

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINERA Y  
METALÚRGICA**



**DESARROLLO DEL PLANEAMIENTO METALÚRGICO  
EN LA PRODUCCIÓN DE COBRE EN PROCESOS MINEROS**

**INFORME DE INGENIERIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO METALURGISTA**

**PRESENTADO POR:**

**ELISABETH MARLENY HIDALGO ROJAS**

**LIMA – PERU  
2001**

# **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, por su dedicación, apoyo y sacrificio incondicional brindado.

A mi adorada **MADRE SARITA** por ser la fuente principal de mi motivación para seguir adelante y lograr alcanzar mis objetivos.

A mis hermanos Asrael, María, Eusebio, Arístides, Hilda, Cleofe y Noé, por el apoyo estímulo y consejos brindados.

Sobre todo agradecer al ser más bello a **DIOS** por ser mi guía y el de mi **FAMILIA**.

A los profesores de la Facultad de **FIGMM** especialmente a los de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA METALÚRGICA** por habernos entregado su valioso tiempo y conocimiento a través de los años de estudio.

**Elisabeth Hidalgo Rojas**

## **INDICE**

	pag
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I: ASPECTOS DEL SISTEMA DE PLANEAMIENTO</b>	
<b>METALURGICO</b>	<b>2</b>
1.1. Antecedentes del yacimiento minero	2
1.2. Características de la Organización	4
1.2.1. Análisis funcional	4
1.3. Aspectos del mercado	7
1.3.1. Del mercado nacional y mundial de cobre	7
1.3.2. Precios referenciales	7
1.4. Organización, funciones y actividades realizadas en el proceso productivo	11
1.4.1. Organigrama funcional	11
1.4.2. Perfil administrativo	13
1.4.3. Perfil técnico en labores de proceso	16
1.5. Funciones por áreas: Mina, planta y superficie	18
1.6. Elementos a nivel de la planta metalúrgica	20
1.6.1. Recursos humanos	20
1.6.2. Equipos y recursos materiales	22
1.7. Del planeamiento estructural	23
1.7.1. Fases de actividades básicas	23
1.7.2. Evaluación	28
1.8. Ámbito legal	30
<b>CAPITULO II:CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA</b>	
<b>METALURGICA</b>	<b>33</b>
2.1. Aspectos productivos	33
2.2. Sección chancado y traslado al área de acopio	38

2.3. Sección Molienda	39
2.4. Sección flotación : Separación	40
2.4.1. Flotación de cobre	40
2.4.2. Flotación de zinc	44
2.5. Sección de espesamiento y almacenamiento de concentrado	48
2.6. Sección de filtración	49
2.6.1. Filtración y clarificación de concentrado de cobre	49
2.6.2. Filtrado y clarificación de concentrado de zinc	50
2.6.3. Reactivos	51
2.7. Aspectos de desagregacion final	51
2.7.1. Del circuito de flotación de cobre	51
2.7.1.1. Generalidades	54
2.7.1.2. Flotación Rougher	58
2.7.1.3. Remolienda de concentrado	62
2.7.1.4. Flotación Cleaner y Scavenger	65
2.7.2. Del circuito de flotación de zinc	69
2.7.2.1. Del circuito de zinc. Generalidades	72
2.7.2.2. Variables en el circuito de zinc	73
2.7.2.3. Flotacion Rougher	75
2.7.2.4. Remolienda de concentrado	79

### **CAPITULO III:PROBLEMÁTICA AMBIENTAL EN LA PLANTA**

<b>METALURGICA</b>	<b>80</b>
3.1. Actividades de administración de riesgos realizados	80
3.1.1. Para eliminar actos inseguros	80
3.1.2. Para eliminar condiciones inseguras	83
3.1.3. Para eliminar condiciones anormales	83
3.2. Nivel de reglamento para la protección ambiental en	

las actividades mineras y metalúrgicas	84
3.3. Análisis estadístico de accidentes laborales	90
3.3.1. Productividad básica. Índice de frecuencia y severidad	92
3.3.2. Productividad global. Índices de accidentabi- lidad y días perdidos	92
3.3.3. Clasificación de los accidentes	93
3.3.4. Actividades de capacitación y entrenamientos realizados	94
3.4. Límites permisibles en la gestión ambiental	98
CAPITULO IV: ANÁLISIS FINANCIERO Y ESTRATEGIA DE DESARROLLO DE ANTIMINA	103
4.1. Estructura de producción o ventas	103
4.2. Análisis de costos	104
4.2.1. Inversión fija	104
4.2.2. Capital de trabajo	105
4.2.3. Costo de depreciación	105
4.2.4. Punto de equilibrio	105
4.3. Presentación de estado financiero. Flujo de caja	106
4.3.1. Flujo de caja proyectado	107
4.4. Evaluación del estudio	108
4.4.1. Costo del capital propio	108
4.4.2. Coeficientes de rentabilidad	109
CONCLUSIONES	111
RECOMENDACIONES	113
BIBLIOGRAFÍA	114

# **INFORME : DESARROLLO DEL PLANEAMIENTO METALURGICO EN LA PRODUCCION DE COBRE DE LA CIA. ANTAMINA**

## **INTRODUCCION**

La puesta en marcha de un esquema de calidad total en la producción minero/metalúrgica, ha dado lugar a un marco situacional donde muchas empresas deben adecuarse a elementos ligados a la concurrencia en el sistema de producción como son: el desarrollo de los objetivos concordantes con el dimensionamiento de la planta, la generación de menores costos que permitan incrementar su eficiencia, la interrelación con una gestión ambiental idónea, etc. ámbitos donde muchos entes para no perder su propia dinámica, necesitan de reestructurarse ya sea técnica, como dentro de sus aspectos de gestión empresarial, lo cual se encuentra dentro de la gama del planeamiento metalúrgico.

Uno de los sectores mas propicios con este precepto se encuentra dentro del sector minero/metalúrgico. Así la empresa Antamina, en la actualidad mantiene como lineamiento de gestión, la producción de Cobre, metal de gran demanda en el mercado mundial, pero basado en la generación de un mercado y condiciones que deben ser reformulados debido a que la planta que debe producir y exportar desde el año 2002, debe adaptarse a las nuevas condiciones de estos factores, sobre todo con una producción donde se obtenga el cobre con una baja ley de bismuto, y otros minerales contaminantes y penalizados.

Es por ello que la reformulación del mercado y de la técnica, debe propulsar una perspectiva en el mediano y largo plazo, con el uso eficiente de la tecnología del planeamiento metalúrgico, donde entrarían a jugar parte importante el mercado, la capacidad de producción en perspectiva, la gestión ambiental y evaluación financiera.

## **CAPITULO PRIMERO**

### **ASPECTOS TEÓRICOS DEL SISTEMA DE PLANEAMIENTO METALURGICO**

#### **1.1. ANTECEDENTES DEL YACIMIENTO MINERO**

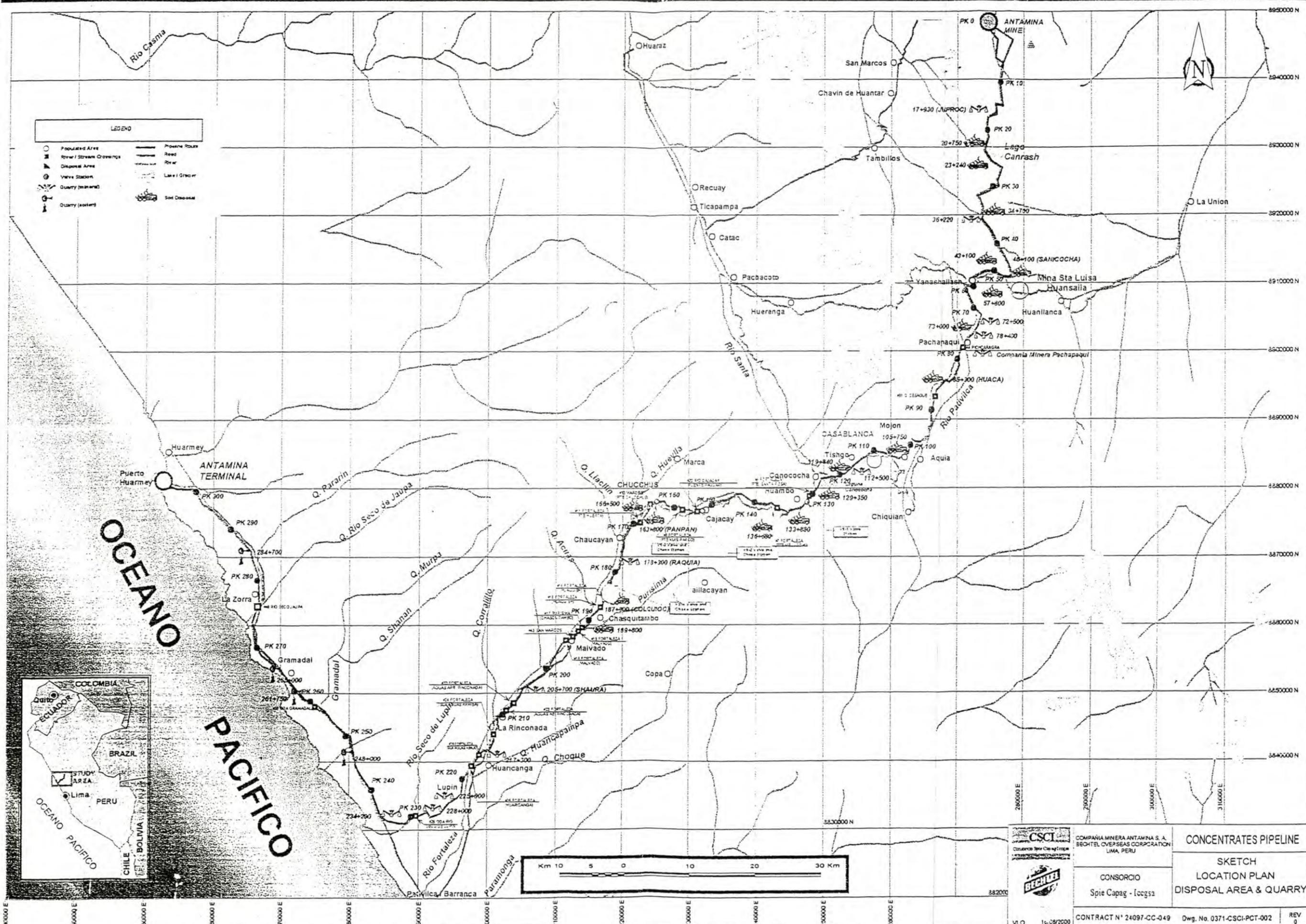
El yacimiento de Antamina esta ubicado en la provincia de Huari, Distrito de San Marcos, departamento de Ancash, a 270 Kms al noreste de Lima entre los 4,300 a 4,700 m.s.n.m. Ver gráfico adjunto No 1

El yacimiento minero de Antamina, aun en plena consolidación del proyecto, que recién estará en condición de generar ingresos a partir del año 2002, consiste en una mina de tajo abierto, una planta concentradora de minerales y la infraestructura de apoyo.

El deposito minero tiene potencial para producir 600 millones de libras de cobre y 360 millones de libras de zinc anualmente. El periodo de vida de la mina se estima en 20 años. El yacimiento tiene reservas de 501 millones de toneladas con leyes de 1.2% de cobre, 1% de zinc; 12 gramos por tonelada de plata y 0.3% de molibdeno.

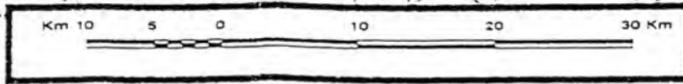
Los costos de desarrollo del proyecto ascienden a 1,800 millones de dólares, con un total de requerimientos de fondos de 2,200 millones de dólares.

Este proyecto tiene su base de desarrollo productivo, a nivel de valor agregado con una planta concentradora de molienda y flotación, que procesara 70 mil Tm de mineral por día.



**LEGENO**

	Populated Area		Proposed Route
	River / Stream Crossing		Road
	Disposal Area		River
	Vegetation Station		Lake / Glacier
	Quarry (material)		Soil Deposit
	Quarry (soil)		



 COMPAÑIA MINERA ANTAMINA S.A. BECHTEL OVERSEAS CORPORATION LIMA, PERU	CONCENTRATES PIPELINE
	SKETCH LOCATION PLAN DISPOSAL AREA & QUARRY
CONSORCIO Spie Capag - Icoqsa	CONTRACT N° 24097-CC-049 Dwg. No. 0371-CSCI-PCT-002 REV 0

VLO 1c.08/2000

## **1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ORGANIZACIÓN**

En este capítulo se tratara de introducir aquellos elementos panorámicos de la Empresa Minera Antamina, en toda su dimensión y cobertura ligados a su entorno organizativo y funcional.

### **1.2.1. ANALISIS FUNCIONAL**

En el ámbito de la empresa Antamina, ella fue creada bajo el capítulo de actividad empresarial privado en el campo del sector minero y organizada bajo la forma de sociedad anónima del compuesto por los siguientes grupos: Río Algom, Noranda, Teck y Mitsubishi.

La empresa minera Antamina, actúa bajo un concepto técnico de producción vertical, esto en la medida que crear el establecimiento de redes coordinadas, formadas por los miembros de la propia empresa, logrando con ello una integración entre red y desarrollo cabal, es decir entre empresa y personal interviniente.

La organización administrativa a nivel de producción, se basa en los actuados de la empresa "Antamina", cuyo principio organizativo es de tipo lineo-funcional, es decir fomentando la especialización de sus diversas divisiones, mediante la planificación, se han elaborado los planes de desarrollo expresados como un conjunto estructural de los objetivos y metas y estrategias trazadas; mientras que mediante la coordinación se ha dosificado y orientado las actividades programadas en forma armónica en el cumplimiento de los objetivos y la confrontación de un estricto control de las asignaciones dictadas.

Para el cumplimiento de las actividades programadas ha sido necesario e imprescindible dictar normas e instrucciones, a fin de mantener la toma de actividades para su cumplimiento, la investigación y de la realización de los

correctivos que se crea conveniente, mediante la evaluación técnica a través de la comparación de los resultados, de las metas y objetivos trazados.

Desde el punto de vista analítico la empresa planea sus operaciones en su etapa de prefactibilidad y de factibilidad como de la misma producción a considerarse desde el año 2002, el cual le sirve para corregir posibles errores en las actividades a desarrollarse y es sintético porque sirve para informar al personal en general de como se constituye la organización.

## **1.-LA GERENCIA GENERAL y GERENCIAS OPERATIVAS.**

La empresa, a nivel de la gerencia general y de las gerencias tiene las siguientes atribuciones

Planear, dirigir y controlar las actividades de la empresa en materia de producción, control, seguridad y ambiente.

