua de mina sobre el río Huallaga:

Tabla N° 58: Estaciones de Afluentes y Cuerpo Receptor

Estaciones	Mínimo umhos/cm	Promedio umhos/cm	Máximo umhos/cm
5	856	1101	1545
9	348	434	563
10	329	460	564

Para este caso el contaminante tiene valores de conductividad bastantes altos aproximadamente 500 $\mu\text{mhos/cm}$; más que el río antes del vertimiento; sin embargo, por efecto de caudal (río Huallaga tiene hasta 8 veces más caudal que vertimiento 5); el efecto es poco perceptible. La estación 9 (Huallaga antes de la contaminación) es bastante similar a la de la estación 10 (Huallaga contaminada).

4) pH: Es un término usado para expresar el grado de acidez o basicidad de una solución y constituye un parámetro de interés en la caracterización de un cuerpo de agua, su variación indica las alteraciones producidas ya sea por agentes químicos y microbiológicos.

Su medida es importante en el tratamiento del agua de consumo humano (control de agua cruda), agua para uso industrial, aguas residuales domésticas e industriales, en las que involucra una serie de operaciones y procesos químicos y biológicos para el tratamiento.

Tabla N° 59 : Estaciones Referidas a Ríos y Manantiales

Estaciones	Mínimo	Promedio	Máximo
1	7.3	7.74	8.1
2	6.9	7.38	7.9
7	7.2	7.94	9
9	7.6	8.3	9.1
11	7.5	8.25	9.5

Tabla N° 60: Estaciones de Efluentes Minero-Metalúrgicos

Estaciones	Mínimo	Promedio	Máximo
3	7.1	7.55	7.9
4	7.4	7.99	8.7
5	7.1	8.01	8.3
6	7.6	8.16	9.1

Los valores de pH están en el rango de 7.5 - 8.5 considerándolo de carácter básico. Una muestra tomada en las aguas de relaves, saliendo de la planta concentradora da valores pH=11. Sin embargo este valor en su vertimiento final alcanza valores de pH 7.6. Existen dos procesos importantes que explican esta

disminución. Dilución del agua de concentradora y carbonatación con CO_2 del aire con el agua produciéndose el bicarbonato, así como interacción química con otras sustancias (oxidación de la pirita que potencialmente esta presente).

5) Turbidez:

La turbiedad es el resultado de una medición óptica que se realiza a las aguas que contienen materia en suspensión que interfiere con el paso de la luz a través de este medio.

La turbiedad es causada por una amplia variedad de materiales suspendidos que varían de tamaño, desde coloides a partículas dispersas, que muchas veces dependen del grado de agitación.

La materia puede ser naturaleza inorgánica u orgánica dependiendo del tipo de agua (agua industrial, doméstica).

Los rangos de turbidez en las estaciones evaluadas se encuentran entre 1 y 332 UNF.

Aguas con bajo valor de UNF: menos de 5, estas corresponden a las aguas no contaminadas y manantiales Estaciones 01, 02

Aguas con valores intermedios: >5 , <30 , para ríos en movimiento Estaciones 07, 08, 09 y 10.

Aguas mineras con altos valores $\text{UNT} > 30$, Estaciones 03, 04, 05. La Estación 06 (aguas de relave considerado como drenaje de agua de relaves), no tiene valores tan altos, por las adecuadas técnicas que se utilizan.

6) Sólidos Totales Disueltos:

Son las sales disueltas en el agua. Los niveles de concentración se encuentran entre 210 y 1754 mg/L. Observándose el valor más alto en la Estación 17.

7) Sólidos Totales Suspendidos (STS)

Son todos los sólidos presentes en un agua residual, excepto los solubles y los sólidos en fino estado coloidal. En general se puede decir que los sólidos en suspensión son los que tienen partículas superiores a 1 micrón y que pueden mantenerse en suspensión por un tiempo determinado. En la práctica los sólidos en suspensión son aquellos posibles de ser retenidos por sedimentación y filtración.

Las Estaciones 1 y 7 aguas de manantiales y ríos presentan niveles mas bajos y las estaciones 3, 4 5, 14 y 15 presentan los niveles intermedios y altos dependiendo del tipo de agua.

8) Sulfato:

Al igual que otros parámetros las concentraciones de sulfato son mayores en efluentes minero-metalúrgicos Estación 5 y agua de mina ácida Estación 17 . Las aguas naturales no contaminadas presentan niveles bajos.

9) Potencial Redox:

Se determinaron el potencial redox de las soluciones provenientes de las estaciones:

	<u>MV</u>
Nivel +50 - aguas ácidas	580
Nivel -100 - aguas mina	340
Vertimiento 6 (Relavera)	320
Vertimiento 5 (Agua final de mina)	345

10) Mediciones de Caudales:

Los diferentes efluentes de las actividades minero-metalúrgicas y cursos de ríos, representan caudales que varían de unos cuantos L/s a valores cercanos a los 10 m³/s, en algunos casos los cursos de las aguas fluyen en canaletas con sección geométrica definida y en otros formando los lechos de los ríos, de sección irregular, en consecuencia se requiere de técnicas para lograr la mejor medición posible, especialmente en los cursos de río.

Tabla N° 61: Caudales en Manantiales y Ríos

Estaciones	Mínimo L/sg	Promedio L/sg	Máximo L/sg
1	15	15	15
2	25	25	25
7	103	703	1600
9	4570	7500	9989

Los caudales de los puntos 1 y 2 son constantes porque son bombeados desde sus manantiales de origen.

El caudal de los ríos incrementa con las temporadas de lluvia en relación de 3 a 4 veces más.

El río Huallaga maneja un volumen de 8 veces más que el río Lloclla.

Tabla N° 62: Caudales en Efluentes Mineros

Puntos	Mínimo L/sg	Promedio L/sg	Máximo L/sg
3	1	4.48	9
4	5.9	25.54	66
5	10	83.7	120.4

Los efluentes 3 y 4 son de bajo flujo y no muestran variaciones estacionales como el caso de Estación 5, que entre un mínimo a un máximo hay un incremento de 2 veces más.

Tabla N° 63: Influencia del Caudal de Agua de Relaveras en el Curso del Río Lloclla

Estaciones	Mínimo L/sg	Promedio L/sg	Máximo L/sg
6	354	530	943
7	103	703	1600
8	676	1317	2475

El método de sección-velocidad puede ser aplicable para las estaciones 3, 4, 5 y 6, efluentes minero-metalúrgicos de importancia, porque la mayor parte de ellas se transportan por canales de sección geométrica conocida.

Tabla N° 64 :Relación de Caudales(Vertimiento 5 y Río Huallaga)

Estaciones	Mínimo L/sg	Promedio L/sg	Máximo L/sg
5	10	83.7	120
9	4570	7500	9800
10	6150	5921	9850

Existen afluentes locales de regimen de bajo flujo e irregular como las aguas de mina (nivel -50), aguas de laboratorio, agua de filtración de zinc, etc. En estos casos puede aplicarse el método volumétrico (aforando en volúmen conocido en un tiempo dado).

Para las mediciones de cursos de agua de manantiales y/o riachuelos como es el caso del rio LLoclla, Pariamarca y otros cuyos caudales son menores a 1 m3/seg, deberá adecuarse el terreno donde se va a medir, dándole forma de sección regular y luego aplicar el medidor de flujo o tomar su correspondiente velocidad .

Para flujos mayores, como en el caso del rio Huallaga, lo más recomendable será construir un vertedero de sección rectangular .

Efecto de las Concentraciones de Cationes Metálicos de Efluentes Minero-Metalúrgico en sus Cuerpos Receptores : Ríos Lloclla y Huallaga

Se ha monitoreado los principales vertimientos y cuerpo receptor: Agua de relave (Estación 6), en río Lloclla (Estación 7); agua de mina (Estación 5); en río Huallaga (Estación 9) y en relación a los diferentes parámetros y cationes;

existen metales que tienen concentraciones que ameritan manejarse (Zn, Pb, Fe, principalmente) y otros que tienen bajas solubilidades como plata, arsénico, cobre, cadmio, etc.

Se observa en las variaciones de las concentraciones de diferentes cationes/aniones, donde se aprecia las variaciones máximas y mínimas, promedios, su relación estacional y su comportamiento con otros puntos de muestreo. Esto se debe a los mecanismos de precipitación, remoción, degradación etc que se producen constantemente en el agua.

También se observa el movimiento e interrelación de los efluentes como carga catiónica, además de ubicarlo en el marco de concentración máximas reglamentado, como son lo estipulado en la norma de NMPs Vertimiento Anexo II, LGA-Clase III.

11) Metales:

Zinc

En Ríos y Manantiales 01, 07 y 09)

Las concentraciones podrían manejarse fácilmente en el rango de $2 \text{ ppm} \pm 1$. Este valor es aceptable comparable con LMP LGA clase III.

La Estación 1, mantiene un promedio de 0.004 mg/L concentración que les permite estar bajo la clase I (LMP= 5 mg/L).

En Vertimiento de Aguas de Relave sobre el Río Lloclla:

Los valores promedio para las aguas de relave están en 2.20 mg/L , valores menores que los LMP (Anexo 2 y por otro lado el río Lloclla varía en 0.5 mg/L) valor aceptable como agua clase III.

Concentraciones de Zinc en el Vertimiento de Aguas de Mina sobre el Río Huallaga:

El vertimiento de la Estación 5 tiene un promedio de 1.34 mg/L, sin embargo la mayor parte de los puntos muestreados son menores de 1.3 mg/L.

Plomo:

En Ríos y Manantiales

La calidad de agua de ríos y manantiales (salvo río Huallaga que ya tiene un nivel de contaminación) dan promedios de 0.0028 mg/L, valores adecuados para utilizar sus aguas como consumo humano (Estación 1) esta por debajo de los LMPs clase I.

Vertimiento de Aguas de Relave en Río Lloclla:

Las aguas de relave dan valores de 0.85 mg/L. Este valor está muy cerca a los LMPs del Anexo 2. El río Lloclla después de la descarga (Estación 08) da valores de 0.26 mg/L, más altos que los LMPs dados para aguas clase III (LMP=0.1).

Vertimiento de agua de mina sobre río Huallaga:

Los valores de plomo para el vertimiento de agua de mina son muy irregulares, sin embargo, estos pueden variar en el rango de 0.47 mg/L. valores por encima de los LMP del Anexo 2. Para el río Huallaga los valores más homogéneos dan 0.13 mg/L por encima de LMP (III).

Fierro:

Ríos y Manantiales

En la Estación 1 encontramos valores promedios que varían entre 0.003 mg/L recomendable para agua clase I. Los demás efluentes están por debajo de un promedio de 0.14 mg/L, salvo el río Huallaga que está en 0.55 por debajo de los LMPs clase III.

Vertimientos de Aguas de Relave en Río Lloclla:

En la Estación 6 encontramos valores de 0.59 mg/L, valores algo inferiores a los de LMPs. Anexo 2 (5 ppm).

Para el caso de río contaminado, sus valores se mueven en el rango de 0.73 aceptable en el marco de LMP (clase III).

Vertimiento Agua de Mina en Río Huallaga:

La estación 5, contaminante, da valores de 1.54 mg/L, valores altos en comparación a los LMPs (5 mg/L) y el cuerpo receptor contaminado (Estación 10) con 0.92 mg/L, valores aceptables en el marco de los LMPs, clase III.

Cobre:

Calidad de ríos y manantiales

En general, se registran valores entre 0.002 mg/L, bajo para cualquiera de los LMP.

Vertimiento de aguas de relave

El rango de los valores de las aguas de relaves varían en 0.9, para Estación 6 que son valores aceptables por Anexo 2 (2 mg/L). El río Lloclla contaminado (+ Lloclla) tiene promedio de 0.31 como tal por debajo de LMP, fijadas para la clase III.

Vertimiento de Aguas de Mina sobre el Río Huallaga:

Los valores de la Estación 5 varían entre 0.27 estos valores son menores que los LMP (Anexo 2) y el Huallaga receptor varía en 0.08 mg/L, valores aceptables según LMP (clase III).

Manganeso:

Calidad de Efluentes Mina

La estación 04 (-100) tiene fuertes variaciones 0.64 mg/L. La estación 03 (Nivel 0) tiene valores de 0.45 mg/L, la Estación 05 arroja valores de 0.24 mg/L. Las variaciones para la estación 7 (-Lloclla) es de 0.02 y para el Lloclla luego de contaminación (+ Lloclla) es de 0.15. La contaminación del río Huallaga (+ Huallaga) alcanza valores de 0.09 mg/L.

12) Aniones

Cianuro:

Las concentraciones de Cianuro libre y total medidas a los efluentes mineros, tienen los siguientes valores:

Estación 05	cianuro libre 0.6 mg/l cianuro total 1 mg/L
Estación 06	cianuro libre 0.73 mg/l cianuro total 1.68 mg/L
Estación 08	cianuro total 0.77 mg/l

Según Anexo 2 (Cianuro libre 0.1 mg/L, cianuro total 0.2 mg/L).Según LGA clase III (1 mg/L)

Para las tres estaciones arriba mencionadas, los promedios de las estaciones 05 y 06 (Vertimientos) están bastante cerca a los LMP, señalados en el Anexo 2.