Controlar a los jefes operativos para el normal cumplimiento de sus funciones con miras a obtener los óptimos niveles de producción y seguridad y los mas altos índices de productividad

Hacer cumplir la política de producción y conservación ambiental de la empresa.

Verificar el desarrollo del movimiento estadístico y control de producción, administración y seguridad e higiene ocupacional, revisando las estadísticas y esquematizando los planes aplicados dentro de la empresa.

Supervisar y controlar la contratación, selección , adiestramiento de personal.

Representar a la organización en sus relaciones con instituciones en materia de resolver asuntos de producción, seguridad y conservación del medio ambiente.

## **2.- AREAS OPERATIVAS.**

Las funciones de las áreas departamentales, consisten en controlar al personal involucrado en el proceso de desarrollo de producción en cada una de las etapas e interviene en cada una de las operaciones del sistema instalado.

Elabora los planes y programas de producción y seguridad diario, semanal, mensual y anual.

Efectúa el planeamiento y control ocupacional.

Administra racionalmente los recursos humanos, materiales, y los insumos que intervienen en el sistema instalado.

Cumple con realizar las operaciones de control de la calidad del servicio productivo en las diferentes etapas.

Elabora los programas de adquisiciones de los diversos equipos, materiales necesarios para el desarrollo de la producción.

Mantiene comunicación permanente con los demás órganos de la empresa, para asegurar el cumplimiento de los programas de producción y seguridad.

### **1.3. ASPECTOS DEL MERCADO**

#### **1.3.1. DEL MERCADO NACIONAL Y MUNDIAL DE COBRE**

Hacia el año de 1999, la producción de cobre en el mercado nacional, decreció en un 0.66%, con respecto al año anterior, aunque ello no se pone de manifiesto en el mejoramiento de la producción minera del cobre que ha ido ascendiendo en el periodo 1990-99, en un nivel de un 71.40% . ver cuadro No 1. Se proyecta hacia el año 2010 un crecimiento del 25%, debido a las expectativas de mejoramiento de los precios de las materias primas mineras como el cobre a nivel externo, y de una política de la producción de Antamina a partir del año 2002.

En cuanto la producción mundial el cobre peruano ha ido tornándose importante dentro de la estructura productiva internacional, así a tenor del cuadro No 2, podemos observar que ella ocupa el sexto puesto en la producción mundial, con un valor promedio de 483 millones de dólares, que representan un gran ingente de divisas para el país. Sin embargo debemos indicar que sigue siendo Chile el principal productor mundial de Cobre.

#### **1.3.2. PRECIOS REFERENCIALES**

Los precios mundiales del Cobre, han variado , según se aprecia en el cuadro No 1, donde vemos que hacia 1990, el promedio del precio de exportación se situaba en 111.1 ctvs de US por libra , situación que baja considerablemente a 1999 donde llega a estar a 70.5 ctvs de US por libra, lo cual nos indica una relación de decremento de un 36.5% en el periodo y que impacta dentro de la economía nacional.

## CUADRO No 1

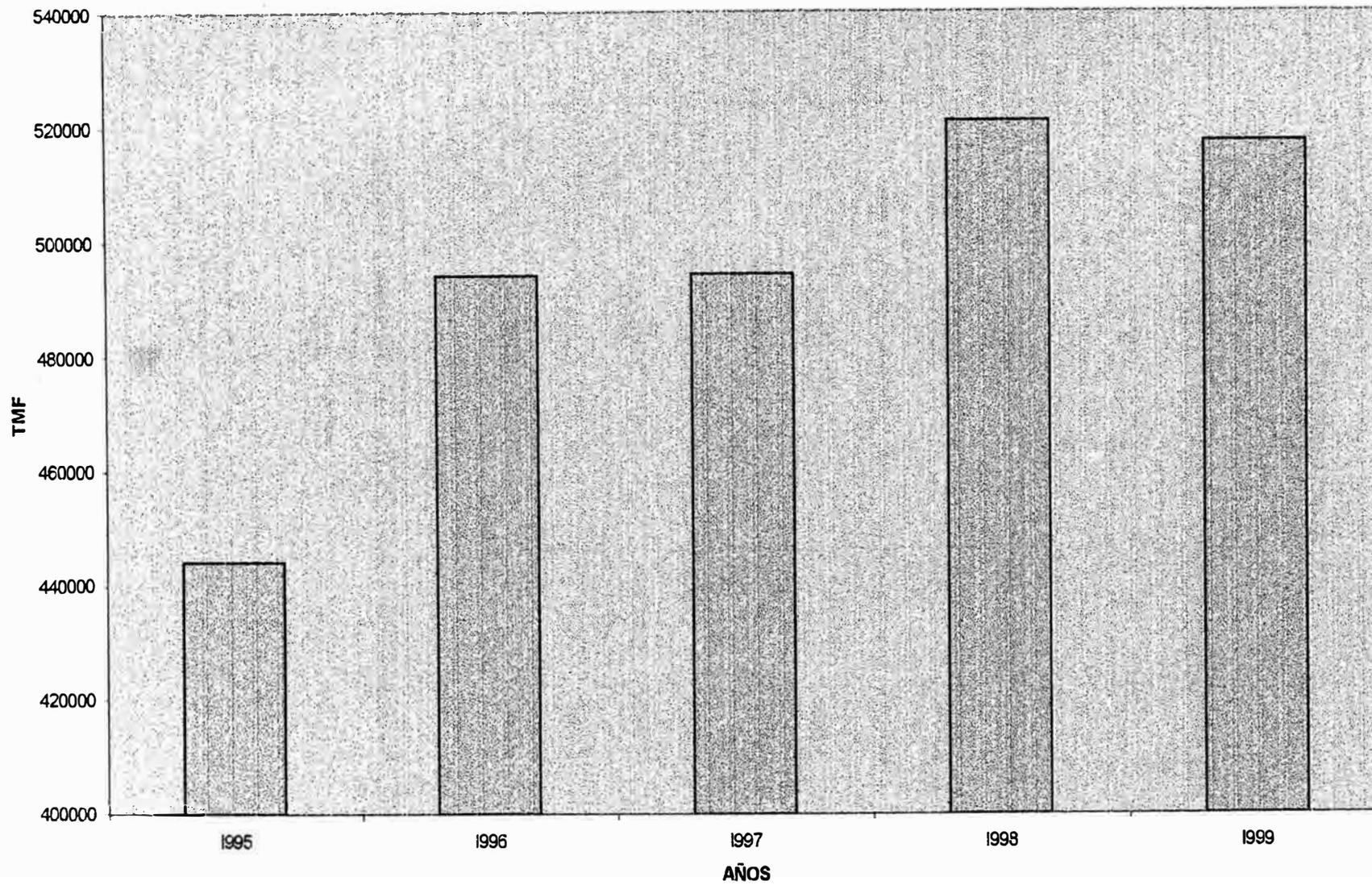
### PRODUCCIÓN Y PRECIO DEL COBRE

AÑOS	PRODUCCIÓN NACIONAL DE COBRE : EN TM	PRECIOS DE EXPORTACIÓN DEL COBRE EN Cts Us libra
1990	301,948	111.1
1991	355,518	102.2
1992	363,488	98.2
1993	373,176	82.5
1994	395,900	96.5
1995	444,206	130.2
1996	494,154	100.4
1997	494,376	99.2
1998	521,008	72.8
1999	517,549	70.5

FUENTE : MEMORIAS

BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERU.1999

### PRODUCCION NACIONAL DE COBRE



**CUADRO No 2**

**PRODUCCIÓN MUNDIAL DEL COBRE: 1998**

<b>PAISES</b>	<b>INGRESO PROMEDIO U\$</b>
<b>CHILE</b>	<b>3689</b>
<b>ESTADOSA UNIDOS</b>	<b>1900</b>
<b>INDONESIA</b>	<b>809</b>
<b>CANADA</b>	<b>705</b>
<b>AUSTRALIA</b>	<b>604</b>
<b>PERÚ</b>	<b>483</b>
<b>CHINA</b>	<b>458</b>
<b>RUSIA</b>	<b>450</b>

**FUENTE : AMERICAN BUREAU OF METAL STATISTICS  
USA. 1999**

## **1.4. ORGANIZACIÓN, FUNCIONES Y ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PROCESO PRODUCTIVO**

En este ítem se formulan aquellos elementos panorámicos de la Empresa Minera Antamina S.A., en toda su cobertura y análisis funcional de los diversos estamentos.

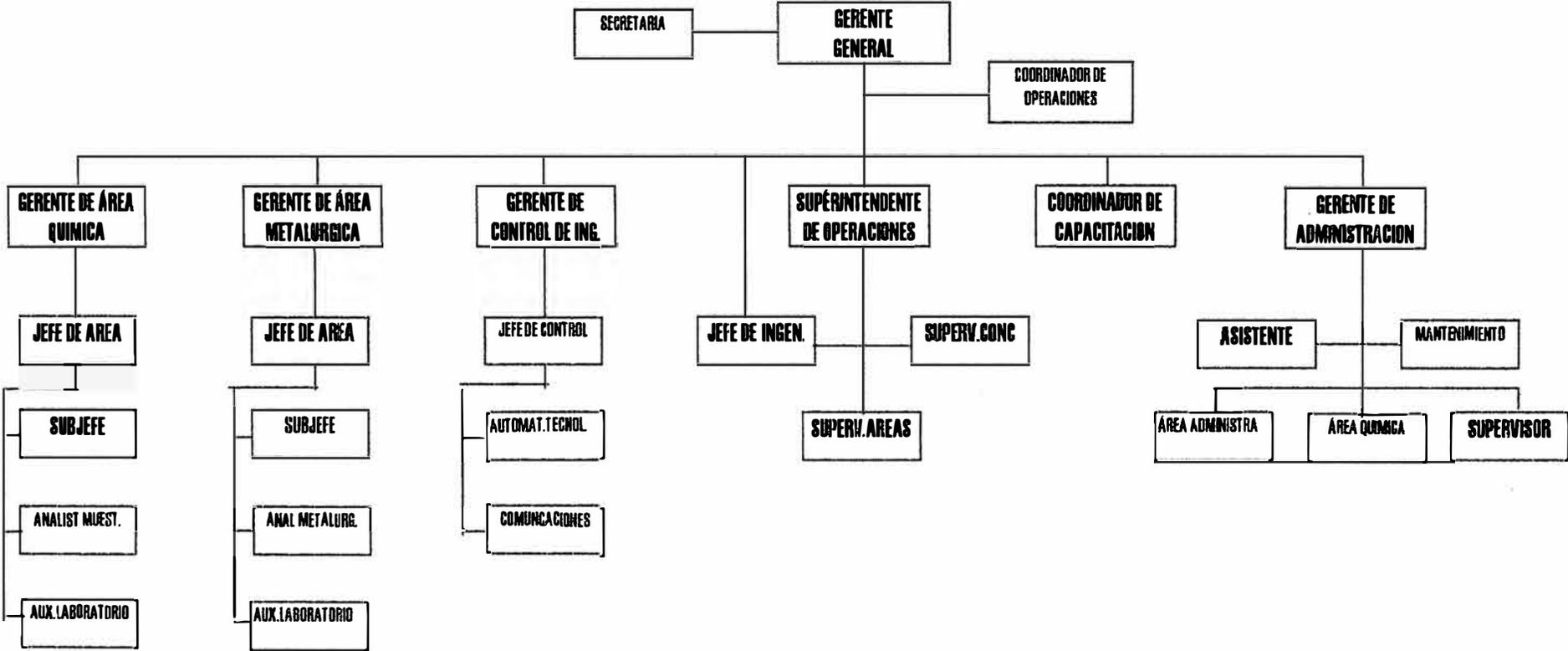
### **1.4.1. ORGANIGRAMA FUNCIONAL**

El gráfico adjunto No 2, nos muestra la estructura del organigrama funcional de la Concentradora de la Empresa Antamina en sus diversos aspectos y desarrollo operativo.

Así tenemos que se visualizan, las siguientes áreas operativas.

- a. Gerente de Area Química
  - Jefe
  - Subjefe
  - Analista de Muestras
  - Auxiliar de Laboratorio
  
- b. Gerente de Area Metalúrgica
  - Jefe
  - Subjefe
  - Analista de Tecnología Metalúrgica
  - Auxiliar de Laboratorio
  
- c. Gerente de Proceso de Control de Ingeniería
  - Sección de control de ingeniería
  - Sección de automatización tecnológica
  - Sección de comunicaciones

ORGANIGRAMA DE LA COMPAÑÍA MINERA ANTIMINA S.A.



- d. Superintendente de Operaciones de la Concentradora
  - Jefe de Ingeniería de Operaciones
  - Supervisor de concentradora
  - Supervisor de áreas operativas
  
- e. Coordinador de Capacitación y Seguridad
  
- f. Gerente de administración de la planta
  - Asistente de administración
  - Sección de mantenimiento
  - Área administrativa
  - Área química
  - Supervisor de operaciones administrativas

#### **1.4.2. PERFIL ADMINISTRATIVO**

A continuación se muestra un desarrollo amplio acerca de las labores de responsabilidad en la planta concentradora

#### **1. DE LA GERENCIA DEL ÁREA QUÍMICA**

La gerencia del área química, está comandada por el Gerente, sub jefe, analista de muestras y del laboratorio, que constituye el órgano que actúa dentro de las siguientes funciones:

- Planear, dirigir y controlar las actividades químicas desarrolladas por la empresa tomando muestras químicas del proceso.
- Controlar al personal para el normal cumplimiento de sus funciones del área con miras a obtener los óptimos niveles de eficiencia y los mas altos índices de calidad.
- Verificar las muestras realizadas, revisando los arqueos diarios, semanales y mensuales de control, exigiendo los resultados y los

índices resultantes.

- Representar al área en sus relaciones con otras instancias.

## **2. DE LA GERENCIA DEL ÁREA METALURGICA**

La gerencia del área metalúrgica, está comandada por el Gerente, sub jefe, analista de tecnología metalúrgica y del laboratorio, que constituye el órgano que actúa dentro de las siguientes funciones:

- Planear, dirigir y controlar las actividades metalúrgicas, desarrolladas por la empresa tomando muestras de los metales finales obtenidas en el proceso.
- Controlar al personal para el normal cumplimiento de sus funciones del área metalúrgica, con miras a obtener los óptimos niveles de eficiencia y los mas altos índices de calidad.
- Verificar las muestras del mineral obtenido y de su proceso, revisando los arqueos diarios, semanales y mensuales de control, exigiendo los resultados y los índices resultantes.
- Representar al área en sus relaciones con otras instancias.

## **3. DE LA GERENCIA DEL PROCESO DE CONTROL DE INGENIERIA**

La gerencia del área de proceso de control de ingeniería, está comandada por el Gerente, y las secciones respectivas concernientes a control general, automatización y comunicaciones, actuando dentro de las siguientes funciones:

- Planear, dirigir y controlar las actividades de control del proceso introduciendo las ventajas de control de calidad, desarrolladas por la concentradora.
- Controlar al personal para el normal cumplimiento de sus funciones de control de calidad a nivel del desarrollo operativo del sistema de

automatización, con miras a obtener los óptimos niveles de eficiencia y los mas altos índices de calidad.

- Verificar las coordinaciones y demás actos relacionados con las comunicaciones pertinentes en la empresa.
- Representar al área en sus relaciones con otras instancias de la empresa.

#### **4. DEL ÁREA DE OPERACIONES DE LA CONCENTRADORA**

La gerencia del área de operaciones consisten en controlar al personal involucrado en el proceso de transformación en cada una de las etapas e interviene en cada una de las operaciones del sistema instalado, siendo sus funciones las siguientes:

- Elaborar los planes y programas de producción diario, semanal, mensual y anual.
- Efectuar el planeamiento y control de la producción de los metales en sus diversas líneas de producción.
- Administrar racionalmente los recursos humanos, materiales, y los insumos que intervienen en el sistema instalado.
- Cumplir con realizar las operaciones de control de la calidad en las diferentes etapas.

#### **5. DEL ÁREA DE COORDINACIÓN DE CAPACITACIÓN Y SEGURIDAD**

El área de coordinación de capacitación y seguridad consisten en realizar las actividades de entrenamiento y de seguridad seguido en el proceso de transformación, siendo sus funciones las siguientes:

- Realizar proyectos para la capacitación del personal de la concentradora.
- Efectuar estudios de seguridad con otras instancias en materia de

adopción del sistema adecuado

- Cumplir con realizar las operaciones de seguridad en las diferentes etapas.

## **6. DEL ÁREA ADMINISTRATIVA DE LA PLANTA**

El área administrativa de la planta esta regida por un gerente administrativo, siendo las funciones del área las siguientes:

- Elabora los informes administrativos y técnicos y los pone a disposición de la Gerencia General.
- Realiza el mantenimiento y evalúa al personal.
- Administra adecuadamente los almacenes.
- Elabora los programas de abastecimiento y suministro de los materiales.
- Efectúa el control de los stocks.
- Mantiene comunicación permanente con los demás órganos de la empresa, para asegurar el cumplimiento de los programas de producción.

### **1.4.3. PERFIL TÉCNICO EN LABORES DE PROCESO**

Los perfiles técnicos de los responsables del proceso de la concentradora, se especifican a continuación

#### **GERENTE GENERAL**

**Conocimientos** Experiencia en el sector.

Experiencia en cargos similares.

**Requisitos** Titulo profesional, en Ingeniería Metalúrgica.

Especialización en administración

Experiencia mínima de 10 años y menor de 40 años.

**Habilidad y cualidad:** Liderazgo, estrategia, actividad empresarial y facilidad de comunicación.

### **GERENTE EN ÁREA QUÍMICA, METALÚRGICA**

**Conocimientos** Experiencia en funciones especializadas en ingeniería química y metalúrgica y cargos de jefatura.

**Requisitos** Administrador. Deseable, estudios de maestría en química y metalurgia.  
Experiencia mínima de 5 años y menor de 40 años.

**Habilidad y cualidad:** Liderazgo, conciliador, dinámico, innovador, actitud empresarial y analista.

### **GERENTE DEL PROCESO DE CONTROL DE INGENIERIA**

**Conocimiento** Experiencia en el proceso de producción metalúrgica y cargos similares.

**Requisitos** Titulo en Ingeniero metalúrgico.  
Especialista calificado en el área.  
Experiencia mínima de 5 años y mayor de 30 años.

**Habilidad y cualidad** Coordinador, facilidad de comunicación, organizador analítico.  
Trabajo en equipos.  
Capacidad de síntesis y habilidad para informar.

### **SUPERINTENDENTE DE PRODUCCION**

**Conocimiento** Experiencia en el sector, conocedor del proceso de producción metalúrgico.  
Experiencia en cargos similares.

**Requisitos** Titulo en Ingeniero de minas y metalúrgica.  
Especialización en administración e ingeniería metalúrgica .  
Experiencia mínima de 15 años y menor de 40

años.

**Habilidad y cualidad:** Coordinador, organizador, analítico, conciliador y buscador de soluciones.  
Experto en el área.

### **COORDINADOR DE CAPACITACIÓN Y SEGURIDAD**

**Conocimiento** Especialización en el área laboral.

**Requisitos** Profesional colegiado estudios especializados en capacitación y seguridad  
Experiencia mínima de 5 años y menor de 40 años.

**Habilidad y cualidad:** Coordinador, organizador, analítico, conciliador, buscador de soluciones.  
Experto en el área.

### **GERENTE DE ADMINISTRACION**

**Conocimientos** Especialización en Administración de plantas mineras-metalúrgicas.

**Requisitos** Ingeniero metalúrgico o ramas afines.  
Deseable, estudios de maestría.  
Experiencia mínima de 5 años y mayor de 30 años.

**Habilidad y cualidad:** Coordinador, organizador, analítico, experto en el área.  
Liderazgo, trabajar en equipo.

## **1.5. FUNCIONES POR ÁREAS : MINA, PLANTA Y SUPERFICIE**

### **1.-A NIVEL DE MINA.**

Las funciones del personal operativo a nivel de mina, tiene las siguientes atribuciones

Realizar las actividades de la empresa en materia de extracción y transporte del mineral

Control de los jefes al personal para el normal cumplimiento de sus funciones con miras a obtener los óptimos niveles de producción del mineral de acuerdo a los mas altos índices de productividad.

Hacer cumplir la política de producción y conservación ambiental de la empresa en materia de operaciones y extracción del mineral.

## **2.- A NIVEL DE PLANTA.**

Las funciones del ámbito de planta es decir dentro de la concentradora, consisten en realizar las actividades de transformación del producto extraído desde la fase de chancado, hasta su transformación debida en concentrado durante el proceso de desarrollo de producción en cada una de las etapas, e interviene en cada una de las operaciones del sistema instalado.

Realizar las actividades producción y seguridad diario, semanal, mensual y anual.

Efectúa el planeamiento y control del trabajador en la concentradora.

Administrar los recursos humanos, materiales, y los insumos que intervienen en el sistema instalado.

Realizar las operaciones de control de la calidad del servicio productivo en las diferentes etapas.

### **3.- A NIVEL DE SUPERFICIE.**

Las funciones son mayormente de carácter administrativo y de apoyo, siendo las funciones las siguientes:

Realizar las actividades de tipo administrativos y técnicos referentes a la producción tanto de mina como de la concentradora.

Realizar el mantenimiento y evalúa al personal.

Administrar adecuadamente los almacenes.

Elaborar los programas de abastecimiento y suministro de los materiales.

Realizar el proceso de control en toda su magnitud.

Mantener comunicación permanente con los demás órganos de la empresa, para asegurar el cumplimiento de los programas de producción.

## **1.6. ELEMENTOS A NIVEL DE LA PLANTA METALÚRGICA**

### **1.6.1. RECURSOS HUMANOS**

Los recursos humanos de la empresa, están circunscritos al personal ejecutivo que llega a un promedio de 10 personas, manteniendo un total de 10 personas dentro de la órbita de su alcance técnico, donde destacan principalmente el personal perteneciente a la Concentradora.

A continuación se muestra su distribución operativa en el cuadro No 3.

### CUADRO No 3

#### DISTRIBUCION DEL PERSONAL EN LA PLANTA CONCENTRADORA

AREAS DE CONCENTRADORA	FUNCIONA- RÍO	PERSONAL	TOTAL
GERENCIA GENERAL	1	2	3
SECCION QUÍMICA	1	10	11
SECCION METALÚRGICA	3	9	12
ÁREA DE PROCESO DE CONTROL DE INGENIERIA	1	6	7
ÁREA DE OPERACIONES GEN. ÁREA DE CAPACITACIÓN Y SEGURIDAD	2	100	102
ÁREA ADMINISTRATIVA DE LA PLANTA	2	53	55
<b>GRAN TOTAL</b>	10	180	190

## 1.6.2. EQUIPOS Y RECURSOS MATERIALES

Los principales equipos y recursos utilizados son los siguientes:

Camiones de 240 TM

Rompedor de roca con pluma articulada sobre pedestal con martillo hidráulico

Chancadora giratoria, con capacidad de 75600 TM por día.

Unidad de aceite lubricante de la chancadora primaria, con capacidad de 3785 litros.

Unidad de engrase de la chancadora primaria, con capacidad del tambor de 181 Kgs.

Unidad hidráulica de la chancadora primaria, con capacidad del tanque de 688 litros.

Grúa de servicio de la chancadora primaria, con capacidad de 70 TM para grúa principal y 20 Tm para la auxiliar.

Carrito extractor de la excéntrica con capacidad de 15 TM

Alimentador de placas, con capacidad de 5,800 tph

Faja transportadora de mineral grueso con capacidad de 5,800 tph.

Balanza de la faja transportadora, con capacidad de 0 a 7000 tph.

Detector de metales.

Apilador radial, con capacidad de diseño de 5,800 t/h

Plataforma rodante de apilador radial.

Colector de polvo de la chancadora con capacidad de 51 000 m<sup>3</sup>/h a 2.5 Kpa.

Sistema colector de polvo húmedo

Gabinete de control multifunciones ( Eliminación de polvo )

Compresora de aire comprimido con capacidad de 1200 Nm<sup>3</sup>/h.

Celdas de flotación rougher.

Molino de remolienda.

Bombas de proceso de flotación.

Celdas columnares de flotación.

Distribuidores.

Sistemas de alimentación de reactivos.

Sensores de control del proceso.

Válvulas de bloqueo y válvulas de control del proceso.

Bombas de sumidero del área.

Equipo de laboratorio metalúrgico.

Equipo de laboratorio químico.

## **1.7. DEL PLANEAMIENTO ESTRUCTURAL**

### **1.7.1. FASES DE ACTIVIDADES BÁSICAS**

Los elementos principales del planeamiento son

Los objetivos, políticas, planes y normas, sistemas, procedimientos, responsabilidades y comunicaciones, las cuales se consideran en proporción a la importancia del planeamiento de los servicios y de la política que se aplica en las operaciones de la organización

#### **1. OBJETIVOS**

La definición de objetivos del ente organizativo y su constante revisión para actualizarlos, en función de las variaciones que la realidad produce en ellos durante el desarrollo de sus actividades, constituye una base administrativa que se observa y aplica de acuerdo a la realidad de la entidad.

Como una muestra se citarán algunos objetivos que se encuentran en la organización respecto al desarrollo productivo:

**a) Minimizar la inversión de acuerdo a las necesidades de producción y a las posibilidades de la organización.**

**b)** Evitar las demoras y paralizaciones de los servicios, con una seguridad óptima, mediante el mantenimiento de niveles logísticos adecuados para dicho servicio.

**c)** Mantener el nivel de servicios terminados en función de la demanda y del servicio oportuno de aplicación final de producción.

**d)** Evitar los servicios sin movimiento mediante la coordinación con logística e implantando un sistema de control que permita detectar a tiempo la declinación de la demanda de los servicios.

**e)** Estar alerta ante los cambios en la demanda para reducir o aumentar los servicios de acuerdo a los cambios que se detecten y a la coordinación con producción de servicios.

**h)** Controlar los servicios no efectuados por falta de materiales o insumos necesarios, detectarlos a tiempo sobre todo cuando se tiene un incremento en la demanda y evitar así las roturas de los servicios no efectuados.

## **2. POLITICAS**

El establecimiento de políticas a las que deben sujetarse las dependencias del servicio en general constituye una de las bases de la previsión y en la administración del servicio a implementar, siendo importante definir que política se desea aplicar. A continuación exponemos algunas de ellas

**a)** Establecer límites en la cantidades del servicio ofrecido como promedio genérico, sobre todo cuando existe un gran gama de demanda aparente.

**b)** Establecer los niveles de servicios que deben procurarse, en función de la modalidad de servicio que tiene la organización.

**c)** Definir niveles de servicios, sobre todo teniendo en cuenta la capacidad de lograr los servicios en forma oportuna sin rebasar su tamaño óptimo.

**d)** Establecer límites de adquisición de insumos y/o equipos de acuerdo a las posibilidades económicas de la entidad, coordinando con la dependencia financiera y de servicios, para su adquisición.

**e)** Diseñar el sistema de precios fijos o promedio del servicio.

**f)** Diseñar el sistema de difusión de acuerdo a las posibilidades económicas de la entidad y las posibilidades de la demanda.

### **3. PLANES Y NORMAS**

El planeamiento de las operaciones pueden ser a corto, mediano y largo plazo, por lo tanto los planes sobre el servicio deben tener la misma amplitud ya se trate de la estrategia como elementos del mismo y/o que se encuentren dentro de los planes operativos de la entidad.

Sin embargo se pueden además desarrollar otros tipos de planes como para : períodos estacionales; de incrementos del servicio y producción del mismo; para abastecer a nuevas líneas de servicio, etc.

Las normas que hay que establecer en relación con los planes que se preparen, generalmente inciden sobre:

- Niveles de producción del servicio.
- Periodicidad del servicio.
- Posibilidades económicas para la adquisición de materiales para el servicio.
- Costos logísticos del servicio.
- Catalogación del output.

#### **4. SISTEMAS Y PROCEDIMIENTOS**

Los sistemas constituyen la adopción de un esquema de desarrollo de producción de servicios, que pueden sintetizarse en los siguientes aspectos :

- Adoptar un Modelo estratégico de servicios estableciendo el sistema a emplear para el control y el procedimiento a seguir para el servicio ex ante y ex post.
- Seguimiento de los servicios.
- Ordenes especiales de servicios.
- Registros estadísticos del servicio.
- Proyectos de demanda del servicio.

#### **5. RESPONSABILIDAD**

La administración de servicios puede autorizar al personal a sus ordenes la ejecución de funciones que competen a su dependencia y sobre las cuales es responsable directo, especialmente en lo referente a planeamiento y control del mismo, como por ejemplo :

- Precios del servicio.
- Registro del servicio.
- Decisión sobre cuando dar el servicio.
- Control de los sistemas.
- Planeamiento y control de la producción final del servicio.

Dentro de este ámbito se encuentra evidentemente la eficiencia de la producción de servicios que presupone la existencia de un plan con metas y objetivos definidos, que permita al administrador de dicha esfera y a su personal poder comparar los resultados obtenidos en el año con las metas fijadas.

Definido el alcance de la evaluación se necesita establecer las metas que pretende lograr especialmente en las áreas que constituyen los aspectos más importantes para obtener el objetivo principal, estas áreas son:

- Nivel de servicio al demandante.
- Economías en las operaciones de servicios.
- Inversiones en el proceso.