Las Estación 8 (río Huallaga antes de la contaminación), viene con su carga de cianuro. El cianuro existente en los efluentes mineros se debe a la adición de cianuro de sodio en las operaciones de la planta concentradora.

La cantidad de cianuro de sodio empleada es de 0.09 Kg/TMS. Para 2,600 TM/D, se requeriría 234 kilos de cianuro de sodio la que tendría que disolverse en 6,604 m³/D de agua. Esto es una concentración inicial de 35 mg/L. Se estima que en colas la concentración de cianuro es del orden de 12mg/L. de tal manera que se logra una eficiencia de consumo del 75%.

13) Parámetros Bacteriológicos:

Coliformes Fecales y Totales

Los puntos en los que se evaluaron estos parámetros fueron la Estación 01 correspondiente al agua de uso doméstico y el rebose de la cancha de relaves, ya que a este último punto llegan las aguas residuales domésticas del campamento minero.

El análisis de coliformes es uno de los parámetros primordiales, ya que nos indica la probabilidad de que en un cuerpo de agua existen micro-organismos patógenos causantes de enfermedades gastro-intestinales.

En nuestro país, las estadísticas indican que las enfermedades gastro-intestinales ocupan el segundo lugar entre las causales de mortalidad infantil, por lo tanto, se debe prestar gran atención a este parámetro de referencia.

Para aguas de consumo doméstico con simple desinfección, este parámetro debe estar ausente; y para aguas destinadas al riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales como es el caso del agua del rebose de la Cancha de Relaves, el valor de los coliformes totales no debe exceder los 5,000 coliformes como NMP/100 ml.

Para todos los casos se han considerado como Límites Máximos Permisibles a los establecidos por los títulos I, II y III del Decreto Supremo N° 007-83-SA, que modifica al Reglamento de la Ley General de Aguas en relación a la clasificación de los Cursos de Agua y de la Zona Costera.

13) Hidrocarburos:

Se tomaron controles para los dos Vertimientos principales, obteniéndose los siguientes resultados:

Estación 05 (Agua de mina)	1.10 mg/L
Estación 06 (Agua de relavera)	0.9 mg/L

b) Monitoreo de Gases y Partículas

- Gases en Chimeneas Mineras

La evacuación de gases que se forman y acumulan en el interior de la mina (gases por combustión de camiones, gases por explosivos y otros) se realizan por ductos (chimeneas) y ayudados por una ventilación forzada (ventiladores). Las chimeneas mineras salen a la superficie, en la parte más alta del yacimiento y alejado del campamento u otra población.

Como se observa, estos resultados son muy bajos comparados con los de cualquier chimenea, que emite gases de combustión.

- Partículas Sedimentables

Los sistemas de extracción de polvos en el área de sección chancado se encuentran bien ya que los niveles de partículas sedimentables se encuentran por debajo de los LMPs establecidos.

- Calidad de Aire

Los resultados de partículas totales suspendidas y concentración de gases (SO_2 , NO_2 y CO) para calidad de aire dan valores menores que los LMPs, dados por el Ministerio de Energía y Minas.

El comportamiento de los parámetros meteorológicos, cumplen un papel importante y complejo para determinar la dispersión de los agentes contaminantes y la calidad de aire resultante. Tanto el transporte como la dispersión de los agentes

contaminantes dependen de factores meteorológicos, entre los que destacan la estabilidad atmosférica, la velocidad y dirección del viento, la altura de mezclado, la temperatura del aire; la densidad de las partículas, la humedad relativa, composición química, la radiación solar, etc.

Los Límites Máximos Permisibles de acuerdo a norma peruana son los siguientes:

Partículas Totales Suspensión	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 horas)
	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Promedio anual)
Plomo	1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30 días)
	0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Promedio anual)
Monóxido de Carbono	15000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Dióxido de Nitrógeno	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Dióxido de Azufre	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

c) Monitoreo de Suelos:

La calidad de los suelos se encuentran contaminados por plomo, zinc e hidrocarburos tal como se muestra en los diferentes horizontes el tipo de suelo influye en la capacidad de adsorción de cationes e hidrocarburos.

VII.- EVALUACION Y ANALISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES

De acuerdo a la evaluación química ambiental se tiene un diagnóstico de las condiciones en que se encuentra ambientalmente los medios.

Los impactos ambientales estan referidos a evaluar y analizar el medio biológico, físico, socioeconómico. Desde el punto de vista químico ambiental estamos frente al análisis de como las sustancias tóxicas en su mayor o menor grado de toxicidad afectan o impactan el medio agua, aire y suelo y luego la cadena alimenticia.

Para facilitar la valoración de los impactos, los factores ambientales y las acciones identificadas en cada período se califican de acuerdo a los siguientes criterios y simbología:

(a) Carácter del Impacto

+ = Positivo

- = Negativo

n = Neutro

x = Previsible, pero difícil de calificar sin estudios específicos o complementarios.

(b) Importancia del Carácter del Impacto

0 = Sin importancia

1 = Menor

2 = Moderada

3 = Mayor

(c) Certidumbre del Impacto

c = Cierto

p = Probable

i = Improbable

d = Desconocido

(d) Duración del Impacto

T = Corto plazo

P = Largo plazo

Este criterio indica el tiempo que dura el impacto y si éste es o no potencialmente reversible. Un impacto estimado de corto plazo (T) es aquél que se manifiesta sólo mientras dura la acción que lo genera (esporádica y/o de corta duración) o cuyo componente ambiental recupera rápidamente su condición inicial, en cuyo caso se refiere a un impacto reversible. Un impacto estimado de largo plazo (L) es aquél que se manifiesta mientras dura una acción de largo plazo o que permanece después de finalizada la acción que lo genera (irreversible) o que la recuperación del componente ambiental, es muy lenta. Si es irreversible completamente, entonces deberá rehabilitarse tratando de recuperar de la mejor manera el hecho distorsionado.

• Pasivo Ambiental: *Química*

Está referido a los problemas ambientales heredados. Por ejemplo, en las etapas de exploración y explotación minera, se han dejado áreas descubiertas de cerros, expuestas a la erosión y a la descomposición química por el medio ambiente. La presencia de instalaciones, de casas deshabitadas de áreas agrícolas en estado de abandono también constituyen parte del pasivo ambiental. Así como la acumulación de los relaves en las quebradas.

A continuación se describe y se amplía acerca de los impactos.

Esta condición de suelos descubiertos de vegetación se presenta actualmente en algunas laderas de cerros, especialmente en los alrededores de los bocatóneles: nivel +100, +50, 0; en las salidas de chimeneas, etc.

Medio Biológico: Las perturbaciones ocurridas en el suelo, por remoción o por cubrimiento, producen disturbios sobre el componente biológico que ahí habita: vegetación y vida animal.

Los impactos son negativos, de importancia local moderada aunque de importancia regional menor.

Por otro lado, la fauna silvestre circundante ahuyentada temporalmente por vibraciones y ruidos fuertes generados en algunas operaciones mineras. El impacto de ahuyentar a la fauna es negativo, de importancia menor y temporal, terminando con el cese de dichas operaciones.

En los materiales acumulados e inertes contenidos en la(s) presa(s) antigua(s) de relaves hay sustancias susceptibles de activarse químicamente al ser humedecidas por precipitaciones pluviales y/o por la ocurrencia de escorrentías de gran volumen.

Si hay cuerpos de agua que reciben concentraciones perjudiciales de dichas sustancias, la vida acuática es afectada, significando impacto negativo, de importancia variable entre menor y mayor y de duración también variable.

Medio Humano: Estos espacios de uso anterior minero-metalúrgico, dentro de las áreas llamadas "de Reserva Minera", han correspondido mucho antes al derecho de uso comunal.

Pueden catalogarse los cambios temporales ocurridos en la propiedad de las tierras como impactos positivos, en tanto permitieron satisfacer y aun mejorar las

espectativas socioeconómicas del o de los propietarios y permitieron el mantenimiento de buenas relaciones con los vecinos.

La implementación y el funcionamiento del campamento minero trajo consigo mejoras en la educación escolar, en la atención de la salud, en las condiciones de vivienda, en el nivel de ingreso de los trabajadores y sus familias, en el desarrollo del comercio local y regional, en el grado de confortabilidad de las familias beneficiadas, entre otros. Esto significa un impacto social de carácter positivo, de importancia local mayor e importancia regional menor. Fue temporal mientras duran las actividades mineras anteriores. Cabe mencionar que poblaciones cercanas también son beneficiadas indirectamente con el impacto positivo.

• **Situación Actual:**

Las modificaciones en el suelo y en su relieve, consideradas como impactos negativos, vienen ocurriendo por actividades anteriores y actuales. Son considerados de importancia moderada desde el punto de vista local y de importancia menor desde el punto de vista regional pues son pocas las áreas afectadas. Son irreversibles por sí mismas pero rehabilitables. Actualmente estos impactos son producidos por movimientos de tierra desarrollados en operaciones de la mina. Estas incluyen remociones, desbroces y/o cubrimientos del suelo, como los que ocurren en los botaderos de material estéril.

Se estima el área removida y/o cubierta de suelo en el lugar, en 10 ha.

Las áreas adicionales, cuya extensión es difícil de cuantificar, están constituidas por el vaciado de escombros y otros materiales extraídos de los túneles y galerías de la mina sobre diversas áreas: en laderas de cerros, en caminos propiamente dichos, en bordes de caminos, para explanar terrenos, etc.

Estos materiales están conformados en gran parte por minerales propios de la actividad. Las precipitaciones pluviales podrían arrastrarlos hacia terrenos y/o cuerpos de agua cercanos, concentrando dichas sustancias en algunos casos a niveles perjudiciales provocando disturbio o impacto negativo local, de importancia variable entre menor y mayor y de duración también variable.

Una medida para mitigar los impactos negativos producidos es el recubrimiento de los materiales vaciando, con una capa superficial de suelo apto para el desarrollo de la vegetación.

Por la remoción y/o el retiro de suelo y de vegetación en diversas áreas de terreno, el suelo quedó expuesto a factores erosivos.

Comparado con actividades mineras desarrolladas a tajo abierto, se considera que el impacto negativo es menor, dado que la mayor parte del movimiento de material es en el interior de la mina. Las alteraciones en la superficie son de carácter menor, irreversibles pero susceptibles de rehabilitación.

Se tiene que tomar las medidas de recuperación de suelos orgánicos tal como en el botadero; además está diseñado con suficientes márgenes de seguridad en relación a la estabilidad mecánica (talud).

El lugar donde se ubica la presa de relaves, ha sido impactado anteriormente. En la actualidad se realizan obras de ampliación que implican modificación del medio en importancia menor. La presa de relaves, que ocupa parte de los cauces de las quebradas, está diseñada bajo estrictas y modernas especificaciones geotécnicas y civiles, teniendo en cuenta los riesgos de sismicidad y posibilidad de grandes avenidas de aguas producidas por lluvias extraordinarias >1000 mm.

Se puede decir que la presa de contención es de buena consistencia. Se lleva un buen control de la misma, vigilándola mediante modernos y sofisticados piezómetros y platos de asentamiento, los que brindan la información necesaria acerca de la estabilidad del muro de contención.

Respecto a impacto por cubrimiento del suelo, la ampliación del volumen de relaves en la presa es considerada de carácter negativo, de importancia menor e irreversible. El impacto negativo por modificación en el paisaje es considerado de importancia menor y también irreversible.

El impacto por generación y disposición física de desperdicios sólidos, especialmente en los alrededores de las áreas de mantenimiento automotriz, eléctrico, mecánico y en el laboratorio de análisis químicos, es de carácter negativo, de importancia variable de menor a mayor, en función de la naturaleza y la cantidad de desperdicios. El tipo de desperdicios es irreversible por si mismo pero factible de mitigar (reciclaje) y las áreas ocupadas se pueden recuperar.

Los desechos sólidos abandonados en el botadero (nivel -100) constituyen una molestia pública, invaden el camino, restan estética al panorama y emiten olores desagradables y polvos irritantes.

La incorrecta disposición final de los desechos sólidos en el botadero de basura abierto afecta a la salud pública. Este botadero facilita el acceso a los desechos por parte de los animales domésticos (perros, chanchos, etc) y subsecuentemente, la potencial diseminación de enfermedades y contaminantes químicos a través de la cadena alimenticia. El polvo llevado desde el botadero abierto por el viento cuando éste vaya de sur a norte, porta patógenos y materiales peligrosos. Los gases generados durante la biodegradación en un botadero abierto (y en menor grado en

un relleno sanitario) puede incluir gases orgánicos volátiles, tóxicos y potencialmente carcinógenos así como subproductos típicos de la biodegradación (p.ej., metano, sulfuro de hidrógeno, y bióxido de carbono).