La medición y evaluación del servicio requiere el desarrollo de algunos conceptos como

**1.** Importancia de la necesidad de que los servicios sean evaluados dentro del sistema imperante con el desarrollo estructural de las variables intervinientes.

**2.** Un sistema se diseña para obtener resultados y estos tienen que ser evaluados o medidos, para sacar conclusiones aprovechables para futuras necesidades.

**3.** Para que la evaluación sea efectiva, debe ser comunicada a todos aquellos que participan en las actividades a fin de mejorar su actuación y lograr mayor rendimiento en el futuro.

**4.** La evaluación requiere de la preparación de un plan de información necesario para poder medir resultados, el cual debe ser conocido por el personal del área pertinente.

## **6. COMUNICACIONES**

La comunicación entre los elementos relacionados con la administración permite la coordinación con la actuación de todos los elementos

dependientes de la entidad. En dicho sistema se tiene en cuenta la retroalimentación de los resultados que permitan un análisis y evaluación de los resultados que originen, como el mismo efecto posterior de cambios de los datos o informes y que puedan tener como corolario su evolución, desarrollo y perfeccionamiento constante.

### **1.7.2. EVALUACIÓN**

Dentro del desarrollo del planeamiento existen ciertos instrumentos de aplicación como la Matriz FODA que se muestra a continuación. Ver cuadro No 4

## CUADRO No 4

### MATRIZ DE EVALUACION FODA

	<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>RIESGOS</b>
	<p>1. Aumento en el poder económico de la empresa.</p> <p>2. Fomento del Estado al sector metalúrgico.</p> <p>3. Apertura Fuertes del mercado minero-metalúrgico.</p>	<p>1. Clima político inestable.</p> <p>2. Alta Competitividad en el sector.</p> <p>3. bajo uso de sistemas en el desarrollo productivo.</p>
<p><b>FORTALEZAS</b></p> <p>1. Empresa líder en el ámbito metalúrgico.</p> <p>2. Alianza estratégica con empresas del exterior.</p> <p>3. Capacidad financiera.</p> <p>4. Capacitación y entrenamiento constante de la fuerza productiva.</p> <p>5. Imagen corporativa.</p>	<p>a. Aprovechar poder adquisitivo y el crecimiento económico para lograr un mejor desarrollo productivo y de seguridad.</p> <p>b. Lograr minimizar costos a través de sistemas adecuados de producción.</p> <p>c. Consolidar la imagen corporativa para crear una fuerte barrera de entrada.</p>	<p>a.. Aprovechar el desarrollo de control de calidad en el mercado a nivel de sistemas para lograr un canal efectivo a fin de lograr diferenciar a la Empresa de la competencia.</p> <p>b. Explotar las capacidades de la empresa para disminuir el poder de las empresas restantes.</p> <p>c. Posicionar la imagen corporativa que posee la empresa para enfrentar la competencia.</p>
<p><b>DEBILIDADES</b></p> <p>1.No se cuenta con un adecuado nivel de planeamiento productivo y de seguridad.</p> <p>2. Lentitud en la toma de decisiones respecto a producción y seguridad.</p>	<p>a. Ante el crecimiento económico y poder adquisitivo, diseñar adecuadas niveles de planeamiento en producción y seguridad.</p>	<p>a. Lograr toma de decisiones mas rápidas a fin de enfrentar a la competencia y a posibles cambios políticos.</p> <p>b. Realizar adaptación de sistemas de planeamiento para enfrentar la alta competitividad existente a nivel de producción y de seguridad.</p>

## **1.8. AMBITO LEGAL**

La creación de Antamina ha sido posible gracias a las siguientes legislaciones como:

### **1. CONSTITUCION POLITICA EN EL PERIODO 1993**

De acuerdo a la nueva Constitución aprobada por referéndum público el 31 de octubre de 1993, en lo que se refiere a la actividad privada.

Art.60.- El Estado, reconoce el pluralismo económico. La economía nacional se sustenta en la coexistencia de diversas formas de propiedad y de empresa. Solo autorizado por ley expresa, El Estado puede realizar subsidiariamente la actividad empresarial, directa o indirecta, por razón de alto interés público o de manifiesta conveniencia nacional.

La actividad empresarial, pública o no pública recibe el mismo tratamiento legal. En estos aspectos es notorio la diferencia respecto a la Constitución anterior. Además se establece la vigencia del principio de subsidiariedad, el que constituye el argumento y el límite para la intervención del Estado.

Art.61.- El Estado facilita y vigila la libre competencia combatiendo toda práctica que la limite y el abuso de posiciones dominantes o monopólicas. Ninguna ley ni concertación puede autorizar ni establecer monopolios. Otro de los beneficios innegables de la Constitución es la búsqueda de una mejora en la calidad de la competencia de las empresas o de los servicios prestados, prohibiendo el monopolio o las concertaciones monopólicas particularmente cuando el producto puede ser considerado sujeto a control por diversos consumidores.

## 2. D. L. 662. RÉGIMEN DE ESTABILIDAD JURIDICA A LA INVERSIÓN EXTRANJERA.

Constituida como un elemento de estabilidad en el largo plazo para la inversión, esto debido a que es importante destacar una restricción para que no deja de llamar la atención, por su procedencia.

En efecto, nos referimos a la que podría venir de parte del propio sector privado, al no desear concluir en un probable excesivo riesgo, tanto sea económico como político o social. Así, por ej. muchos de los obstáculos que se presentan para estimular la participación del sector privado en la prestación de servicios públicos (como en otras actividades) son sociales y políticos más que técnicos y financieros. Es por ello que esta legislación minimiza el riesgo que ha de suponer freno o restricción para el ingreso del sector privado, sino más bien, que se integre con un control relativo del estado en la materia, que lógicamente también la constitución garantiza.

## 3. D.L. 708. LEY DE INVERSIONES EN EL SECTOR MINERO

La ley marco de la inversión privada en el sector minero, garantiza la inversión extranjera en forma primordial, el sentido de la propiedad, respondiendo a los objetivos de la generación de seguridad para dichas inversiones al amparo de una función de libre mercado.

Dentro de la legislación existe interés en retener una porción del capital, con un resguardo especial y prerrogativas o porque se espera luego proceder a una operación de accionariado altamente garantizado, o porque se piensa tener un elemento de control para salvaguardar mejor el resto del desempeño del proceso mismo de la inversión, o por ciertos motivos en pro de intereses estratégicos.

#### 4. D.L. 613. CÓDIGO DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES:

Este Código fue expedido el 07 de Septiembre de 1990 según el Decreto Ley No 613. Este código establece los lineamientos de política ambiental en el país, teniendo como objetivo la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, a fin de hacer posible el desarrollo integral de la persona humana a base de garantizar una adecuada calidad de vida.

Asimismo la intención de cualquier legislación, es establecer controles identificados como necesarios para la protección de un grupo de personas. La legislación en relación con la empresa condiciona los siguientes espectros:

Mediante la anticipación, identificación, evaluación y medición y controles llevados a cabo mediante procedimientos internos a cargo del personal competente o, cuando sea necesario a través de servicios externos.

Tener conciencia y comprensión de los deberes generales de las partidas políticas de la sanidad y de la seguridad, de los reglamentos y requisitos en lo referente a las tareas y sus riesgos, de los requisitos correctos y legales para la comunicación y la preparación de informes.

El entrenamiento provisto debe preparar al empleado para identificar nuevos riesgos y transmitir correctamente la información, debe asegurar que las acciones del caso sean tomadas con premura, es decir que las medidas preventivas y los procedimientos de protección sean adecuados e implementados y que los empleados estén involucrados en lo referente a la salud y la seguridad del rol y función de sus representantes y de la comisión de la sanidad y de la seguridad.

## CAPITULO SEGUNDO

### **CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA METALURGICA**

#### **2.1. ASPECTOS PRODUCTIVOS**

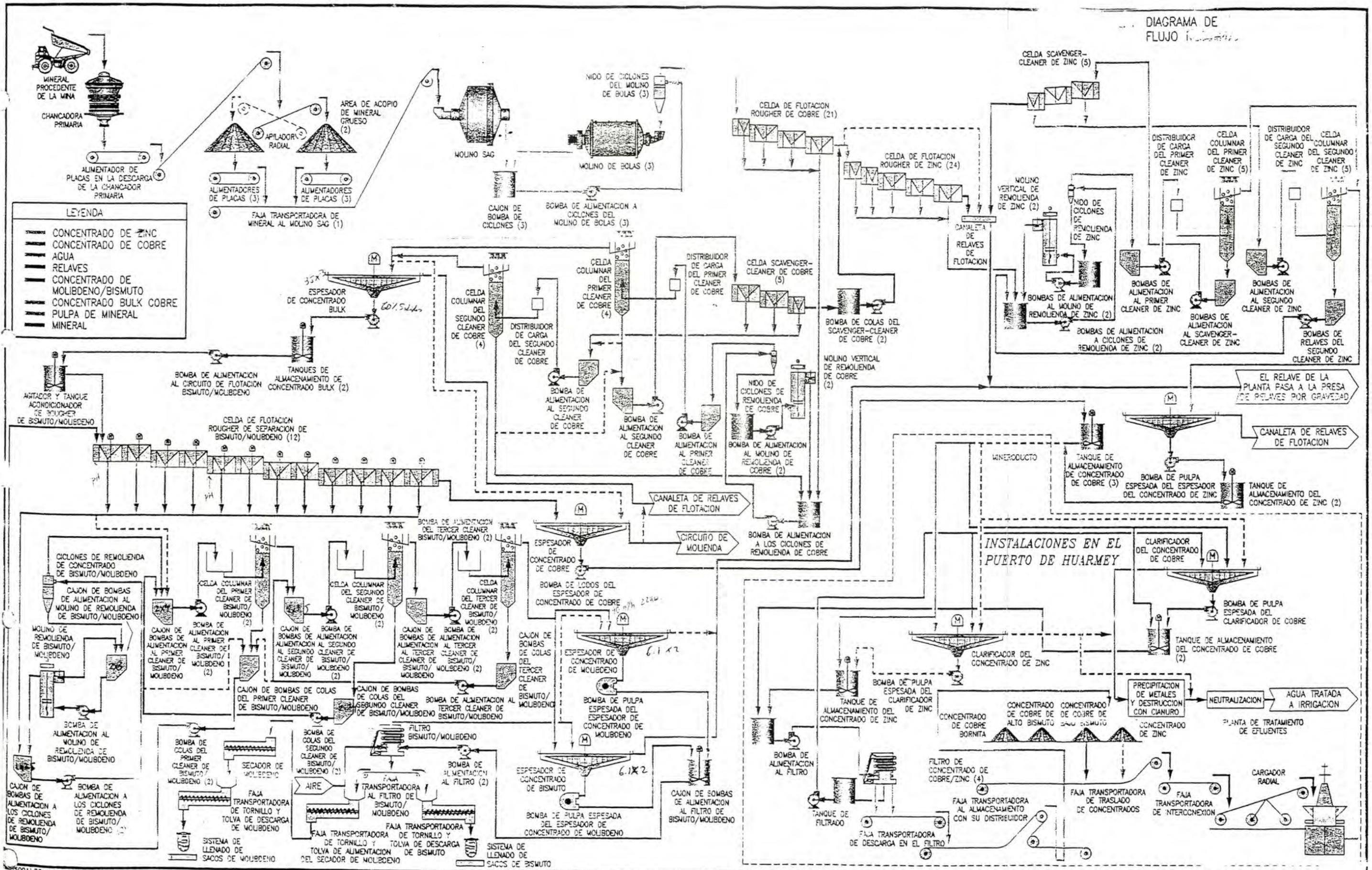
La concentradora de la Compañía Minera Antamina está compuesta por los siguientes circuitos: chancado en una sola etapa; moliendo con molinos SAG de bolas; flotación de cobre, zinc, bismuto y molibdeno; eliminación del agua del concentrado; bombeo del concentrado al puerto (incluyendo instalaciones de irrigación); y disposición de relaves. Las instalaciones portuarias comprende el filtrado del concentrado, almacenamiento del concentrado tratamiento del afluente y embarque del concentrado. Ver gráfico No 3

La concentradora y las instalaciones relacionadas están diseñadas para tratar 70 000 toneladas métricas (toneladas) al día (25 550 000 toneladas al año) de mena que contiene 1.3 por ciento de cobre, 1.0 por ciento de zinc, 0.03 por ciento de molibdeno, 0.02% de bismuto y 12 gramos por tonelada de plata. En total son seis los tipos de menas que serán procesadas en Antamina:

- . Cobre con bajo contenido de bismuto.
- . Cobre con alto contenido de bismuto.
- . Cobre- Zinc con bajo contenido de bismuto.
- . Cobre- Zinc con alto contenido de bismuto.
- . Bornita con bajo contenido de zinc.
- . Bornita con alto contenido de zinc.

De estos tipos de mena, la concentradora produce los siguientes concentrados:

DIAGRAMA DE FLUJO



- LEYENDA**
- CONCENTRADO DE ZINC
  - CONCENTRADO DE COBRE
  - AGUA
  - RELAVES
  - CONCENTRADO DE MOLIBDENO/BISMUTO
  - CONCENTRADO BULK COBRE
  - PULPA DE MINERAL
  - MINERAL

INSTALACIONES EN EL PUERTO DE HUARMEY

- . Concentrado de cobre.
- . Concentrado de zinc.
- . Concentrado de molibdeno.
- . Concentrado de bismuto/plomo.

El saldo de aproximadamente 65 000 toneladas al día de relaves se descarga en un deposito de relaves de 220 metros de alto en la mina.