La contaminación más evidente de la tierra es ocasionada por el esparcimiento de la basura por acción del viento y descargas en el área abierta (lado de la presa del relave). Este suelo está contaminado con microorganismos patógenos, metales pesados, sales e hidrocarburos clorinados, contenidos en el zumo de los desechos (producto de la descomposición de los residuos. Se deberá hacer análisis en laboratorio para saber la exacta proporción de estos contaminantes). El grado en que el suelo atenúe estos contaminantes depende de su porosidad, capacidad de intercambio de iones y habilidad para adsorber los sólidos disueltos.

El agua que se rezuma de los desechos sólidos, contiene partículas finas y microorganismos que pueden ser filtrados por la matriz del suelo bajo ciertas condiciones hidrológicas (saturación de basura al punto de capacidad de campo y condiciones de permeabilidad del suelo subyacente a los desechos, fractura en las piedras) esa filtración contaminada (lixiviación) puede pasar a través del suelo no saturado que se halla debajo del botadero, y entrar en las aguas subterráneas.

Las fuentes de degradación de la calidad del aire incluye los gases generados por la descomposición de los residuos sólidos del botadero.

Medio Físico

Agua : La actividad minera-metalúrgica, utiliza en sus procesos, agua que es capturada del medio y luego la abandona. El agua de proceso por lo general está en contacto con partículas minerales y reactivos químicos de flotación, contaminándola de alguna manera. Por otro lado, el drenaje de agua de mina, que

forma parte de la propia actividad minera, también está en continuo contacto con partículas tanto de la roca encajonante como del mineral, en consecuencia sujeta a contaminación. Las aguas utilizadas en el emplazamiento minero son recolectadas en 2 líneas para su vertimiento final: la primera a través del drenaje de la presa de relaves hacia el río Lloclla y la segunda el drenaje de agua de mina a través del túnel Lloclla hacia el río Huallaga.

La carga catiónica que es el producto del volumen por la concentración, es aparentemente similar para ambos vertimientos, no obstante cuentan con 2 veces en volumen para el efluente provenientes de la relavera.

Las aportaciones de plomo, por ejemplo, son del orden de 170 mg/seg para ambos vertimientos, sin embargo, dado el volumen mayor en relaveras esta baja su concentración en 2.6 respecto al de agua de mina, haciendo que para el caso de la relavera (vertiente 6) salga airoso ante los LMPs del Anexo 2. Por otro lado los 170 mg/seg son depositados a 2 diferentes fuentes receptoras, referidas a su caudal (Huallaga 4,512 l/s y Lloclla 496 l/s) en una relación de 9 a 1, como tal el río Huallaga acepta más cómodamente la carga catiónica de plomo que el río Lloclla.

Es importante anotar, que el río Huallaga presenta una concentración promedio de plomo mayor que los LMPs (Clase III) y esto se debe a que el río ya viene contaminado (alrededor del 75% es el aporte de carga ya existente, recordemos que el río Lloclla, afluente del Huallaga, sólo es cargado en 170 mg/seg, sin embargo el río ya trae cerca de 550 mg/seg, la diferencia de carga se debe a aportes de terceros. Para el caso del río Lloclla, la vertiente 6 logra afectar la concentración en Pb del río Lloclla, superando los LMPs para el tipo de agua III.

Para el caso del plomo, es necesario disminuir la carga catiónica para ambas vertientes en un 50% y asegurar un mayor caudal promedio en la vertiente 5.

Respecto al zinc, las cargas catiónicas al río no perturban estas fuentes, pero el nivel de concentración en la vertiente 5 supera ligeramente a los LMPs (Anexo 2).

Un incremento de caudal en un 20% y una disminución del 25% de la carga catiónica en esta vertiente nos permitiría ajustarnos a la Ley.

Se recomienda bajar la carga catiónica de fierro para ambas vertientes, en un 20% (Vertiente 6) y 35% (Vertiente 5) y aumentar el caudal en este último.

Para los otros cationes metálicos: Cu, Ag, Cd, etc, mayormente no existe contaminación importante.

Un parámetro que merece atención son los Sólidos Totales Suspendedos para el Vertimiento 5, los que alcanzan un promedio de 150 mg/lit (Anexo 2, limita a 100 mg/lit). Estos valores pueden ajustarse progresivamente si se controla todo el circuito hídrico en interior mina, haciendo adecuados drenajes e interponiendo pozas de sedimentación, en el trayecto del recorrido de estas aguas, asimismo, si se controla mejor los derrames de aguas con sólidos suspendidos de las operaciones de relleno hidráulico y se hace una buena sedimentación al final de todo este recorrido (Pozas exteriores de sedimentación).

Agua: La valoración de contaminación es de importancia menor y moderada para los sólidos totales en Vertimiento 5 y carga de Zn y Fierro en los 2 vertimientos y de carácter mayor en el catión plomo. Para todos los casos son susceptibles de mitigar y controlar los niveles de contaminación en el marco que establece la Ley (011-96-EM-Anexo 2).

Por otro lado, el recurso agua que es captado por el proceso, vía recurso de manantiales (agua para uso humano e industrial) y por otros en general de las filtraciones y napas freáticas de interior mina, se la utiliza sin mayor problema, por la existencia actual de la fuente (carácter negativo moderado). Sin embargo, es necesario ir tomando medidas para proteger este recurso, ya sea manejando las aguas claras de infiltración de interior mina y/o recirculando parte del agua industrial, en la planta concentradora.

Finalmente, existen focos locales de contaminantes, que por su bajo flujo no representa mayor contaminación, sin embargo amerita controlarlos periódicamente. Sólo para el caso de efluentes mineros locales con altos contenidos de Plomo, Zinc y Fierro debe tomarse las medidas para tratar estos efluentes, pues son serios contribuyentes a las 2 vertientes principales (aquellas son aguas ácidas nivel +50, aguas de filtración del área del zinc, laboratorio de análisis químicos y aguas de mina nivel 0, -100, -200, -280, etc).

Aire : En el medio aire generalmente no existe mayor contaminación. Las posibles fuentes, son las emanaciones de gases de la termoeléctrica, sin embargo esta planta muy raras veces entra en operación y por poco tiempo. Otra fuente de contaminación son la presencia de polvos tanto en el área de chancado primario, como secundario y en el interior de la mina tanto en las operaciones de minado y/o voladura como de vías de intenso tráfico. Para el caso de los polvos en el área de chancado, existen instalaciones especiales (mangas filtrantes), que controlan el nivel del polvo y para el caso de interior mina, se utiliza los sistemas de ventilación, para limpiar el aire contaminado.

En general, este rubro puede considerarse de carácter neutro sin importancia; y sólo localmente o focalmente de carácter negativo y de importancia moderada, dado su carácter de temporabilidad, corta, no requiere de mayor mitigación, pero si de controlar las variaciones extremas que puedan ocurrir. Asimismo, controlar las concentraciones de partículas de <10 um de diámetro (respirables); en las áreas donde existen concentraciones de polvo. En relación a olores, esta pueda considerarse de carácter neutro y sin importancia, salvo la nave de preparación de reactivos químicos de flotación. Este efecto local se puede manejar utilizando máscaras adecuadas para este fin, en el tiempo de que el operario permanezca en el interior de la nave.

Ruidos : Para este parámetro puede considerarse de carácter negativo y de menor importancia, pues son muy pocas las fuentes que generan ruido (área de chancado secundario, planta de producción de aire a presión y transporte de vehículos). Esta alteración al medio humano, está relacionado al funcionamiento de los equipos y su efecto termina cuando éstos dejen de operar.

Vibraciones : Al igual que el ruido, en términos generales se puede considerar de carácter ligeramente negativo y de menor importancia, siempre y cuando estén operando los equipos que transmiten tales efectos (chancadoras, plantas de producción de aire a presión, termoeléctrica, etc).

Medio Biológico: Las perturbaciones que suceden en el suelo por remoción o por cubrimiento, producen disturbios sobre el componente biológico que ahí habita: la vegetación natural predominantemente de tipo graminal, usada por el poblador como forraje para su ganado, como combustible o como medicina y la vida animal que de esta depende ganado, animales silvestres, diversos invertebrados-. Los

impactos son negativos, de importancia local moderada aunque de importancia regional menor. Por lo general en las operaciones mineras que producen vibraciones y ruidos fuertes, la fauna silvestre circundante es ahuyentada temporalmente. El impacto de ahuyentar a la fauna es negativo, de importancia menor y temporal.

En los materiales desecados e inertes contenidos en la presa de relaves hay sustancias susceptibles de activarse químicamente al ser humedecidas. Precipitaciones pluviales y/o escorrentías de gran volumen pueden ser los causantes. Cuando cursos de agua ubicados mas abajo reciben por arrastre concentraciones perjudiciales de dichas sustancias, la vida acuática es afectada, significando impacto negativo, de importancia variable entre menor y mayor, y de duración también variable.

En el área del emplazamiento minero no hay animales en peligro de extinción o en situación de riesgo. Existen especies nativas de flora, de porte arboreo, en situación de riesgo como colle y quinal, las cuales son propagadas en el área del emplazamiento minero y sus alrededores.

Medio Humano: Los espacios involucrados actualmente en las actividades minero-metalúrgicas han tenido cambio de uso: De ser predominantemente para pastoreo a practicarse en ellas la extracción y el procesamiento de minerales.

Las actividades minero-metalúrgicas vienen brindando mejor rentabilidad económica al medio, mayor población y mejora de las expectativas económicas para las personas involucradas. Por lo tanto el impacto por cambio de uso es positivo de importancia local mayor e importancia regional menor. Es temporal y reversible. El funcionamiento del campamento minero permite mejorar la

cobertura y la calidad de educación escolar, la atención de la salud humana, las condiciones de vivienda, el nivel de ingreso de los trabajadores y sus familias, el desarrollo del comercio local y regional, la confortabilidad de las familias beneficiadas, entre otros. Estos aspectos son ventajas potenciales que pueden permitir y de hecho lo hacen, el establecimiento de buenas relaciones con los vecinos. Es notorio el carácter positivo del impacto social, cuya importancia local es mayor y la importancia regional es menor. Es temporal.

• **Actividades Impactadas por Terceros**

Suelos: La actividad de otras minas ubicadas en las riberas del río Lloclla y Huallaga, incrementa el tráfico vehicular, desmontes, etc. Incrementan la modificación del medio físico suelo, dado que éste es provocado por terceros.

Líquido: Ya se había mencionado que la carga de contaminantes de la actividad minera de Milpo, que en un primer momento descarga al río Lloclla, luego acepta la descarga de San Miguel, a continuación se une con el Pariamarca para formar el Huallaga y finalmente, recibe la descarga catiónica de aguas de mina de Milpo. Como se observa, no es posible hacer un balance total de la descarga de cationes al sistema hídrico del Huallaga, por el aporte de carga no conocido, de minas San Miguel.

Humano: En general está referido al movimiento social-económico que se desarrolla en los alrededores del emplazamiento minero: comercio, incremento de las actividades de agricultura y pastoreo, educación, etc, el impacto relacionado a un mejor nivel de vida, salud y educación es de carácter mayor positivo, superando los impactos negativos dados en una mayor contaminación del agua y suelo.

VIII.-ESTABLECIMIENTO DE UN MODELO DE CONTROL SIMULTANEO DE CONTAMINANTES EN EL CURSO DEL RIO

Para evaluar el efecto de una sustancia potencialmente tóxica en el ecosistema acuático, es necesario estimar o predecir la concentración de la sustancia química en varios lugares dentro del cuerpo de agua a través del tiempo. Uno de los mecanismos para calcular estas concentraciones es a través del uso de modelos del destino de las sustancias químicas en un sistema de agua superficial.

El modelo de control simultáneo establecido en el curso del río esta basado en las siguientes condiciones:

Determinar claramente el factor de dilución de los afluentes en el cuerpo receptor.

Determinar la concentración de metales en el punto de mezcla.

Realizar un balance de cargas catiónicas y aniónicas relacionando el volumen con la concentración considerando también los límites máximos permisibles, estimar las variaciones de caudal en épocas de estiaje y avenidas.

Modelar el comportamiento de las concentraciones de los contaminantes que registra cada estación a lo largo del curso del río, analizar otros tipos de afluentes que pueden estar influenciando el sistema.

Controlar los caudales por aforos en ríos, canales, descargas.