El balance metalúrgico acerca de las condiciones productivas, teniendo en cuenta el desarrollo del planeamiento, es el siguiente: Ver cuadro No 5

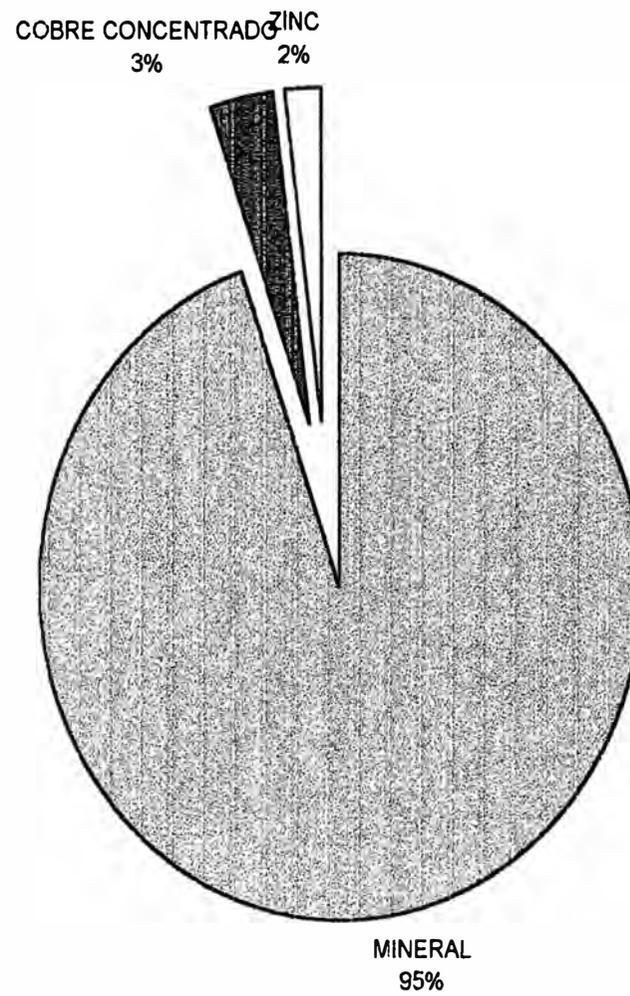
**CUADRO No 5**

**INDICADORES GENERALES DE BALANCE**

ACTIVIDADES	AÑOS 1-10	VÍDA DE MINA FINAL TIEMPO
-TMS MINERAL PÓR DÍA	70,000	70,000
-TMS DE DESMONTE DÍA	270,000	167,000
- STRIP RADIO	3.6 : 1	2.4 : 1
- TM MINERAL.TRATADO	25.55	25.55
- CONCENTRADO DE COBRE CHALCOPIRITA* (NIVEL PRIMARIO)	910,000	850,000
- CONCENTRADO DE COBRE BORNITA * (NIVEL SECUNDARIO)	90,000 1000,000	70,000 920,000
- CONCENTRADO DE ZINC *	490,000	336,000
- CONCENTRADO DE MOLIBDENO *	6,500	6,500

\* toneladas por año

# BALANCE DE COBRE Y ZINC



## **2.2. SECCION CHANCADO Y TRASLADO AL ÁREA DE ACOPIO**

La mena tal como sale de la mina (Run- of- mine, ROM) es llevada a la chancadora directamente desde la mina en camiones de 240 toneladas. La mena, que contiene rocas con no más de 1.5 metros de tamaño, es descargada por cualquiera de las dos estaciones de vaciado al comportamiento de vaciado de la chancadora. La chancadora giratoria esta colocada sobre una estructura de concreto cerca de la mina.

Un rompedor de roca hidráulico rompe las rocas de mayores dimensiones que pueden atorar la chancadora. La descarga de la chancadora, a un tamaño nominal de  $-178\text{mm}$  y 4 900 toneladas por hora de capacidad, cae a un comportamiento de compensación de concreto directamente debajo de la chancadora.

El mineral chancado es retirado del comportamiento de compensación de la chancadora por un alimentador de placas, que tiene una capacidad de diseño de 5 800 toneladas por hora. El mineral es transportado aproximadamente 3 kilómetros a un área de acopio de mineral grueso mediante un alimentador, una faja transportadora de mineral grueso y un apilador radial. El apilador radial se mueve sobre una plataforma rodante (sobre rieles) que arroja la descarga en dos áreas de acopio separadas de mineral grueso. Las dos áreas de acopio permiten que un tipo de mineral sea procesado en la concentradora mientras el otro se acopia para ser procesado posteriormente. Cada acopio tiene una capacidad viva de 50 000 toneladas.

Se realiza un proceso de eliminación de polvo en el compartimento de vaciado de la chancadora y en los puntos de transferencia a lo largo del sistema de transporte antes que el mineral sea descargado al acopio.

Un colector de polvo recupera el polvo generado en el compartimento de vaciado y de compensación.

### **2.3. SECCION MOLIENDA**

El circuito de molienda tiene una capacidad de diseño de 3241 toneladas por hora con una disponibilidad de 90 por ciento.

En mineral grueso es extraído a través de alimentadores ubicados por debajo del acopio de mineral grueso en un túnel de recuperación que se localiza longitudinalmente al área de acopio. Hay dos áreas de acopio y cada una de ellas tiene tres alimentadores de velocidad variable que extraen el mineral y lo descargan a la faja transportadora que alimenta al molino SAG. En cada punto de transferencia del alimentador, se cuenta con un sistema de eliminación de polvo. El túnel de recuperación también está equipado con un sistema contra incendios con chorro de agua.

El transportador que alimenta al molino SAG descarga en un solo molino SAG accionado por un motor de velocidad variable sin engranaje de 20 100 kW (24 000 hp). El molino SAG opera conjuntamente con tres molinos de bolas. La pulpa va del tromel del molino SAG a un distribuidor que alimenta tres bombas de alimentación a ciclones. Estas bombas alimentan tres nidos de ciclones de los molinos de bolas. Cada nido de ciclones cuenta con 14 ciclones que operan en circuito cerrado con un molino de bolas dedicado. Los finos de los tres molinos de bolas pasan a la flotación de cobre. El ochenta por ciento del producto final del circuito del molino de bolas pasa por una malla de 100 micrones, si se procesa el mineral que solo contiene cobre, o por una malla de 150 micrones si se procesa el mineral de cobre/zinc.

Los tres molinos de bolas cuentan con motores sin engranaje de velocidad variable. Cada uno de los molinos de bolas recibe los gruesos, a 70 por ciento de sólidos, de su respectivo nido de ciclones.

El molino SAG y los molinos de bolas cuentan con sistema de lubricación. Los sistemas de lubricación están incorporados y cuentan con depósitos de aceite y filtros, intercambiadores de calor, bombas circulantes y todos los accesorios. Cada uno de los sistemas de lubricación del molino cuenta con un sistema de elevación hidráulica que proporciona aceite a presión suficientemente alta para hacer flotar al molino con toda su carga antes de su arranque y después de una breve parada. El circuito de molienda también contiene equipos e instalaciones para cargar las bolas automáticamente a cada molino según sea necesario.

## **2.4. SECCION FLOTACION : SEPARACION**

### **2.4. FLOTACION DE COBRE**

La pulpa de los finos de los ciclones de cada circuito del molino de bolas es muestreada y dirigida a tres filas de celdas de flotación rougher. El concentrado rougher es producido por siete celdas rougher por fila. Los relaves rougher de cobre pasan al circuito de flotación de zinc. En el caso no se produzcan concentrados del zinc, los relaves rougher de cobre pasan a los relevos de la planta para su eliminación. El concentrado rougher de cobre, junto a los relaves del segundo cleaner, es bombeado por una bomba de alimentación a doce ciclones de remolienda.

Se usan dos molinos verticales de torre para la remolienda de concentrados rougher de cobre. Los molinos operan en circuito cerrado con los ciclones de remolienda y producen un tamaño de partícula de 80 por ciento pasante por 45 micrones.

Los finos de los ciclones de remolienda son limpiados en dos etapas de celdas columnares de cuatro columnas cada una. Los relaves del primer

cleaner son bombeados al circuito scavenger- cleaner compuesto por una sola fila de cinco celdas scavenger. Los relaves scavenger son enviados a un cajon distribuidor ( 3 rutas) conectado cada a un cajón de bombas que alimenta las tres filas rougher de zinc con siete celdas cada una. El concentrado producido por el circuito scavenger- cleaner es enviado a las celdas columnares del segundo cleaner. Los relaves del segundo cleaner son devueltos para su remolienda.

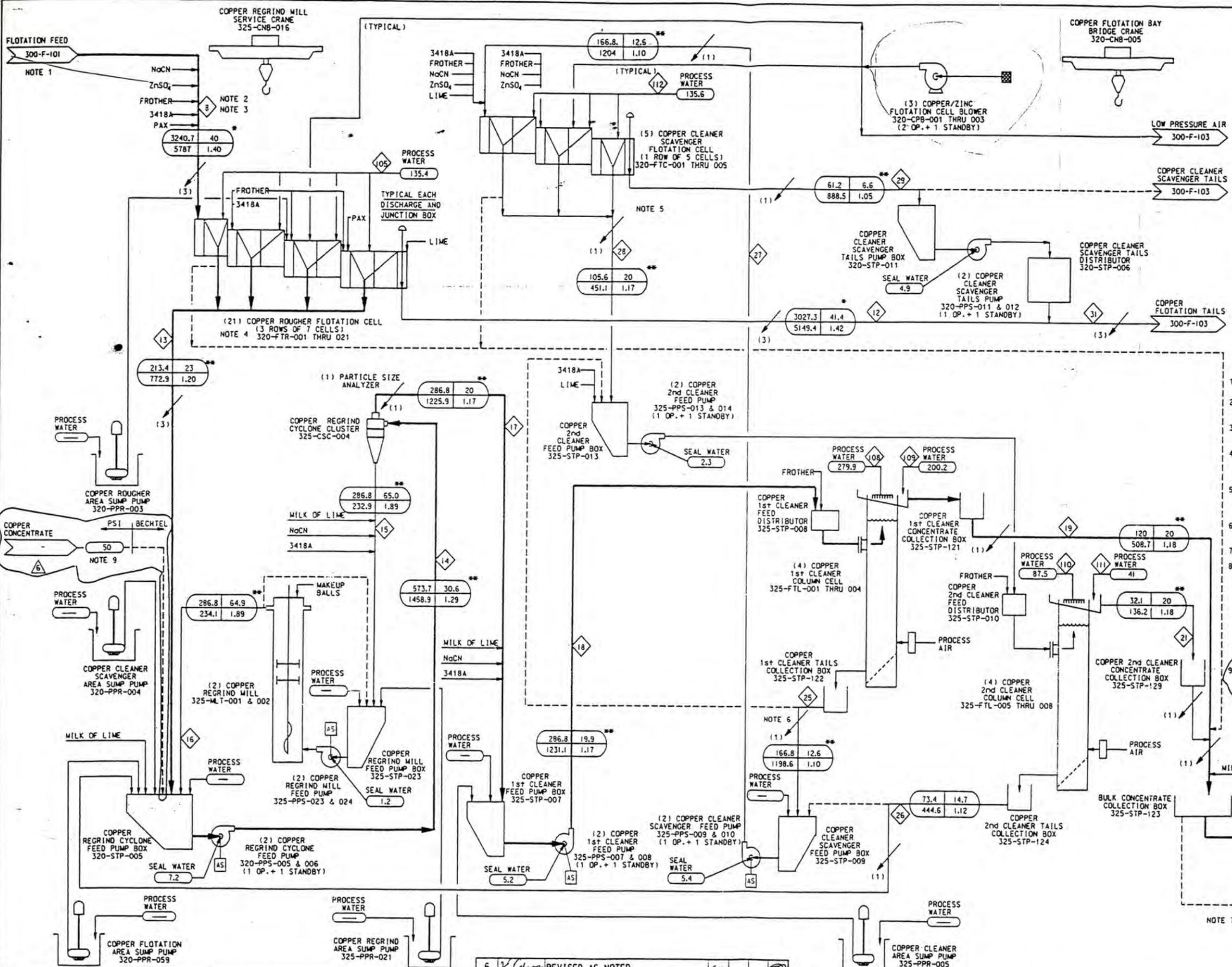
El concentrado bulk de cobre contiene de 29 a 30 por ciento de cobre y contiene bismuto o molibdeno. Fluye por gravedad al espesador de concentrado bulk, y de allí es bombeado al circuito de flotación de bismuto o molibdeno, donde los minerales de bismuto o molibdeno son separados del concentrado de cobre. En el caso que no se produzcan concentrados de bismuto o molibdeno, el concentrado bulk de cobre puede ser enviado al espesador del concentrado de cobre como producto final.

Un analizador en línea de rayos X realiza de varios elementos en diferentes puntos estratégicos en el circuito de flotación de cobre. Se realiza ensayos de cobre, zinc, molibdeno, hierro, plomo y porcentaje de sólidos en cada muestra.

El circuito de cobre cuenta con un sistema de adición de reactivos que agrega reactivos según sea necesario, dependiendo del tipo mineral que esta siendo tratado en el momento.

Ver gráfico No 4

This drawing and the design it covers are the property of BECHTEL. They are hereby loaned and on the borrower's express agreement that they will not be reproduced, copied, loaned, exhibited, nor used except in the limited way and private use permitted by any written consent given by the lender to the borrower.



### LEGEND

SLURRY	SOLIDS	t/h	% SOLIDS
	PULP	m³/h	SP. GR
SOLIDS	DRY	t/h	% MOISTURE
	WET	t/h	t/m³
WATER			
m³/h			

- ◇ STREAM NUMBER } REFER TO ORE & WATER BALANCE
- ↘ STREAM SAMPLE (NO. OF STREAMS)
- PRIMARY FLOW
- - - SECONDARY FLOW
- · - - INTERMITTENT/ALTERNATE FLOW

- ### NOTES:
- PLANT OPERATION IS SCHEDULED FOR 24 HOURS/DAY, 365 DAYS/YEAR.
  - BALANCE FLOWS SHOWN ARE BASED ON A NEW FEED RATE OF 70000 TONS PER DAY WITH AN AVAILABILITY FACTOR OF 90%.
  - DESIGN FLOWS FOR LINES MARKED \* ARE 1.25 x BALANCE FLOW AND FOR LINES MARKED \*\* ARE 1.65 x BALANCE FLOW.
  - SPACE PROVISION SHALL BE MADE FOR THE FUTURE INSTALLATION OF AN EIGHTH ROUGHER CELL AT THE END OF EACH ROW.
  - SPACE PROVISION SHALL BE MADE FOR THE FUTURE INSTALLATION OF A SIXTH CLEANER SCAVENGER CELL AT THE END OF ROW.
  - PROVISION SHALL BE MADE FOR OBTAINING MANUAL SAMPLE ONLY.
  - ALTERNATE FLOW REPORTS TO COPPER CONCENTRATE THICKENER.
  - THE ALTERNATE BALANCE FLOWS FOR THE FOLLOWING STREAMS ARE AS UNDER:

STREAM No.	m³/h
26	1011.5
21	193.4
28	172.4
29	904.3
25	845
19	470.9

9. THE COARSE OFF-SPECIFICATION COPPER CONCENTRATE FLOW RECEIVED FROM THE CONCENTRATE STORAGE TANK SHALL NOT EXCEED 50 m³/h.

NO.	DATE	REVISIONS	BY	CHK.	ENG.	PE	DISCIPLINE	SUPV.	DATE
6	12/01/98	ISSUED FOR CONSTRUCTION	GS	WM	KC	SH	PLANT DES.	7/11	FEB 2000
1	12/30/98	REVISED PER BUDGET REVIEW	GS	WM	KC	SH	PROCESS	1/1	FEB 14, 10
2	01/19/99	REVISED PER CMA TECH. COMM.	GS	AG	SH	MECH.			1/1
3	06/08/99	REVISED AS NOTED	GS	KC	SH	CIVIL/STRUCT.			
4	09/03/99	REVISED AS NOTED	GS	KC	SH	ELECT.			
5	01/06/00	REVISED AS NOTED	GS	KC	SH	CONT. SYS.			
6		REVISED AS NOTED	GS						

APPROVAL BY  
ANTAMINA  
PK

DATE: 10 JUN 99

Bechtel San Francisco

COMPANIA MINERA ANTAMINA S.A.  
LIMA, PERU

ANTAMINA PROJECT

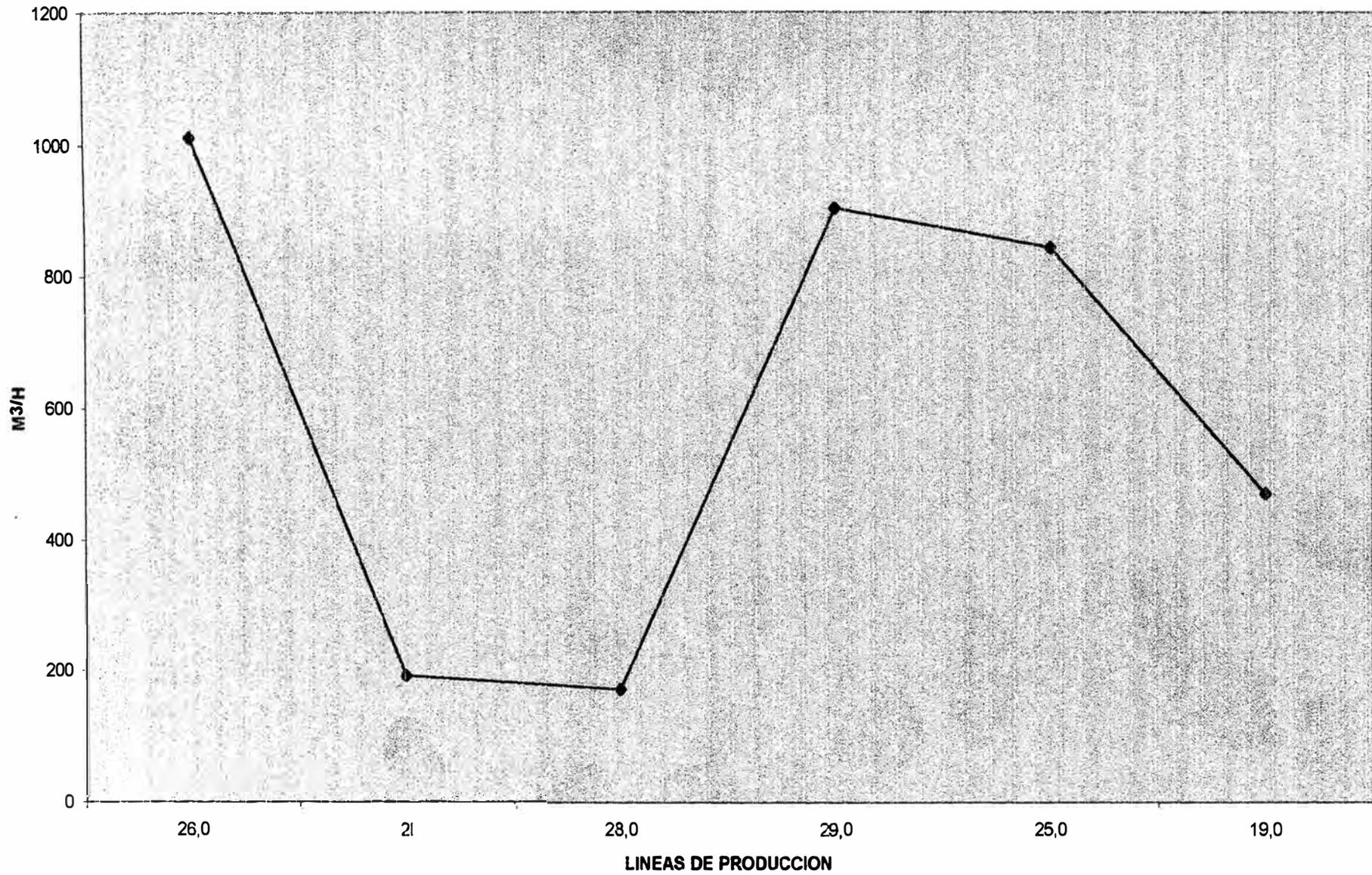
70000 +/-d CONCENTRATOR  
COPPER FLOTATION & REGRIND  
FLOW DIAGRAM

Job No. 24097 Dwg. No. 300-F-102 REV. 6

NOTES

DRAWING NO. REFERENCES

# BALANCE DE FLUJO DE FLOTACION DE COBRE



## 2.4.2. FLOTACION DE ZINC

Cuando el mineral transportado a la planta tiene una ley de zinc lo suficientemente alta, los relaves rougher de cobre y los relaves de las celdas scavenger-cleaner de cobre son enviados al circuito de flotación de zinc. Estos dos flujos de relaves son combinados y fluyen por gravedad a tres filas de celdas rougher de zinc. La primera celda en cada fila se usa para acondicionamiento, a esta le siguen siete celdas de flotación. En las celdas de flotación rougher, se produce concentrado rougher con alta ley de zinc. Las celdas de flotación rougher también generan un flujo de relaves que es enviado al sistema de eliminación de relaves.

El concentrado rougher de zinc se combina con los relaves del segundo cleaner. El flujo combinado, que contiene aproximadamente 31 por ciento de sólidos, es impulsado por la bomba de alimentación al nido de ciclones de remolienda. Este nido contiene 16 ciclones; de los cuales normalmente funcionan 14.

Se usan dos molinos verticales para la remolienda de concentrados rougher de zinc. Los molinos funcionan en circuito cerrado con los ciclones de remolienda y producen un tamaño de partícula que es 80 por ciento pasante por 45 micrones.

Los finos de los ciclones de remolienda son limpiados en dos etapas de celdas columnares. La primera y segunda etapa de limpieza se realizan en cinco celdas columnares cada una. Los concentrados de ambas etapas pasan al espesador de concentrado de zinc final.

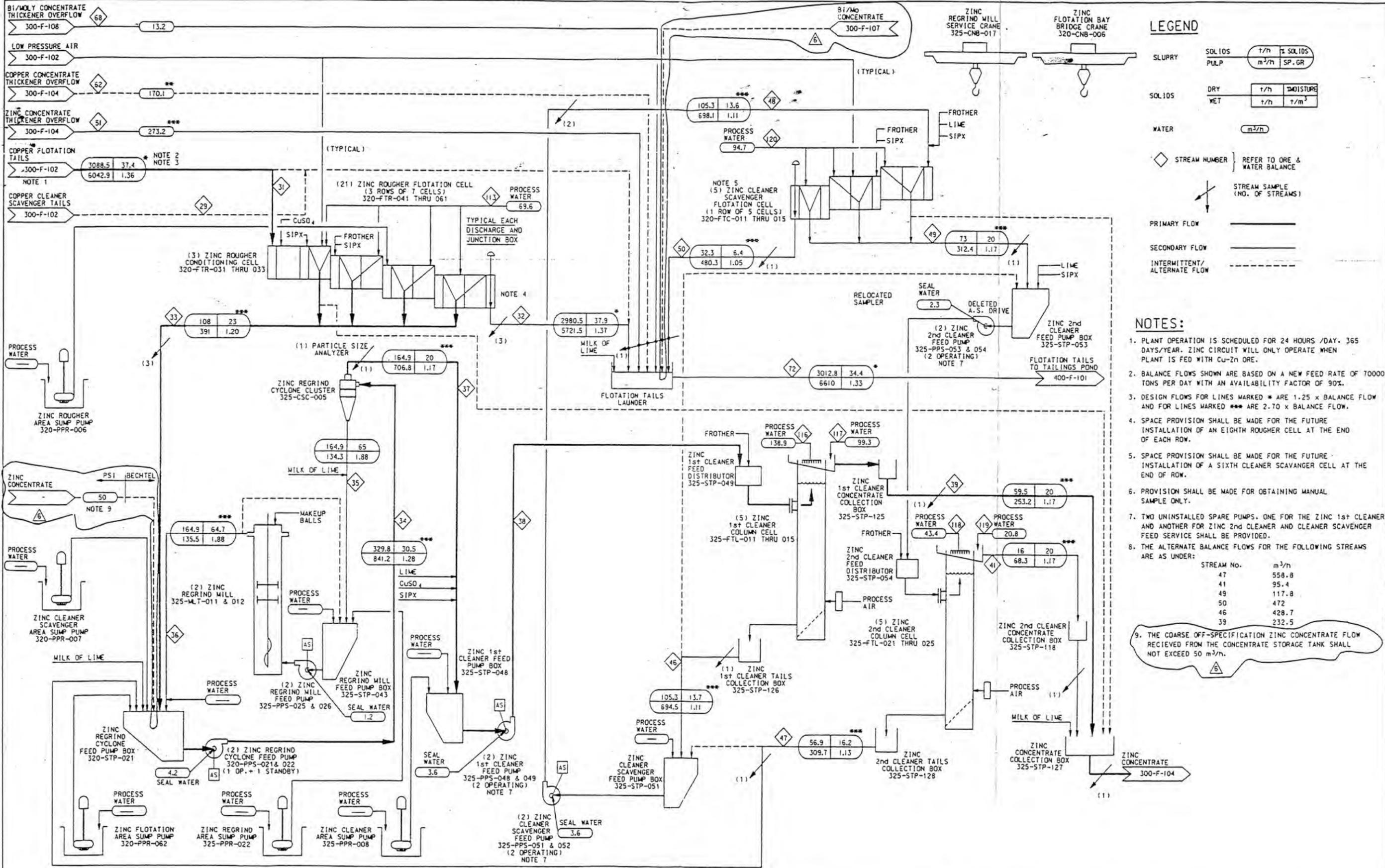
El concentrado final contiene aproximadamente 54% de zinc y fluye por gravedad desde las celdas columnares al espesador del concentrado de zinc. Los relaves del primer cleaner son depurados en una sola fila de

cinco celdas scavenger- cleaner. Los relaves de las celdas columnares del segundo cleaner regresan al circuito de remolienda para una clasificación por tamaño de partículas y una posible remolienda.

Los relaves de las celdas rougher de zinc y scavenger- cleaner de zinc se combinan con el agua clara del espesador y la descarga de la bomba de sumidero constituyendo juntos los relaves de la planta, que pasan a la canaleta de relaves para ser transportados por gravedad al depósito de relaves.

Se requiere de muestreadores por turnos en determinados puntos del circuito para fines del balance metalúrgico. El analizador en línea de rayos X realiza ensayos de muestras en el circuito de flotación de zinc para analizar el cobre y zinc así como densidad de la pulpa y algunos otros elementos importantes.

El circuito de zinc cuenta con un sistema de adición de reactivo para suministrar reactivos según sea necesario, dependiendo del tipo de mineral que está siendo tratado en el momento. Ver gráfico No 5



### LEGEND

SLURRY	SOLIDS	t/h	% SOLIDS
	PUMP	m³/h	SP. GR.
SOLIDS	DRY	t/h	MOISTURE
	WET	t/h	t/m³
WATER			
m³/h			

◇ STREAM NUMBER } REFER TO ORE & WATER BALANCE  
 ↘ STREAM SAMPLE (NO. OF STREAMS)  
 — PRIMARY FLOW  
 - - - SECONDARY FLOW  
 - · - - INTERMITTENT/ALTERNATE FLOW

- ### NOTES:
- PLANT OPERATION IS SCHEDULED FOR 24 HOURS /DAY. 365 DAYS/YEAR. ZINC CIRCUIT WILL ONLY OPERATE WHEN PLANT IS FED WITH Cu-Zn ORE.
  - BALANCE FLOWS SHOWN ARE BASED ON A NEW FEED RATE OF 70000 TONS PER DAY WITH AN AVAILABILITY FACTOR OF 90%.
  - DESIGN FLOWS FOR LINES MARKED \* ARE 1.25 x BALANCE FLOW AND FOR LINES MARKED \*\*\* ARE 2.70 x BALANCE FLOW.
  - SPACE PROVISION SHALL BE MADE FOR THE FUTURE INSTALLATION OF AN EIGHTH ROUGHER CELL AT THE END OF EACH ROW.
  - SPACE PROVISION SHALL BE MADE FOR THE FUTURE INSTALLATION OF A SIXTH CLEANER SCAVENGER CELL AT THE END OF ROW.
  - PROVISION SHALL BE MADE FOR OBTAINING MANUAL SAMPLE ONLY.
  - TWO UNINSTALLED SPARE PUMPS, ONE FOR THE ZINC 1st CLEANER AND ANOTHER FOR ZINC 2nd CLEANER AND CLEANER SCAVENGER FEED SERVICE SHALL BE PROVIDED.
  - THE ALTERNATE BALANCE FLOWS FOR THE FOLLOWING STREAMS ARE AS UNDER:
- | STREAM No. | m³/h  |
|------------|-------|
| 47         | 558.8 |
| 41         | 95.4  |
| 49         | 117.8 |
| 50         | 472   |
| 46         | 428.7 |
| 39         | 232.5 |
9. THE COARSE OFF-SPECIFICATION ZINC CONCENTRATE FLOW RECEIVED FROM THE CONCENTRATE STORAGE TANK SHALL NOT EXCEED 50 m³/h.

This drawing and the design it covers are the property of BECHTEL. They are hereby loaned and on the borrower's express agreement that they will not be reproduced, copied, loaned, exhibited, nor used except in the limited way and private use permitted by any written consent given by the lender to the borrower.