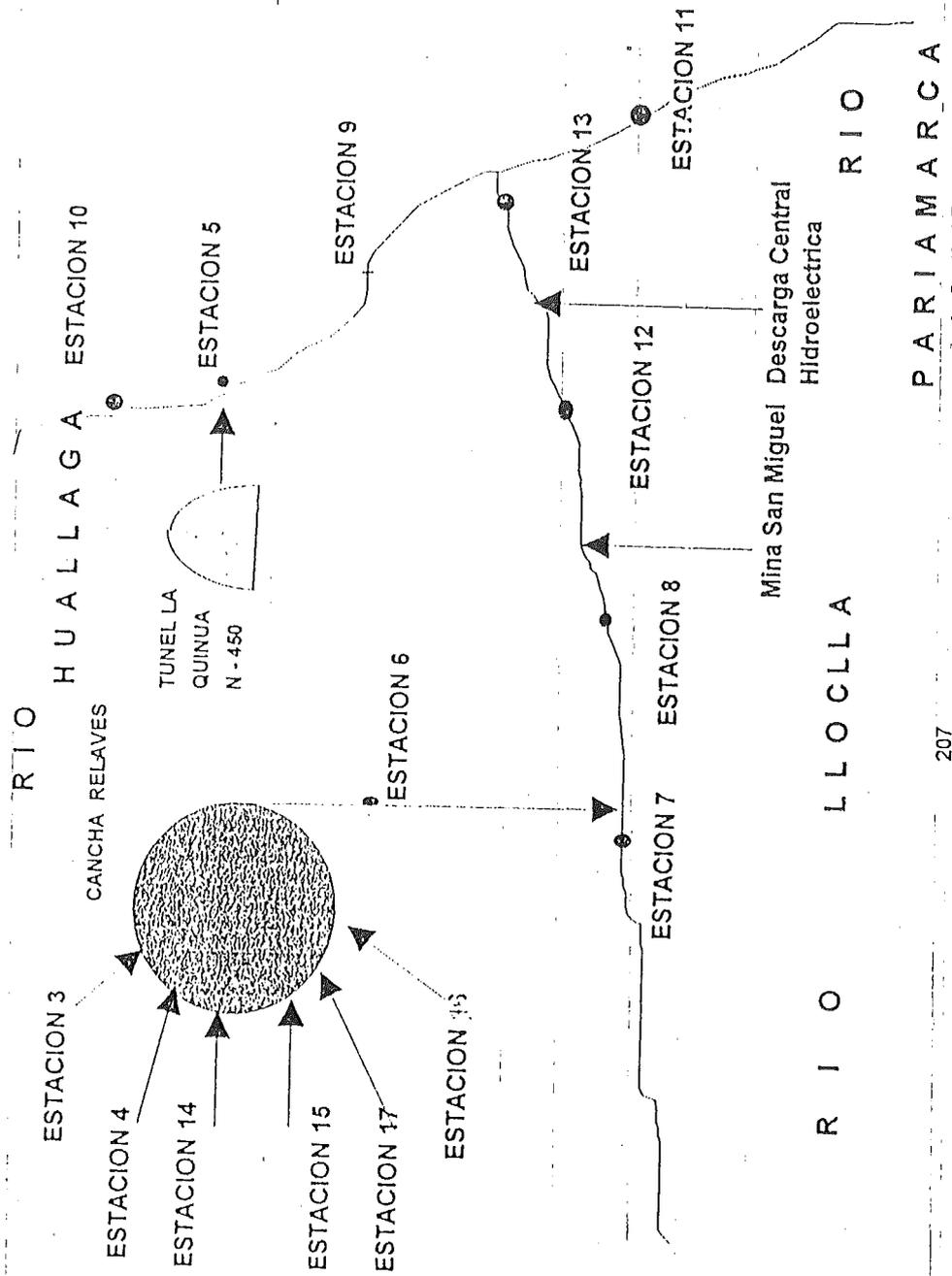
En los modelos de sustancias tóxicas se deben considerar mecanismos tales como sorción y desorción de la sustancia química a las partículas (sólidos inorgánicos y orgánicos), sedimentación, resuspensión, disposición e incorporación de los sedimentos de fondo del cuerpo de agua, difusión del tóxico del agua a los poros del sedimento, intercambio atmosférico entre la sustancia química en la atmósfera y la sustancia química en el agua,

pérdida de la sustancia química debido a la biodegradación, fotólisis e hidrólisis, bioconcentración por los organismos acuáticos, transferencia de la sustancia química a la cadena alimenticia hacia alimentos acuáticos de nivel trófico superior por ejemplo peces, microflora acuática, etc. Una de las determinaciones importantes que deben hacerse al estructurar los modelos de destino de sustancias tóxicas es la decisión de cuáles de estos mecanismos se deberán incluir en el modelo, como se presentará a continuación. Para algunas sustancias químicas la sorción en los sólidos no es significativa y para una primera aproximación puede no ser considerada. También para otras sustancias químicas las pérdidas por biodegradación, fotólisis, hidrólisis, etc, pueden ser insignificantes y el mecanismo completo se determina por los mecanismos de sorción o desorción a y desde las partículas.

En la **Figura N° 18** se presenta un esquema que muestra los puntos referenciales a lo largo de los cuerpos receptores en la cual se puede plasmar el modelo para la variación de cada contaminante.

Fig N° 18 : CONTROL DE LA CONTAMINACION DE AGUAS SUPERFICIALES

CONCENTRACIONES • CAUDAL = CARGAS



IX.- ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS

Del diagnóstico químico ambiental se deduce que existen diferentes alternativas de tratamiento para el caso de aguas ácidas, aguas residuales domésticas, agua de mina con alta carga de sólidos suspendidos y agua de relaves con carga catiónica y aniónica.

Tabla N° 65

Tipo de Agua	Alternativa de Tratamiento
Agua ácida: oxidación de la pirita a sulfato de fierro, pH <3, alto contenido de sólidos disueltos, elevada conductividad, metales disueltos tales como plomo, zinc, cobre, fierro.	Neutralización de las aguas ácidas, determinación del potencial ácido base, cementación de zonas emergentes, impedir el ingreso de aire para tratar de evitar la oxidación de la pirita en zona piritosas.
Agua de mina: presenta alto contenido de sólidos suspendidos caracterizados por contener plomo, zinc, fierro, pH>7 básico por la presencia de material calcáreo como roca encajonante.	Construcción de pozas de sedimentación para retención de partículas sólidas, sedimentables, etc. Estudios para el tratamiento de coloides, colocación de mantas geosintéticos para proteger las aguas subterráneas.
Agua residual doméstica: contenido de carga orgánica y microbiológica.	Estudio de prefactibilidad para el tratamiento de aguas residuales domésticas, considerando la altitud, temperatura, carga orgánica, carga microbiológica, tiempo de digestión, eficiencia, disposición de terreno, reuso del agua tratada.
Aguas de relaves: pH > 6.5, contenido de coloides, caracterización química(fierro, plomo, cianuro, sulfato, cobre, cadmio)	Tratamiento primario, construcción de cámara de rejas, desarenador, sedimentador, tratamiento biológico-wetland., el objetivo producir agua clase VI.

X.- DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE REVEGETACION DE SUELOS

Los suelos son impactados por la mala disposición de los residuos peligrosos y no peligrosos que se extrae de la mina, materiales estériles y relaves antiguos. Por lo tanto se debe realizar una clasificación de los residuos, manejo y disposición final; por ejemplo, destinar alguno de ellos a terceros para su reuso y otros disponerlos a rellenos de seguridad. Con el material estéril que se genera por la extracción del mineral se debe disponer en terraplenes. También se debe estabilizar los taludes y plantar en surcos y contornos para recuperar suelos erosionados.

En cuanto a la disposición de relaves antiguos según estadísticas se ha calculado que la contaminación por relaves mineros era del orden de 53.3 millones de TN/año, de este volumen se calculó que el 82.6% era vertido por la gran minería, el 13.5% por la mediana minería y el 0.3% por la pequeña minería. Siendo una de las preocupaciones más importantes la de conseguir un adecuado equilibrio entre el desarrollo y protección del medio ambiente y garantizar la calidad de vida, se tiene que propiciar algunos trabajos experimentales sobre revegetación el cual consiste en recubrir los relaves antiguos mediante el sembrío de especies vegetales ornamentales, preparar el suelo mediante mezcla de suelo orgánico y relaves antiguos, considerar las condiciones climáticas, altitud y temperatura; para ello se desarrolla trabajos experimentales de campo, produciendo suelo orgánico con contenido de nutrientes materia orgánica (producidos por papel, residuos orgánicos de comida), humos y producción de lombrices, etc el cual resulta económicamente rentable.

La preocupación de todo trabajo de revegetación apunta a evaluar la cantidad de metales y sustancias tóxicas que se acumulan en las especies vegetales que se toman como ensayo y

mediante los resultados obtenidos se interpretan y analizan comparándolo con especies vegetales desarrolladas sobre suelo natural de tal manera que se tome conciencia y elija que es lo mas recomendable sembrar bajo criterios de selectividad y seguridad a la cadena alimenticia.

El suelo sufre una serie de cambios físicos y químicos a través del tiempo al entrar en contacto con sustancias químicas que contiene los relaves generados por las plantas de beneficio originándose variaciones de pH, y decaimiento de la actividad tampon, acumulación de sustancias tóxicas que contienen remanentes de reactivos de flotación, ganga, acumulación de minerales con baja ley, generación de agua ácida, de tal manera que existe un deterioro de la calidad física y biológica de la micro flora y fauna del suelo.

Entonces el criterio de selectividad es muy importante contemplar, basándonos en que las plantas tienen la capacidad de absorber los electrolitos disueltos en el agua y tienen aceptación y capacidad de acimilación por un determinado elemento entonces esto nos conduce a pensar sobre todo en la calidad de vegetal que se va a producir para la revegetación sobre este tipo de sedimento. Por lo tanto se debe aplicar nuevas técnicas de desarrollo y adaptación sobre suelos infértiles de tal manera que se cree estrategias de control y vigilancia en el sembrío de las mismas.

XI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1 Conclusiones

Las conclusiones del presente trabajo de tesis son las siguientes:

- 1.- Las variaciones de los flujos se presentan en las épocas de estiaje y avenidas influenciando en la dilución de los contaminantes en algunas épocas y en otras concentrándolas.
- 2.- Las variaciones de la concentración de los contaminantes son muy dispersas reportándose niveles altos y bajos esto se debe a la manera como se opera y controla la planta en los diferentes turnos.
- 3.- Una unidad de producción minero metalúrgica por lo general presenta puntos críticos de contaminación en las aguas de mina con alto contenido de sólidos totales suspendidos, plomo, zinc y fierro, esto se observa en la Estación N° 05 que descarga al río Huallaga.
- 4.- El efluente de la Estación N° 06 necesita recibir tratamiento adicional si se quiere usar como agua de Clase III (bebida de animales y riego de vegetales) o Clase VI (aguas de zona de preservación de fauna acuática) considerando disminuir los sólidos coloidales y suspendidos, contenido de cianuro, plomo, zinc, fierro y otros elementos tóxicos que podrían deteriorar la calidad de vida si se aplicara indicadores biológicos.
- 5.- En la Unidad de Producción Minero Metalúrgica el tipo de mina es subterránea y esto favorece la calidad de aire ambiental que esta por debajo de los LMPs.
- 6.- Los ríos tienen una capacidad de aceptación de contaminantes y autopurificación, por lo que la protección de la calidad de los ríos Lloclla y Huallaga se debe manejar adecuadamente por que en el tiempo se podrá correr el riesgo de sobrepasar el rango de aceptación de contaminantes, esto quiere decir que valiéndose de las diluciones se va reduciendo la concentración pero a la vez se va formando la acumulación de los

sedimentos en los lechos, por lo que la remoción de sedimentos va actuando y manteniendo constante la contaminación.

11.2 Recomendaciones:

Las recomendaciones del presente trabajo de tesis son las siguientes:

- 1.- Realizar un análisis de los sedimentos en los lechos de los ríos afectados por la contaminación .
- 2.- Seguir evaluando la calidad de agua, aire y suelo mediante los controles de monitoreo.
- 3.- Desarrollar trabajos de investigación en la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales por métodos biológicos.
- 4.- Controlar las operaciones en cada línea, dosificación de reactivos, rate de flotación, introducir la automatización en algunas líneas de operación.
- 5.- Estudiar la posibilidad de reuso de las aguas residuales de la planta concentradora que pasan por la cancha de relaves, caracterizandola fisicoquímicamente y compararla con las condiciones de calidad de agua para uso industrial y la requerida en la planta concentradora.

XII.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- Sheferd, T.; Millones, Millones O., Enrique; Mogrovejo, José; "Guía para Elaborar Estudios de Impacto Ambiental"; Ediciones e Impresiones Aurora Lavado Salinas, Lima Perú, 1994, Volumen V, pag N°01.
- 2.- Sheferd, T.; Millones O., Enrique; Mogrovejo, José; "Guía para Elaborar Programas de Adecuación y Manejo Ambiental"; Ediciones e Impresiones Aurora Lavado Salinas, Lima Perú, 1994, Volumen VI, pag N°01.
- 3.- Dirección General de Asuntos Ambientales; República del Perú; Ministerio de Energía y Minas; "Compendio de Normas Ambientales para las Actividades Minero Energéticas"; Firmat Editores & Impresores S.A., Lima Perú, 1997, pag 01-50.
- 4.- Sheferd, T.; Millones, Millones O., Enrique; Mogrovejo, José; "Guía Monitoreo Calidad de Agua"; Ediciones e Impresiones Aurora Lavado Salinas, Lima Perú, 1994, Volumen IV, pag N°01- 45.
- 5.- Gentry, W., Donald; Agreda, Carlos; Mogrovejo, José; "Guía Ambiental para la Perforación y Voladura en Operaciones Mineras"; Ediciones e Impresiones Aurora Lavado Salinas, Lima Perú, 1994, Volumen XII, pag N°40 - 78.
- 6.- Estudio de las Regiones del Perú; INRENA; Lima Perú, 1972. Pag N° 25 - 30.
- 7.- Gilluly, J, Waters; "Principios de Geología"; Editorial Freeman, San Francisco USA, 1989, pag. N° 10 - 23.
- 8.- Holmes, G; "Principios de Geología Física"; Editorial Mac Millan, London Inglaterra, 1992.

- 9.- Danae, S.; "Enciclopedia de Geografía y Recursos Naturales"; Ediciones Oceano, Barcelona España, 1989 pag N° 2653 - 2670.
- 10.- Park, F., Charles; Mac Diarmid, A., Roy; "Ore Deposits" Editors Freeman, San Francisco USA, 1970, pag 59 - 112.
- 11.- Samamé, Boggio, Mario; "El Perú Minero; Tomo VI, 1ra Edición Lima Perú," 1995, pag N° 638.
- 12.- Park, F., Charles; Mac Diarmid, A., Roy; "Ore Deposits" Editors Freeman, San Francisco USA, 1970, pag 272 - 283.
- 13.- Mason, Brian; "Principios de Geoquímica"; Ediciones Omega, Barcelona España, 1960, pag N° 12 - 18.
- 14.- Cook, Melvin, A.; "The Science of Industrial Explosives, Ireco Chemicals, Salt Lake City, UT, USA, 1974. pag 36 - 56.
- 15.- Cook, Melvin, A.; "Explosives and Rock Blasting"; Atlas Powder Company; Dallas; TX, USA; 1987. Pag 89 - 96.
- 16.- Marlatt, Willian, E.; Huyhua, Juan, C.; Lanza, Jorge, V.; Calzado, P., Luis; "Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones" ; Firmat Editores & Impresores S.A., Lima Perú, 1997, pag 01-38.
- 17.- Samamé, Boggio, Mario; "El Perú Minero; Tomo VI, 1ra Edición Lima Perú, 1995, pag N° 827 - 848.
- 18.- Tantalean, Vanini, Guillermo; " Metalurgia General"; 1ra Edición UNMSM, Lima Perú, 1991. pag N° 10 - 42.
- 19.- Butts, Allison; " Metalurgia" Mc Graw-Hill; New York, 1952, pag 56 - 89.
- 20.- Tantalean, Vanini, Guillermo; "Sumario de Metalurgia"; 3ra Edición, Editorial El Universo, Lima Perú 1996, pag 10 - 18

- 21.- Pelke, Robert, D.; "Unit Processes of Extractive Metallurgy"; American Elsevier Publishing Co. New York Usa, 1975, pag 56 - 78.
- 22.- Chía, Juan F.; "Costos de Equipos y Procesamiento de Minerales"; Centromin Perú; 1984 Lima Perú, pagN° 01 - 30.
- 23.- Satalov, Alexander; "Flotación de Minerales "; Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Universidad de Concepción, Chile, 1963, Folleto, pag 131 - 171.
- 24.-Reactivos de Flotación S.A.; "Colectores y Espumantes" ; Boletín Técnico; Octubre 1986; N°02 pag N° 01 - 05.
- 25.-Administración de Minas Condoroma S.A. (ADMINCO); "Manual para Flotadores"; Lima Perú, 1991.
- 26.- Hilborn, Kevin; " Samples from Metallurgical Plants"; Mac Grown Hill, USA, 1989. Pag 67 - 81
- 27.-Smith, G.A.; Sampling in the Mineral and Metallurgical Processing Industries. The Institute of Mine and Metallurgic, London, July 1973. Pag 45 - 63.
- 28.- Sheferd, T.; Millones O., Enrique; Mogrovejo, José; "Guía para Elaborar Estudios de Impacto Ambiental"; Ediciones e Impresiones Aurora Lavado Salinas, Lima Perú, 1994, Volumen Iii, pag N°01- 30.
- 29.- Millones Olano; Estudio de Impacto Ambiental; Seminario colegio de Ingenieros del Perú; Lima Perú, Mayo 1998, pag N° 01- 80.
- 30.- Dirk, Van, Zyl; "Guía Ambiental para el Cierre y Abandono de Minas"; Ediciones e Impresiones Aurora Lavado Salinas, Lima Perú, 1994, Volumen IX, pag N°01- 55.
- 31.- Dirk, Van, Zyl; "Estabilidad de Presa de Relaves"; Ediciones e Impresiones Aurora Lavado Salinas, Lima Perú, 1994, Volumen XI, pag N°01- 60.

ANEXOS

FIG. 19: ESQUEMA QUE ILUSTR A EL MANEJO DE MATERIAL A SER EXTRAIDO.

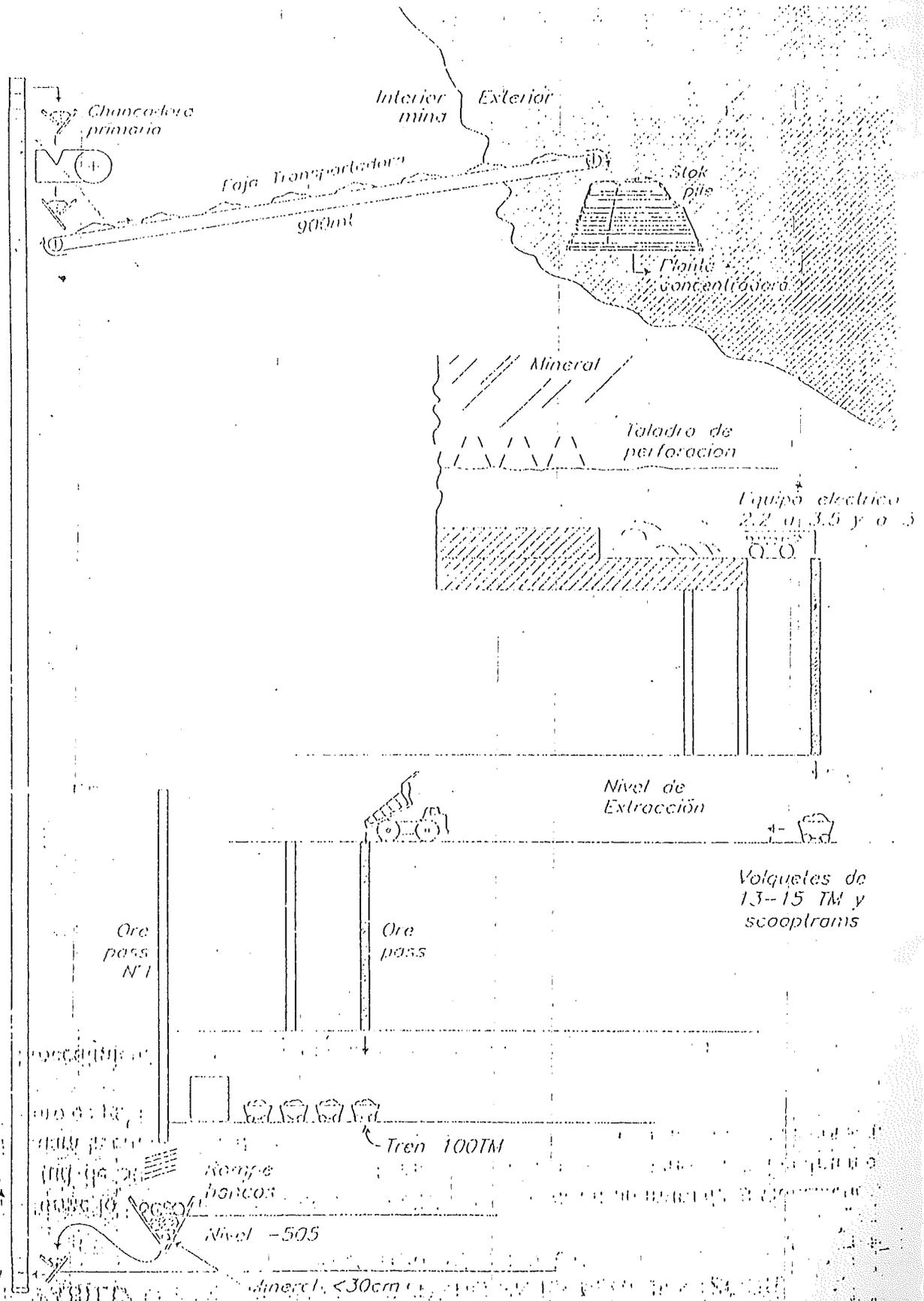
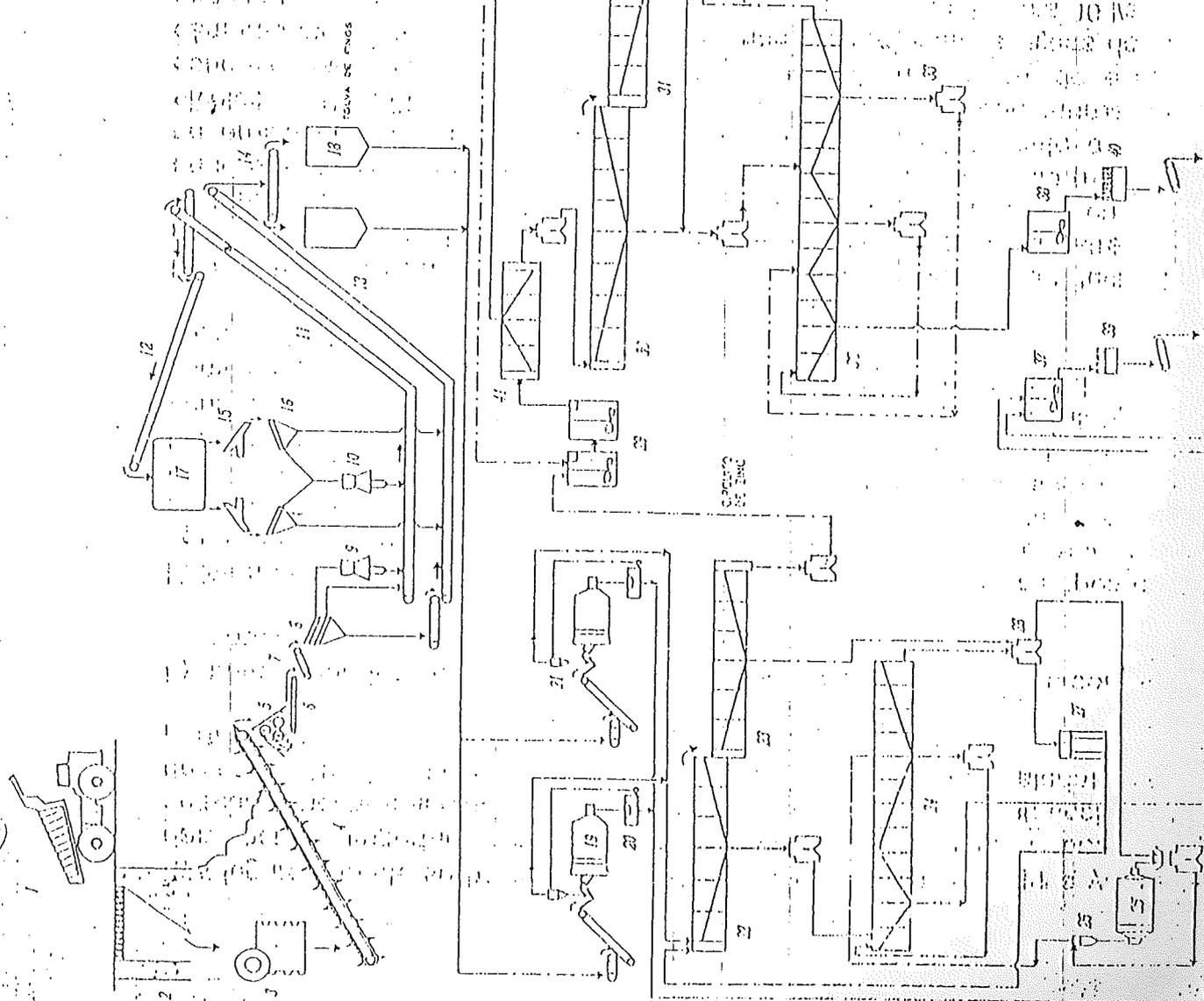


FIG. 20: DIAGRAMA DE FLUJO

PREPARACION MECANICA
Y FLOTACION



NUM. CANT.	DESCRIPCION
01	CAMION
02	TRACTOR
03	GRANADERO DE CASCAS REMIT 90CMS 30" x 40"
04	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
05	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
06	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
07	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
08	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
09	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
10	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
11	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
12	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
13	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
14	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
15	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
16	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
17	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
18	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
19	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
20	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
21	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
22	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
23	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
24	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
25	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
26	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
27	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
28	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
29	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
30	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
31	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
32	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
33	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
34	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
35	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
36	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
37	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
38	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
39	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
40	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
41	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
42	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
43	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
44	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
45	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
46	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
47	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
48	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
49	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
50	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
51	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
52	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
53	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
54	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
55	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
56	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
57	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
58	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
59	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
60	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
61	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
62	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
63	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
64	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
65	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
66	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
67	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
68	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
69	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
70	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
71	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
72	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
73	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
74	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
75	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
76	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
77	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
78	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
79	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
80	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
81	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
82	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
83	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
84	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
85	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
86	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
87	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
88	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
89	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
90	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
91	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
92	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
93	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
94	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
95	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
96	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
97	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
98	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
99	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.
100	PARA HRS. 1 30' x 1.200 MIL.