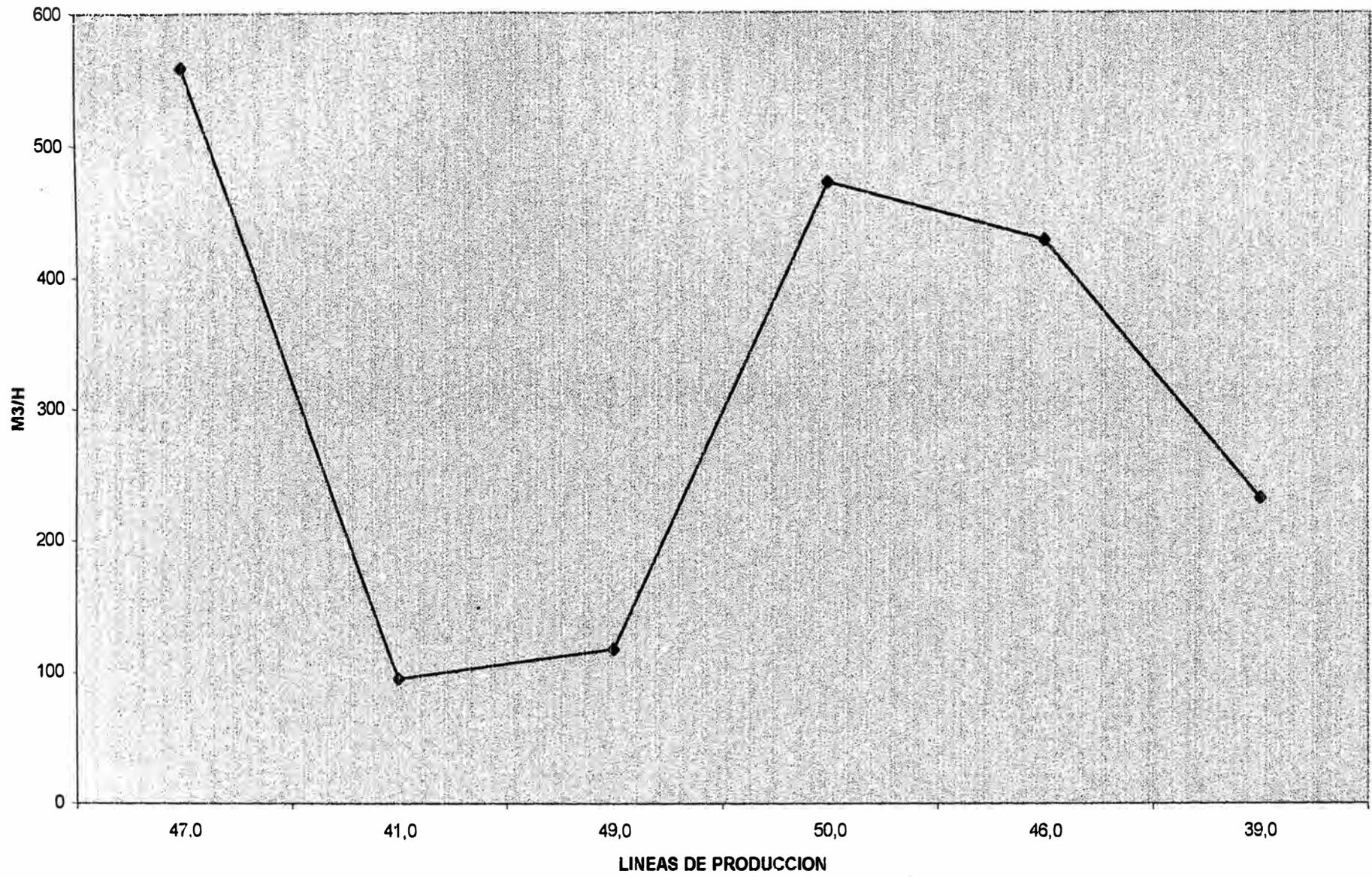
NO.	DATE	REVISIONS	BY	CHK.	ENG.	PE	DISCIPLINE	SUPV.	DATE
6	01/06/00	REVISED AS NOTED	GS						
5	01/06/00	REVISED AS NOTED	GS	KC	SH		CONT. SYS.		
4	09/03/99	REVISED AS NOTED	GS	KC	SH		ELECT.		
3	06/08/99	REVISED AS NOTED	GS	KC	SH		CIVIL/STRUCT.		
2	01/19/99	REVISED PER CMA TECH. COMM.	GS	AG	SH		MECH.		
1	12/30/98	REVISED PER BUDGET REVIEW	GS	KC	SH		PROCESS		
0	12/01/98	ISSUED FOR CONSTRUCTION	GS	FW	KC	SH	PLANT DES.		



BECHTEL SPECIALISTS  
 COMPANIA MINERA ANTAMINA S.A.  
 LIMA, PERU  
**Bechtel** San Francisco

ANTAMINA PROJECT  
 70000 t/d CONCENTRATOR  
 ZINC FLOTATION & REGRIND  
 FLOW DIAGRAM  
 Job No. 24097 Dwg. No. 300-F-103 REV. 6

# BALANCE DE FLUJO DE FLOTACION DE ZINC



## **2.5. SECCION DE ESPESAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE CONCENTRADO**

Los concentrados finales producidos por el circuito de flotación de zinc y el circuito de flotación de cobre son espesados y almacenados de manera separada antes de bombearlos al puerto.

Los espesados del concentrado de cobre y de concentrado de zinc tiene exactamente el mismo diseño. Los espesadores aumentan la densidad de la pulpa de los concentrados a 60 por ciento de sólidos de bombearlos a los tanques de almacenamiento que alimenta al mineroducto. El agua clara del espesador de concentrado de cobre se combina con el agua clara del espesador del concentrado bulk y regresa al tanque de agua recuperada. En algunas oportunidades, el agua clara del espesador de cobre puede ser enviada a los relaves. El agua clara del espesador de zinc siempre es enviada a los relaves.

Los sistemas de bombeo, distribución y almacenamiento de la pulpa densificada del espesador son los mismos para ambos tipos de concentrado. Cada espesador de concentrado tiene dos bombas que bombean la pulpa densificada a los distribuidores de los tanques de almacenamiento. Los distribuidores controlan el flujo hacia los tanques de almacenamiento de pulpa del concentrado: tres para el concentrado de cobre (uno para el concentrado con alto contenido de bismuto, uno para el concentrado con bajo contenido de bismuto y un tanque giratorio para cualquiera de ellos) y dos para el concentrado de zinc. Cada tanque de almacenamiento de pulpa puede mantener 27 horas de producción de concentrado. Las bombas de pulpa de alta presión bombean los concentrados de cobre y zinc en tandas alternadamente hasta puerto a través de un solo ducto.

Tanto los concentrados de cobre como de zinc son transportados por un mineroducto de 300 km desde la concentradora hasta el puerto en forma de pulpa a una densidad de aproximadamente 57 por ciento de sólidos. Las tandas de concentrado duran mas de 10 horas y están separadas por tandas de agua de proceso para evitar la mezcla y combinación de los diferentes concentrados. El tipo de mineral tratado y el almacenamiento disponible en la mina determina el tamaño de estas tandas.

## **2.6. SECCION DE FILTRACION**

### **2.6.1. FILTRACION Y CLARIFICACION DE CONCENTRADO DE COBRE**

Existen dos plantas de clarificación en el puerto de Huarmey : una parte el concentrado de cobre y otra para el concentrado de zinc. Los concentrados son almacenados en tanques de almacenamiento separados. Se usa un sistema de filtro común para filtrar un concentrado después del otro.

La pulpa del concentrado de cobre pasa, con la ayuda de un distribuidor, desde el mineroducto a dos tanques de agitación para almacenamiento de cobre, uno para el concentrado de cobre con bajo contenido de bismuto y el otro para concentrado de cobre con alto contenido de bismuto. Cada tanque puede soportar aproximadamente 16 horas de duración a un flujo de diseño. Cuando se filtra el concentrado de cobre, la pulpa fluye por gravedad desde el tanque de almacenamiento seleccionado al tanque de agitación para alimentación de filtrado, desde donde es bombeada a cuatro filtros de concentrado para obtener un queque de filtración que contiene aproximadamente 8 traslada al área de acopio de concentrados.

El agua filtrada (agua con mínimo cantidad de partículas de sólidos,

agua de lavado de tina y agua de lavado del cabezal), provenientes de los filtros, pasa al tanque de filtrado antes de ser bombeada al clarificador del concentrado de cobre. Además, las tandas de agua que pasan por el mineroducto entre las tandas de concentrado de cobre también son enviadas al clarificador del concentrado de cobre. Se agrega floculante para ayudar a asentar las partículas en el fondo del clarificador. La pulpa densificada es bombeada al tanque de almacenamiento de concentrado de cobre adecuado. Los finos del clarificador (agua clara) van de tratamiento del afluente.

### **2.6.2. FILTRADO Y CLARIFICACIÓN DE CONCENTRADO DE ZINC**

La pulpa del concentrado de zinc descarga del mineroducto al tanque de almacenamiento del concentrado de zinc con la ayuda de un distribuidor. El tanque puede soportar 21 horas de producción a un régimen de diseño. Cuando se filtra el concentrado de zinc, la pulpa va por gravedad del tanque de almacenamiento de zinc al tanque de alimentación al filtro, desde allí es bombeado a los filtros de concentrados para producir un queque de filtración que contiene aproximadamente 8 por ciento de humedad. El queque de filtración cae en una faja transportada para ser transportado al área de almacenamiento.

El agua filtrada de los filtros pasa al tanque de filtrado antes de ser bombeado al clarificador del concentrado de zinc. Además, las tandas de agua que pasan por el mineroducto entre las tandas de concentrado de zinc también son enviadas al clarificador del concentrado de zinc. Se agrega el floculante para ayudar a asentar las partículas en el fondo del clarificador. La pulpa densificada es bombeada al tanque de almacenamiento de concentrado de zinc. Los finos del clarificador (agua limpia) van a la planta de tratamiento del afluente.

### **2.6.3. REACTIVOS**

El volumen de reactivos almacenados en la concentradora es suficiente para un consumo de 30 días cada uno excepto para la cal y el hidrosulfuro de sodio. Se almacena el volumen de cal para un consumo de tres a cuatro días y en el caso del hidrosulfuro de sodio para 10 días.

## **2.7. ASPECTOS DE DESAGREGACION FINAL**

Existen aspectos cruciales dentro de la producción de la planta metalúrgica especialmente considerada como ámbitos críticos, que es el que se refiere sustancialmente a la flotación, la cual podemos desagregarlas desde el ámbito de la flotación del cobre y zinc.

### **2.7.1. DEL CIRCUITO DE FLOTACION DEL COBRE**

El objetivo del circuito de flotación de cobre es maximizar la recuperación de minerales de cobre de la mena usando un proceso de flotación diferencial.

El objetivo general del circuito de flotación de cobre debe lograrse manteniendo al mismo tiempo la salud y seguridad del personal, protegiendo el medio ambiente, y evitando el daño al equipo de la planta.

Dentro de las consideraciones metalúrgicas y operacionales de la Mena de Antamina, se han identificado seis tipos diferentes de menas, y se han desarrollado seis esquemas de flotación diferentes para cada uno de ellos. Los tipos de mena contienen variadas cantidades de minerales de cobre (calporita y bornita), minerales de zinc (esfalerita), minerales de molibdeno (molibdeno<sub>9</sub>, y también algunos minerales que contienen bismuto y plomo.

El bismuto es un componente no deseado en el concentrado de cobre y se puede incurrir en importantes costos de tratamiento si se encuentra presente. Antamina ha asumido un compromiso con sus clientes para no exceder 220 ppm de bismuto en el concentrado de cobre. Los diferentes minerales valiosos se recuperan aplicando un proceso de flotación diferencial. El operador debe cambiar el esquema de flotación de cobre para cada tipo de mena procesada en campañas en la planta con el fin de producir un concentrado de cobre que contenga bismuto en un monto aceptable para ser mezclado en el puerto.

El tipo de mena es procesado en campañas en la planta por un periodo de siete días.

El concentrado bulk de cobre producido en el circuito de flotación de cobre puede ser limpiado para eliminar el bismuto y sometiéndolo a mayor tratamiento por flotación.

Más aun, también se puede obtener por flotación concentrado de molibdeno a partir del concentrado bulk de cobre, dependiendo de la concentración de estos elementos en el concentrado bulk de cobre.

La mena de Antamina es tratada en un esquema de flotación en secuencia, sometiéndola primero a un proceso de flotación del concentrado bulk de cobre que contiene bismuto o molibdeno y luego a un proceso de flotación de zinc. El concentrado bulk es tratado en la sección de

bismuto/ molibdeno para limpiar el concentrado de cobre y hacerlo comercial.

Los seis tipo de mena y los concentrados producidos de cada una se presentan en el cuadro No 6.

**CUADRO No 6**  
**PRODUCCIÓN DE CONCENTRADO POR TIPO DE MENA**

Tipo de mena	Concentrado de cobre		concentrado de zinc	concentrado de molibdeno	concentrado de bismuto
	alto bismuto	bajo bismuto			
Cobre solo bajo bismuto		Si	No	si	no
cobre solo alto bismuto	si	Si	No	no	si
cobre zinc bajo bismuto		Si	Si	no	Depende del contenido de bismuto
cobre zinc alto bismuto	si	Si	Si	no	si
bornita bajo zinc	si		No	si	no
bornita alto zinc	si		Si	si	no

## **2.7.1.1. CIRCUITO DE FLOTACION DE COBRE- GENERALIDADES**

### **1. Consideraciones Metalúrgicas y Operacionales**

La flotación de cobre es el primer paso de la secuencia de flotación que produce un concentrado bulk de cobre, seguida de una etapa de flotación de zinc. El circuito de flotación de cobre consiste de dos etapas: la etapa rougher, que produce un concentrado rougher que es molido nuevamente; y la etapa de limpieza del cobre.

Los operadores deben controlar la operación del circuito para lograr los objetivos del proceso. Estos objetivos y el equipo usado para cada una de las operaciones del circuito son presentados a continuación:

- El objetivo principal de la operación de flotación rougher de cobre es maximizar la recuperación de los minerales de cobre de la mena, y al mismo tiempo producir una corriente de relaves que contenga la mayor parte de zinc. El esquema de adición de reactivos comprende un colector y un espumante, así como cal, cianuro de sodio, o una combinación de sulfato de zinc y cianuro, dependiendo del tipo de mineral que está siendo tratado. Esto solo depende de la cantidad de cobre soluble en la mena que afecta la flotación del mineral de zinc en el circuito de cobre.

La ley del concentrado producido es de importancia secundaria porque el concentrado rougher está sujeto a mayor procesamiento aguas abajo para mejorar la ley. El proceso de flotación rougher se realiza en tres bancos de siete celdas de flotación convencionales Outokumpu cada uno. El concentrado es enviado al circuito de remolienda.

- El objetivo de la operación de remolienda de concentrado es liberar los minerales de cobre de la ganga y otros minerales. La liberación de las

partículas se realiza usando molinos de remolienda que funcionan en circuito cerrado con clasificadores de ciclones.

Los finos de los ciclones son enviados a los primeros cleaners. La molienda de las partículas de concentrado también ayuda a asegurar que el material grueso no ingrese al mineroducto que va al Puerto, lo que podría atorar el mineroducto.

- El objetivo de la operación del cleaner es producir concentrado de cobre de ley aceptable y el objetivo de la operación scavenger- cleaner es asegurar una alta recuperación de los cleaners. La ley del concentrado rougher mejora mediante el proceso de cleaning en las celdas columnares no es aceptable, por lo que el cobre que queda en las colas cleaner es recuperado en un banco de celdas de flotación scavenger- cleaner convencionales. El concentrado proveniente de los scavenger- cleaner es limpiado aun mas en otro grupo de celdas columnares.