Fig. N°21: ESQUEMA QUE MUESTRA EL DRENAJE DE AGUA DE MINA (VERTIMIENTO Pto.5)

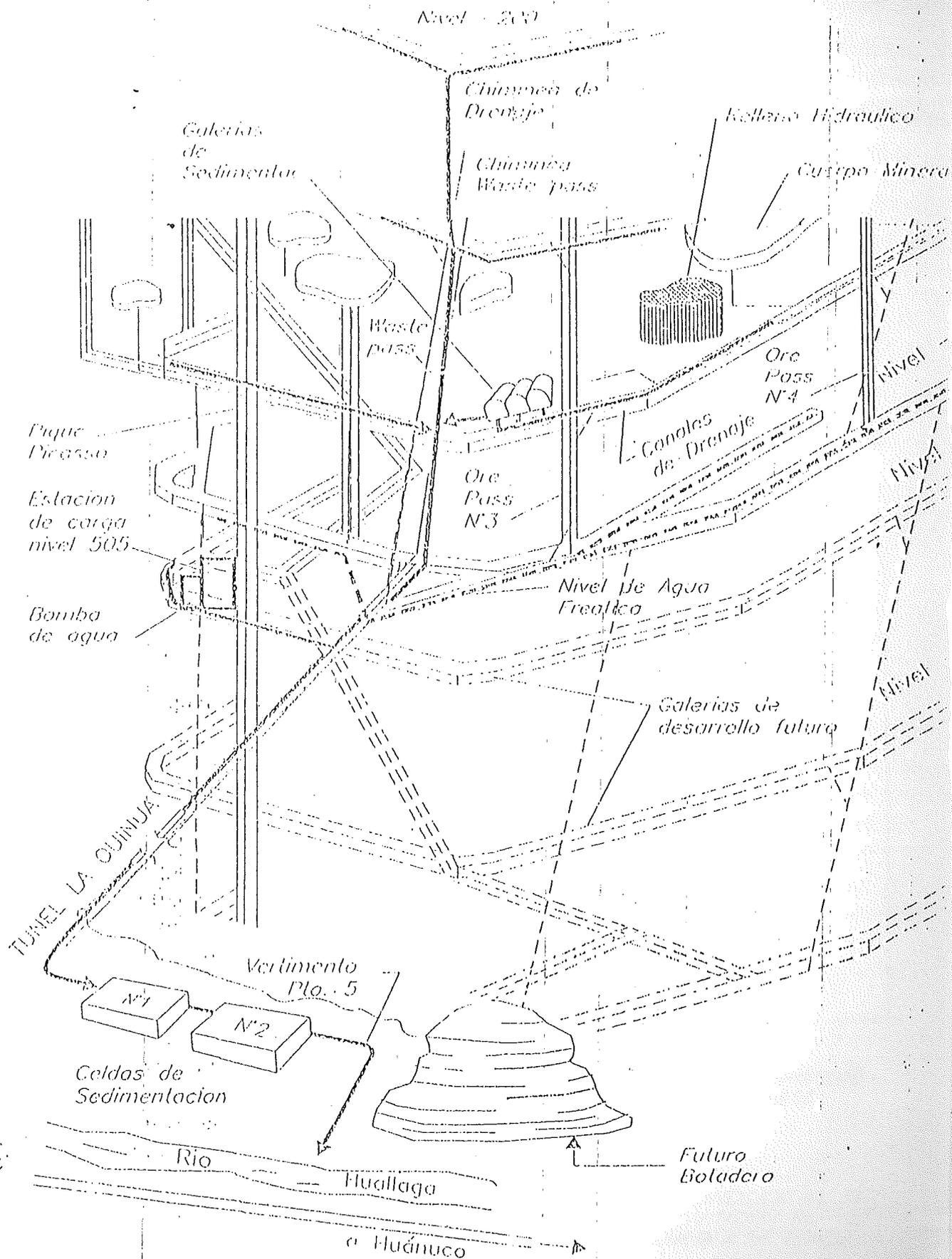
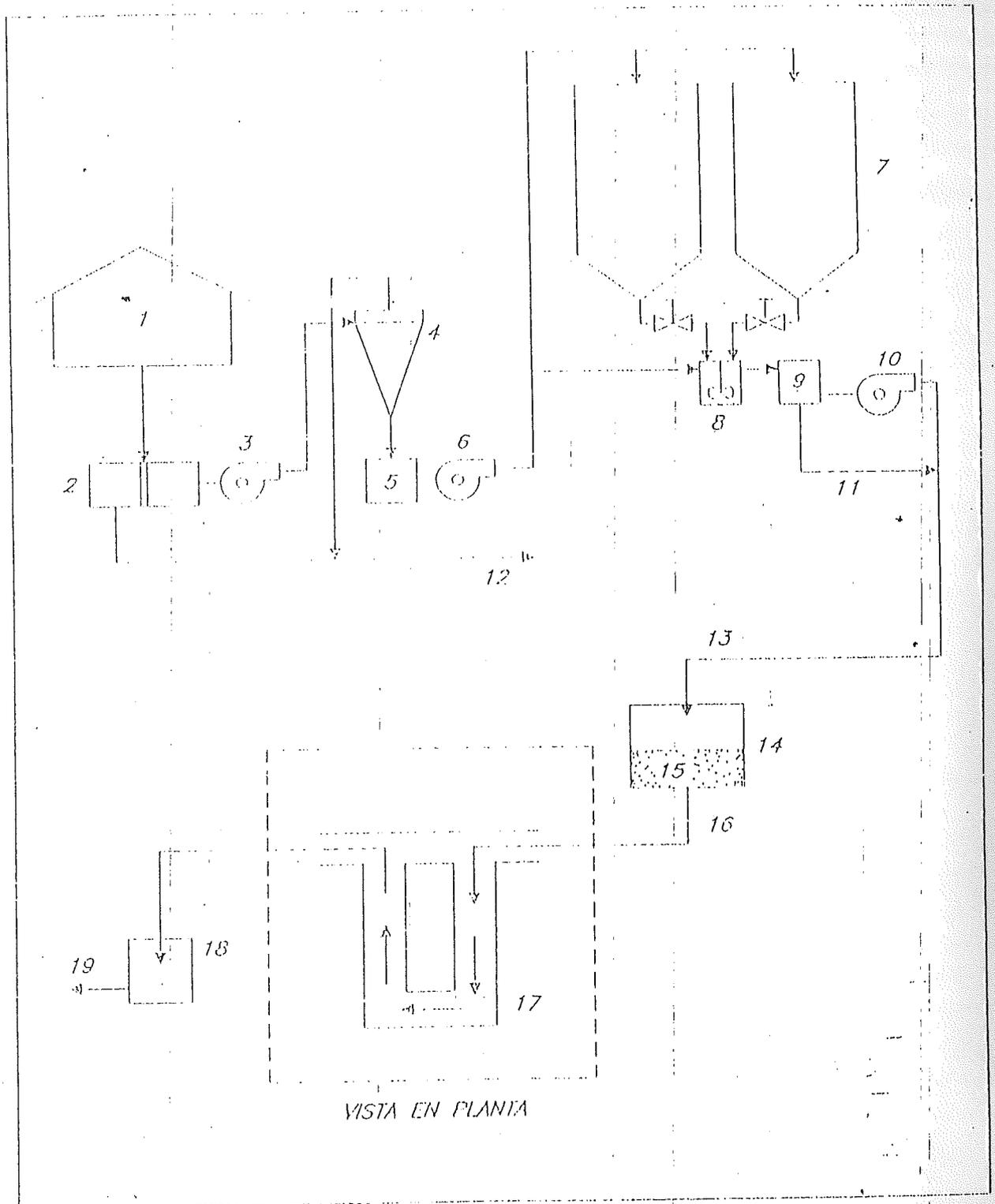


Fig N° 22: Circuito de arenas gruesas para relleno hidraulico



VISTA EN PLANTA

LEYENDA:

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1.- PLANTA CONCENTRADORA | 11.- DESCARGA A MINA POR GRAVEDAD |
| 2.- TANQUE DE RELAYE FINAL DE PLANTA | 12.- CUNETAS DE RELAYE A PRESA |
| 3.- BOMBA CENTRIFUGA | 13.- TUBERIA DE 5" A MINA |
| 4.- BATERIA DE CICLONES | 14.- TAJEO |
| 5.- TANQUE DE RELAYE CLASIFICADO | 15.- RELLENO |
| 6.- BOMBAS CENTRIFUGAS | 16.- AGUA DE DRENAJE |
| 7.- SILOS DE RELAYE CLASIFICADO | 17.- CAMARAS DE DECANTACION NV. INF. |
| 8.- TANQUE AGITADOR | 18.- CAMARA DE DECANTACION NV. -150 |
| 9.- TANQUE DISTRIBUIDOR | 19.- AGUA POR CUNETAS A LA QUINUA |
| 10.- BOMBAS CENTRIFUGAS | |

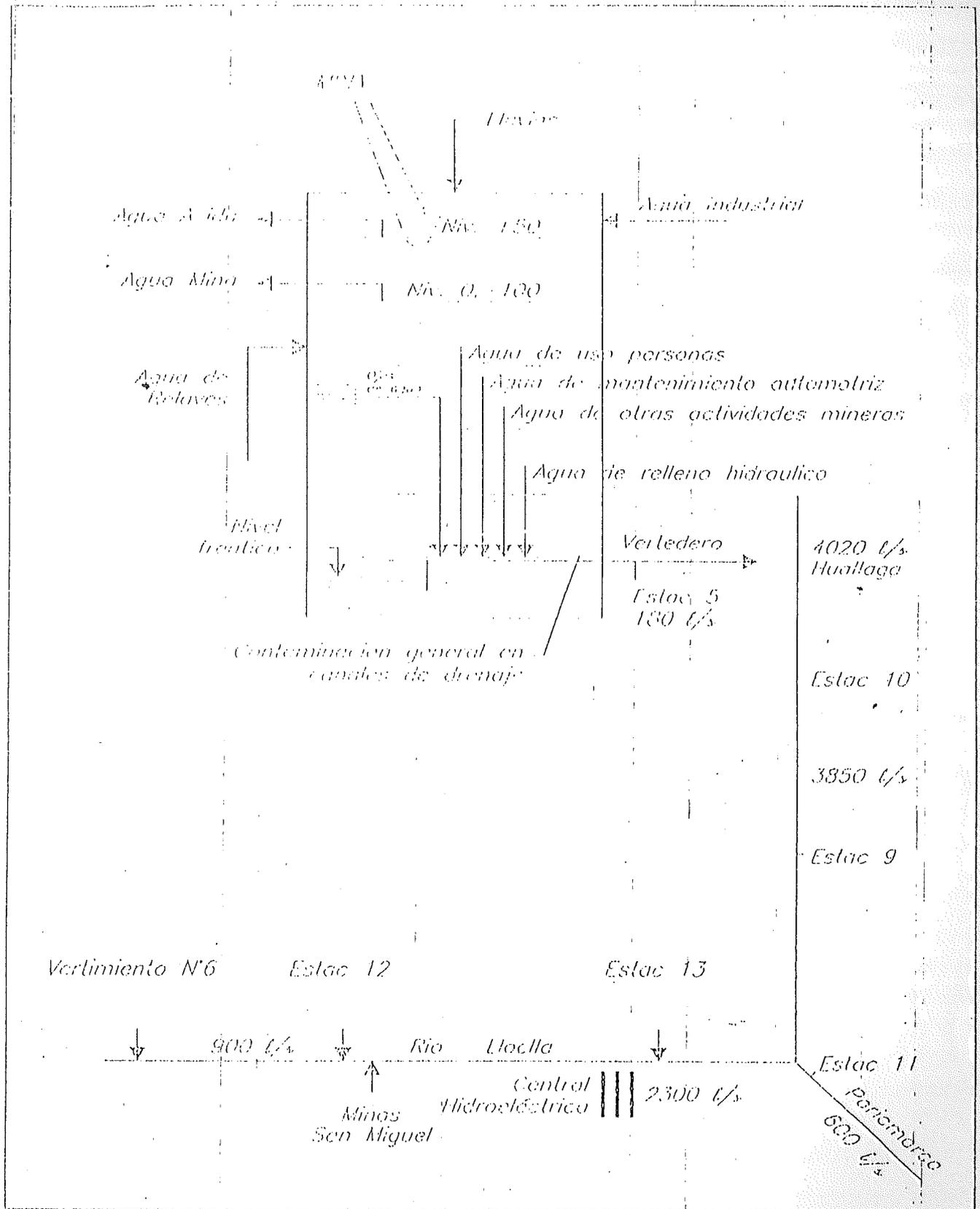
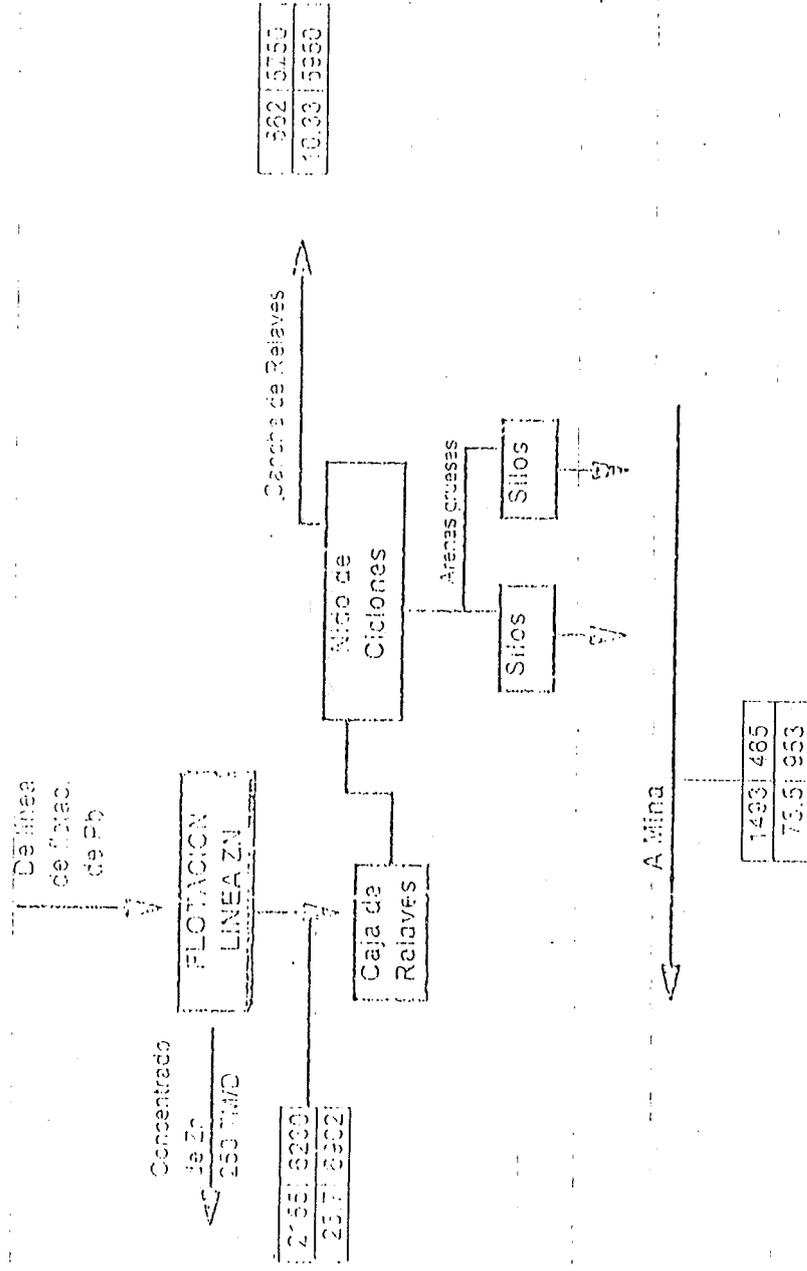


FIG N° 23: Esquema del drenaje Hidráulico
 Concerniente al area de Mina
 hacia el Rio Huallaga
 (Estacion 5)

FIG N° 25 : LINEA DE RELAVES
TRAT.: 2.600 T/M/D



LEYENDA

T/D Sólidos	M3/D Agua
% Sólidos	M2/D Pulpa

PLANTA CONCENTRADORA



PLANTA DE RELAYE



CANAL DE DISTRIBUCION DE RELAYES

FUTURA LAGUNA

ELEVACION DEL DIOQUE

LAGUNA

VENTANA

RELAVE

DIOQUE

PLAYA DE ARENAS GRUESAS

PICQUE

TINEL

DRENAJE DE AGUA

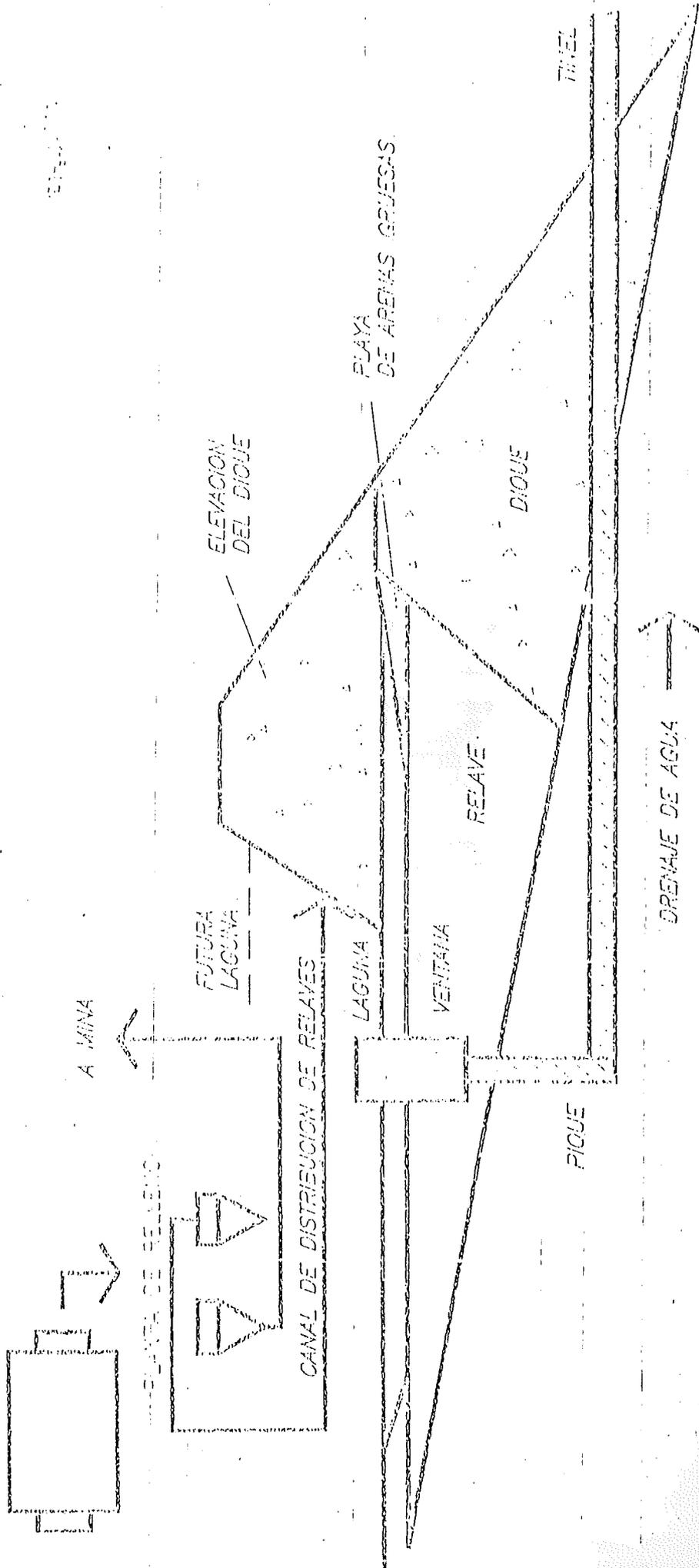


Fig N° 26: ESQUEMA DEL DEPOSITO DE RELAYES

LEY GENERAL DE AGUAS D.L.N. 17752 Y SUS MODIFICACIONES AL REGLAMENTO DE LOS TITULOS I, II, III SEGUN EL DECRETO SUPREMO No. 007-88- S.A. CLASIFICACION DE LOS CURSOS DE AGUA-Y DE LA ZONA COSTERA

PARA EFECTOS DE PROTECCION DE LAS AGUAS CORRESPONDIENTES A LOS DIFERENTES USOS - VALORES LIMITES

DENOMINACION	CURSOS DE AGUA						AGUA MARITIMA						EXPRESADO
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI	
ALUMINIO	0.10	0.10	0.20	1.00	-1	---	---	---	1.00	1.00	1.00	---	mg/l como Al
ARSENICO	0.10	0.10	---	1.00	0.01	-0.05	0.10	0.10	0.20	1.00	1.00	0.01	mg/l como As
BARIO	0.01	0.01	0.05	+0.50	---	0.10	0.05	---	---	---	---	+0.50	mg/l como Ba
CADMIO	0.01	0.01	0.05	---	0.0002	0.0004	-0.10	0.10	0.05	---	---	0.0002	mg/l como Cd
CANURO	0.20	0.20	+1	---	0.0005	0.005	0.20	0.20	+1	---	---	0.0005	mg/l como CN
COBALTO	---	---	---	0.20	+0.20	---	---	---	0.20	0.20	0.20	+0.20	mg/l como Co
COBRE	1.00	1.00	0.50	3.00	+0.0.1	---	---	1.00	1.00	0.50	0.50	3.00	mg/l como Cu
COLOR	0	10	20	30	+30	---	0	5	20	30	30	+30	Unidad de Color
CROMO HEXA	0.05	0.05	1.00	5.00	0.05	0.05	0.05	0.05	1.00	5.00	5.00	0.05	mg/l como Cr+6
COLIFORMES TOTALES	8.8	20,000	5,000	5,000	1,000	20,000	2-3	20,000	5,000	5,000	1,000	20,000	NMP/100 ml
COLIFORMES FECALES	0	4,000	1,000	1,000	200	4,000	0	4,000	1,000	1,000	200	4,000	NMP/100 ml
OXIGENO DISUELTO	3	3	3	3	5	4	3	3	3	3	3	4	mg/l
D.B.O	5	5	15	10	10	10	5	5	15	10	10	610	mg/L
FENOLES	0.0005	0.001	+0.001	---	0.002	0.002	0.0005	0.001	+0.001	---	---	0.002	mg/L como C6H5OH
HIERRO	0.30	0.30	1.00	---	---	---	0.30	0.30	1.00	---	---	---	mg/l como Fe
FLUORUROS	1.50	1.50	2.00	---	---	---	1.50	1.50	2.00	---	---	---	mg/l como F
LITIO	---	---	---	5.00	+5.00	---	---	---	5.00	5.00	---	+5.00	mg/l como Li
MAGNESIO	---	---	150	---	---	---	---	---	---	---	---	---	mg/l como Mg
MANGANESO	0.10	0.10	0.50	---	---	---	0.10	0.10	---	---	---	---	mg/l como Mn
ACEITES Y GRASAS	1.50	1.50	0.50	0.00	No Perc	---	1.50	1.50	0.50	0.000	---	---	mg/l
MERCURIO	0.002	0.002	0.01	---	0.001	0.002	0.002	0.002	0.01	0.001	0.001	0.001	mg/l como Hg
NITRATO	0.01	0.01	0.10	---	---	---	0.01	0.01	0.01	---	---	---	mg/l como NO3
NIQUEL	0.0002	0.002	0.002	0.50	0.002	---	0.002	0.002	60,002	0.50	0.50	0.002	mg/l como Ni
pH	5-9	5-9	5-9	5-9	5-9	---	6-9	6-9	6-9	6-8.5	6-8.5	---	---
PLATA	0.05	0.05	0.5	---	---	---	0.05	---	0.05	---	---	---	mg/l como Ag
PLOMO	0.05	0.05	0.10	---	0.01	0.03	0.05	0.05	0.10	---	---	0.001	mg/l como Pb
P.C.B	0.001	0.001	+0.001	---	0.002	0.002	0.001	0.001	+0.001	---	---	0.002	mg/l como PCB
SELENIO	0.01	0.01	0.05	0.05	0.005	0.01	0.01	0.01	0.05	0.05	0.05	0.01	mg/l como Se
SOLIDOS FLOTANTES	0.00	0.00	0.00	Peq.cant	moder	---	0.00	0.00	0.00	Peq.cant	---	---	---
SOLIDOS SUSPENDIDOS	---	---	---	---	---	---	---	---	---	+100	---	---	---
SULFATOS	---	---	400	---	---	---	---	---	---	---	---	---	mg/l
SULFUROS	0.001	0.002	+0.005	---	0.002	0.002	0.001	0.002	-0.005	---	---	0.002	mg/l como SO4
ZINC	5	5	25	---	0.020	---	5	5	25	---	---	0.020	mg/l como Zn

LA LEY GENERAL DE AGUAS POR D.S Nro. 261-69 AP CON LOS SIGUIENTES

- I AGUAS DE ABASTECIMIENTO DOMESTICOS
- II AGUAS DE ABASTECIMIENTO DOMESTICO CON TRATAMIENTO DE EQUIVALENTES A PROCESOS COMBINADOS DE MEZCLA Y COAGULACION, SEDIMENTACION, FILTRACION Y CLORACION APROBADOS POR EL MINISTERIO DE SALUD
- III AGUAS PARA RIEGO DE VEGETALES DE CONSUMO Y BEBIDA DE ANIMALES
- IV AGUAS DE ZONAS RECREATIVAS DE CONTACTO PRIMARIO (BAÑOS Y SIMILARES)
- V AGUAS DE ZONA DE PESCA DE MARISCOS
- VI AGUAS DE ZONAS DE PRESERVACION DE FAUNA ACUATICA Y PESCA RECREATIVA

Anexo A

Memoria de Cálculos

Ejemplo Referido Aguas (Estación N° 06, Tabla N° 19, pag 132)

1.- **Temperatura:** La temperatura se mide con un sensor de temperatura que mide rápidamente este parámetro y se lee en la pantalla del equipo.

▶

11 °C

2.- **pH:** El pH se mide con un equipo portátil de campo el cual mide rápidamente el pH previa calibración y el resultado se lee en la pantalla del equipo.

▶

pH
7.8

3.- **Eh:** Potencial redox se mide con un equipo portátil de campo el cual mide rápidamente el Eh de la muestra de agua y el resultado se lee en la pantalla del equipo.

▶

mV
14.1

4.- **Conductividad Eléctrica:**

▶

umhos/cm
356

5.- **Oxígeno Disuelto:** se mide con un equipo portátil de campo el cual mide rápidamente la conductividad eléctrica del agua y el resultado se lee en la pantalla del equipo.

mg/L
4.6

6.- Sólidos Totales o Residuo Total: Se tiene 50 ml de muestra de agua

A: peso de la muestra más cápsula = 134.8 gr

B: peso de la cápsula = 120 gr

$$\text{Sólidos Totales} = (A-B) * 1000 / \text{ml muestra}$$

$$\text{Sólidos Totales} = (134.8 \text{ gr} - 120 \text{ gr}) * 1000 / 50 \text{ ml} = 296 \text{ mg/L}$$

1L = 1000 ml

7.- Sólidos Totales Disueltos: Luego de filtrar la muestra se toma 100 ml de la muestra de agua y se lleva a un vaso precipitado de 250 ml de capacidad.

A: peso de la muestra más vaso precipitado = 179.8 gr

B: peso del vaso precipitado = 155 gr

$$\text{Sólidos Disueltos} = (A-B) * 1000 / \text{ml muestra}$$

$$\text{Sólidos Disueltos} = (179.8 \text{ gr} - 155 \text{ gr}) * 1000 / 100 \text{ ml} = 248 \text{ mg/L}$$

1L = 1000 ml

8.- Sólidos Totales Suspendidos: Se pesa un papel filtro whatman N° 42, 0.45 um y se filtra 150 ml de muestra de agua.

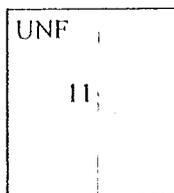
A: peso de papel filtro más muestra seca = 8.1845 gr

B: peso papel filtro = 0.9845 gr

$$\text{Sólidos Disueltos} = (A-B) * 1000 / \text{ml muestra}$$

$$\text{Sólidos Disueltos} = (8.1845 \text{ gr} - 0.9845 \text{ gr}) * 1000 / 150 \text{ ml} = 48 \text{ mg/L}$$

9.- Turbiedad: La turbiedad se mide con un equipo portátil de campo el cual mide rápidamente la turbiedad de la muestra de agua y el resultado se lee en la pantalla del equipo.



10.- Caudal: El caudal se mide mediante un método convencional aplicando la siguiente fórmula:

$$Q = (L * a * p) / t$$

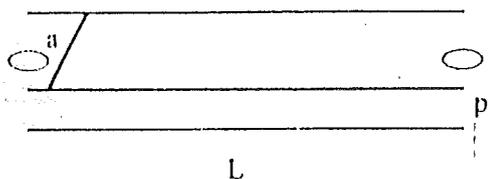
L : longitud del canal = 2.31 m

p : profundidad promedio de agua = 0.45 m

a : ancho del canal = 1.7 m

t : tiempo que demora en flotador en recorrer espacio L = 5 sg

Se define un diferencial de volumen y se utiliza un flotador de tecnopor para determinar la velocidad L/t determinando un promedio de velocidad.



$$Q = (L * a * p) / t = (0.45 \text{ m} * 1.7 \text{ m} * 2.31 \text{ m}) / 5 \text{ scg} = 354 \text{ L/scg}$$

11.- Metales:

Se tomó 200 ml de muestra y se evaporó hasta conseguir que ligeramente se cristalice luego se agrega ácido nítrico cc para conseguir que se disuelvan los minerales se lleva a digerir la muestra y se enrasa a 100 ml con agua desmineralizada luego se lleva a lectura directa

Arsénico Total, Cadmio Total, Cobre Total, Cinc Total, Hierro Total, Manganeso Total, Plata Total, Plomo Total.

Se tomó 200 ml de muestra y se evaporó hasta conseguir que ligeramente se cristalice luego se agrega ácido nítrico cc para conseguir que se disuelvan los minerales se lleva a digerir la muestra y se enrasa a 100 ml con agua desmineralizada, se lleva a lectura directa.

$\text{mg/L} = (\text{Concentración del metal en la solución final} * 100) / \text{volumen original de muestra}$

$$0.002 \text{ mg/L} * 100 \text{ ml} / 200 \text{ ml} = 0.001 \text{ mg As /L H}_2\text{O}$$

$$0.016 \text{ mg/L} * 100 \text{ ml} / 200 \text{ ml} = 0.008 \text{ mg Cd /L H}_2\text{O}$$

$$0.44 \text{ mg/L} * 100 \text{ ml} / 200 \text{ ml} = 0.22 \text{ mg Cu /L H}_2\text{O}$$

$$1 \text{ mg/L} * 100 \text{ ml} / 200 \text{ ml} = 0.5 \text{ mg Zn /L H}_2\text{O}$$

$$0.06 \text{ mg/L} * 100 \text{ ml} / 200 \text{ ml} = 0.03 \text{ mg Fe /L H}_2\text{O}$$

$$0.42 \text{ mg/L} * 100 \text{ ml} / 200 \text{ ml} = 0.21 \text{ mg Mn /L H}_2\text{O}$$

$$0.008 \text{ mg/L} * 100 \text{ ml} / 200 \text{ ml} = 0.004 \text{ mg Ag /L H}_2\text{O}$$

$$3.62 \text{ mg/L} * 100 \text{ ml} / 200 \text{ ml} = 1.81 \text{ mg Pb /L H}_2\text{O}$$

12.- Aceites y Grasas:

Ejemplo Tabla N° 29, Estación N° 16, pag N° 142.

$\text{mg de aceite y grasa / L} = B - A * 1000 / \text{ml de muestra}$

B: peso final de la cápsula con el extracto

A: peso inicial de la cápsula vacía

$$B - A * 1000 / \text{ml de muestra} = (539\text{gr} - 389\text{gr}) * 1000 / 1000 = 150 \text{ mg aceite y grasa /L H}_2\text{O}$$

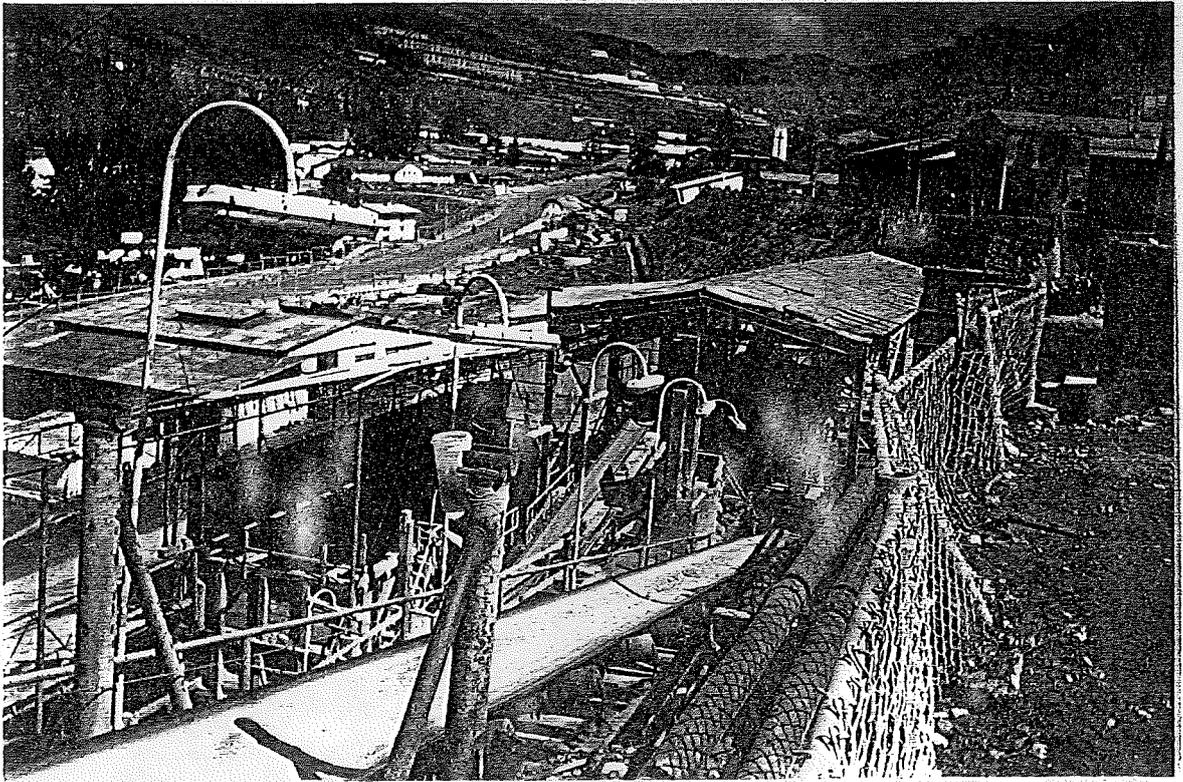


Foto N°01: Area preparación mecánica

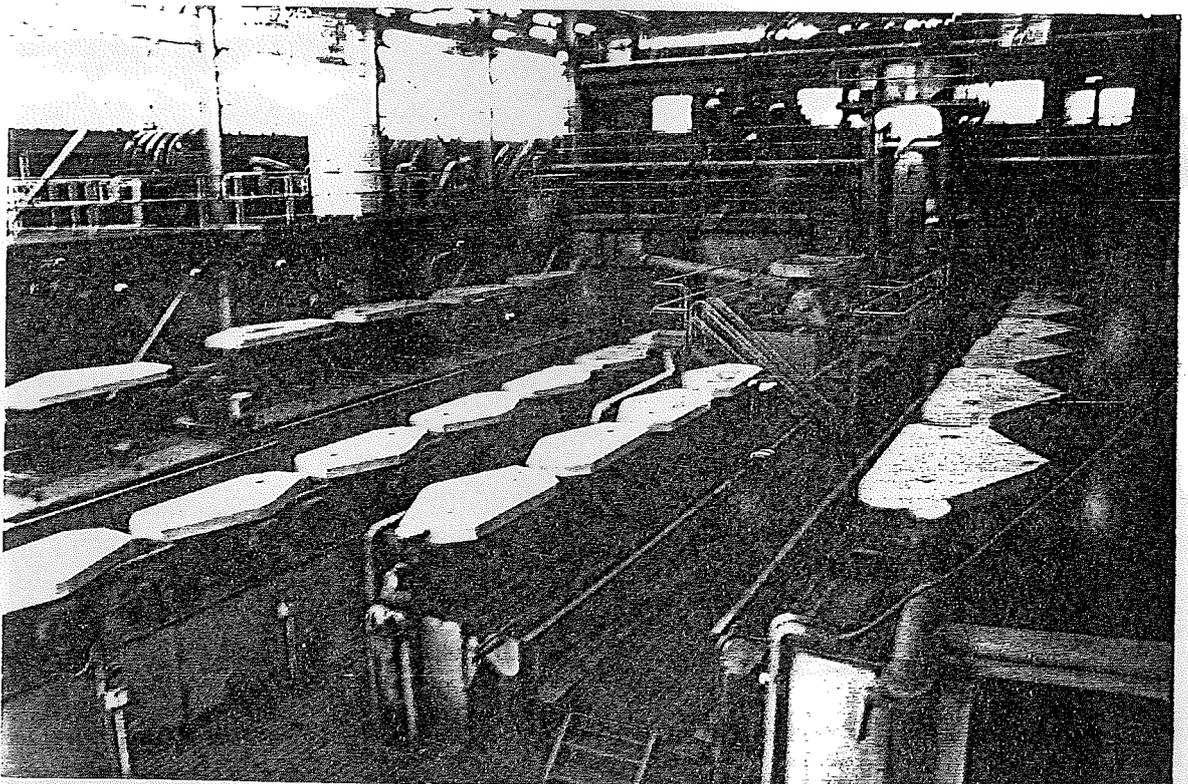


Foto N°02: Planta flotación de minerales



Foto N°03: Salida chimeneas mina.



Foto N°04: Cancha de relaves.