Para alcanzar estos objetivos, el operador debe estar conscientes de las condiciones generales y especiales del proceso descrito a continuación que son específicos para cada configuración de circuito del proceso de flotación de cobre.

## **2. Variables en el Circuito de Flotación de Cobre**

El operador debe controlar varias variables con el fin de optimizar el rendimiento del circuito de flotación rougher. Estas variables son presentadas en el cuadro No 7.

## CUADRO No 7

### VARIABLES DEL CIRCUITO DE FLOTACION ROUGHER

Variable	Monitoreado por	Controlado por	Consultado por
Tonelaje de alimentación	Operador	Set	Superintendente
Densidad de la alimentación de flotación	Operador de flotación	Operador del circuito de molienda	Jefe de sección
Profundidad de la espuma en la celda de flotación	operador	Operador	Operador de la sala de control
Flujo de aire en la celda de flotación	operador	Operador	Operador de la sala de control
Ph de la pulpa de flotación (cal)	Operador	Operador	Operador de la sala de control
Régimen de adición de reactivos	operador	Operador	Operador de la sala de control
Colector (PAX)			
Espumante (MIBC)			
Depresores (cianuro de sodio y sulfato de zinc)			

### 3. Productividad

El operador de flotación y el ayudante deben poner especial cuidado en asegurar que las celdas de flotación operen a la máxima eficiente en todo momento. Las celdas deben ser operadas par asegurar que se obtengan

las leyes objetivo de las corrientes de relaves y concentrado. Esto se debe lograr minimizando al mismo tiempo la cantidad de zinc que ingresa a la corriente de concentrados de cobre.

#### **4. Mantenimiento y Protección del Equipo**

El operador de flotación y el ayudante deben asegurarse que los siguientes sistemas sean inspeccionados con regularidad para mantener la alta disponibilidad del equipo:

- . Celdas de flotación rougher.
- . Molino de remolienda.
- . Cajones de bombas de proceso.
- . Bombas de proceso.
- . Celdas columnares de flotación.
- . Distribuidores.
- . Sistemas de alimentación de reactivos.
- . Sensores de control del proceso.
- . Válvulas de bloqueo y válvulas de control del proceso.
- . Bombas de sumidero del área.

#### **5. Seguridad y Protección Ambiental**

El operador de flotación y el ayudante deben asegurar que:

- . Se sigan los procedimientos de bloqueo.
- . Todos los derrames sean limpiados tan pronto como sea posible.
- . Mantener inspecciones continuas dentro del proceso
- . Procurar una disposición de mantenimiento ambiental

## **2.7.1.2. FLOTACION ROUGHER**

### **1. Consideraciones Metalúrgicas y Operacionales**

Los siguientes parámetros principales son importantes cuando se opera el circuito rougher:

- . Nivel de pulpa y profundidad de la esquema de la celda de flotación.
- . Flujo de aire en la celda de flotación.
- . pH de la pulpa de flotación.
- . Dosis de reactivos.
- . Densidad de la alimentación de flotación.

### **2. Control de la Profundidad de la Espuma y Nivel de Pulpa en la Celda de Flotación**

Para controlar el nivel de pulpa, cada celda de flotación (o la última celda en un grupo de dos) cuenta con válvulas e instrumentación para el control de nivel. El nivel de la pulpa es indicado tanto localmente en la estación de trabajo del operador como en la sala de control, la profundidad de la espuma y la condición de la espuma deben ser observadas localmente. También es importante que el operador monitoree la cantidad (rápido, acelerado, o despacio) y calidad de la espuma producida por cada una de las celdas.

En un banco de celdas de flotación. La ley del concentrado que sale de las primeras celdas usualmente es la más alta y disminuye con el tiempo conforme la pulpa pasa por el banco. Generalmente, las primeras celdas en el banco son operadas con una mayor profundidad de espuma que las últimas celdas, y en algunos casos esto puede dar como resultado la producción de un concentrado aceptable de las primeras celdas sin necesidad de cleaning. Hay un bypass opcional

configurado en la canaleta de concentrados de la primera celda para permitir al operador bypasear el concentrado cuando sea indicado. El concentrado de las primeras celdas en el banco puede ser bypaseado al concentrado bulk de cobre dependiendo de los resultados de los análisis de laboratorio y cuando lo indique el supervisor de operaciones de la concentradora.

### **3. Control del Flujo de Aire en la Celda de Flotación**

Cada celda en el banco de flotación rougher está equipada con válvulas de control de flujos de aire para controlar el volumen de aire que ingresa a la celda. Hay un controlador maestro, donde se fija el flujo de aire blanco para la primera celda y cada celda posterior tiene controladores de flujo separados con un valor predeterminado bias para hacer los ajustes para cada celda.

Generalmente, con las celdas Outokumpu, el nivel de pulpa y el flujo de aire se establece y mantiene constante, y el operador hace los ajustes a las dosis de reactivos según sea necesario para lograr los resultados metalúrgicos deseados. Si se establece un mayor flujo de aire generalmente mejora la recuperación pero disminuye la ley del concentrado.

### **4. Control de pH de la Pulpa de Flotación**

El pH de la pulpa de flotación se ajusta con cal para proporcionar un régimen en la pulpa que promueva la flotación de calporita para los diferentes tipos de minerales.

La adición de cal deprime los minerales de sulfuro de hierro en la mena. Si el pH en la pulpa. El PCS selecciona dos de las tres mediciones de pH y se usa el promedio para controlar la adición de cal

a los molinos de bolas.

## **5. Control ambiental a nivel del Flujo de Reactivos**

### ***a. Régimen de Adición del Colector (PAX)***

El colector seleccionado para el circuito de flotación de cobre es el xantato amil potasio (PAX). Este colector es el mas poderoso y menos selectivo de todos los xantatos. La adición de xantato hace a la partícula de mineral de cobre hidrofobia y la prepara para la flotación con espuma. Las dosis de xantato se basa generalmente en el contenido de metal en la alimentación o en el análisis de relaves del metal deseado. El operador ajusta las dosis de xantato dentro de los rangos permitidos por el supervisor de operaciones de la concentradora para lograr la mejor recuperación posible. Si la espuma en la celda de flotación esta seca, o hay baja ley de concentrado y menor recuperación, quiere decir que hay un exceso de xantato. La falta de xantato se observa por burbujas parcialmente cargadas (ventanas en las burbujas) y un alto ensaye de cobre en los relaves.

El PAX se agrega a cada uno de los molinos de bolas mediante bombas dosificadoras de reactivos. El operador de flotación establece las dosis deseadas de xantato para cada uno de estos molinos. La adición de xantato a los molinos hace que se produzca un contacto inmediato del xantato con superficies minerales recientemente fracturadas y es excelente, para acondicionar el mineral. Las adiciones de xantato por etapa en el circuito rougher de cobre también son posibles. Las dosis por etapas son generalmente una pequeña fracción del flujo total y actúan como fomentadores de flotación. Las adiciones por etapa generalmente se pueden usar para reducir el consumo total de reactivos manteniendo muy poco reactivos en todo el circuito.

### ***b. Régimen de Adición de Espumante (MIBC)***

El espumante usado en el circuito de cobre es metil isobutil carbinol, o MIBC. Este espumante reduce la tensión de la superficie del agua en la celda y permite que se forme una burbuja estable en la superficie. Una cantidad insuficiente de espumante no permite una buena formación de burbujas, y la espuma tendrá pequeñas burbujas.

Se requiere suficiente espumante para crear una espuma estable, con burbujas de 25 a 50mm de diámetro. Demasiado espumante pueden disminuir la tensión de la superficie al punto que no se puedan formar burbujas y que las burbujas que traten de formarse en la superficie se rompan inmediatamente. Un excesivo espumante también hace que la espuma se mueva rápidamente en la celda e ingrese a las operaciones de cleaning aguas abajo, lo que podría arruinar el rendimiento de estos circuitos.

El operador de flotación visualmente observa las propiedades de la espuma y ajusta la dosis del espumante (dentro de los rangos establecidos por el supervisor de la concentradora) de acuerdo con los diferentes puntos de adición.

### ***c. Régimen de Adición del Modificador (Cianuro de Sodio)***

Bajo el marco ambiental, el cianuro de sodio se usa para deprimir los sulfuros de hierro y los minerales de zinc en el circuito de flotación de cobre. Este químico modifica los potenciales de reducción de oxidación de la pulpa, afectando la superficie del hierro y evita que el xantato se absorba en la superficie del mineral. Cuando se agrega en exceso, también puede deprimir los minerales de cobre. El rango de adición del cianuro de sodio lo establece el supervisor de operaciones de la concentradora y el operador de flotación determina los ajustes que se

efectuaran en base a los resultados del análisis en línea para el zinc y hierro . Si el análisis de hierro en el concentrado aumenta, el operador de flotación podría aumentar la dosis de cianuro de sodio dentro de los rangos establecidos.

La dosis de cianuro de sodio se mide con un medidor de flujo y es controlado modulando la válvula de control.

#### ***d. Régimen de Adición del Modificador (Sulfato de Zinc)***

El sulfato de zinc es un depresor de mineral de zinc y se usa cuando el mineral de zinc esta siendo procesado. El rango de la dosis del sulfato de zinc lo establece el supervisor de operaciones de la concentradora, y los ajustes del flujo son efectuados por el operador.

Para determinar la flotabilidad del mineral de zinc, se realiza con regularidad una medición dl cobre soluble en la mena. En base a esta medición, se establecen los regímenes de adición de sulfato de zinc, cal o cianuro de sodio. Se agrega suficiente sulfato de zinc de manera que se evita que el zinc flote con el concentrado de cobre. La adición de sulfato de zinc en exceso es un desperdicio de reactivo. El régimen de adición de sulfato de zinc se mide con un medidor de flujo y es controlado modulando una válvula de control.

### **2.7.1.3. REMOLIENDA DE CONCENTRADO**

#### **1. Consideraciones Metalúrgicas y Operacionales**

El objetivo del circuito de remolienda de concentrado es reducir el tamaño de las partículas de concentrado y mejorar la liberación de las partículas de mineral. La reducción del tamaño se realiza en dos molinos Svedala Vertimills (molinos de molienda vertical). El menor

tamaño de partícula resultante permite al operador producir una mayor ley de concentrado y rechazar las partículas de mineral no deseadas en el circuito de flotación cleaner aguas abajo.

También se requiere el circuito de remolienda para reducir el tamaño de partícula del concentrado final con el fin de que las partículas no se asienten en el mineroducto en su camino al puerto.

El operador debe controlar varias variables con el fin de optimizar el rendimiento en el circuito de remolienda. Las variables son:

- . Niveles del cajón de bombas (bomba de alimentación de remolienda).
- . Niveles del cajón de bombas (bomba de alimentación a los ciclones de remolienda)
- . Consumo de potencia del molino de remolienda.
- . Presión de alimentación a los ciclones.
- . Tamaño de las partículas.

## **2. Control de Nivel de Bombas (Bomba de alimentación de Remolienda)**

El operador de flotación chequea los controladores de nivel en el cajón de bomba de alimentación al molino de remolienda. Estos controladores de nivel modulan las velocidades de las bombas de alimentación de remolienda de velocidad variable. En el caso que haya un bajo nivel en el sumidero de alimentación al molino, se activa la anulación de la alarma de bajo nivel. El controlador ajusta las válvulas de dardo (normalmente cerradas) en los cajones de finos del molino de remolienda, de manera que el material recircule al sumidero de alimentación al molino. En el corto plazo, esto evita la cavilación de las bombas de alimentación al molino. En el largo plazo, el operador debe sacar uno de estos molinos fuera de línea. Contrariamente, si el cajón

de bombas rebalsa mas allá del ajuste de la velocidad, el operador puede tener que arrancar un molino adicional.

### **3. Control de Nivel del Cajón de Bombas (Bomba de Alimentación a los Ciclones de Remolienda)**

El operador de flotación revisa los controladores de nivel en el cajón de bombas de alimentación a los ciclones. Estos controladores de nivel modulan las velocidades de las bombas de alimentación a los ciclones de remolienda de velocidad variable. En el caso que haya un bajo nivel en el sumidero de alimentación al molino, se activa un sobrecontrol de la alarma de bajo nivel y se empieza a agregar agua para evitar la cavitacion en la bomba.

El cajón de bombas de alimentación a los ciclones de remolienda recibe tres tipos de alimentación: concentrado rougher, colas del segundo cleaner y descarga de remolienda para la clasificación de los ciclones.

Los molinos de remolienda operan en circuito cerrado con los ciclones. El concentrado de remolienda no puede dejar el circuito hasta que no este lo suficientemente fino para pasar por el rebalse de los ciclones. Los gruesos regresan para mayor molienda. La eficiencia de la operación de los ciclones se mantiene mediante el cambio automático de entradas y salidas de servicio de los ciclones en base a la presión de alimentación y a un controlador. La operación es monitoreada continuamente por un analizador de tamaño de partículas en línea.

### **4. Control del Consumo de Potencia del Molino de Remolienda**

La remolienda en el Vertimil se alcanza mediante por frotamiento. La acciones de las bolas da como resultado una molienda por frotamiento de las partículas de mineral. El cuerpo del Vertimil es una sección cilíndrica

vertical que contiene tamaños específicos de bolas que se mantiene en modo de levantamiento por un espiral que gira dentro del cuerpo del Molino.

La velocidad de la pulpa en el Vertimill se mantiene de manera que la separación por tamaño no sea demasiado severa. El objeto es moler las partículas gruesas.

La eficiencia de molienda en el molino se mantiene agregando bolas de molienda a los molinos. Las bolas de molienda se agregan al molino según sea necesario para mantener un consumo de potencia constante del motor del molino.

## **5. Control de la Presión de Alimentación a los Ciclones**

Los molinos de remolienda operan en el circuito cerrado con los ciclones. El concentrado de remolienda no puede salir del circuito con los ciclones hasta que la molienda sea lo suficientemente fina para pasar el circuito por los finos de los ciclones. Los gruesos regresan para mayor molienda. La eficiencia de la operación de los ciclones se mantiene poniendo automáticamente los ciclones dentro y fuera de servicio en base a la presión de alimentación y a un controlador. La operación es continuamente monitoreada por un analizador del tamaño de partículas en línea.

### **2.7.1.4. FLOTACION CLEANER Y SCAVENGER- CLEANER**

#### **1. Consideraciones Metalúrgicas y Operacionales**

El producto del circuito de remolienda es enviado para mayor tratamiento por flotación. El objetivo del circuito cleaner es producir un concentrado final que cumpla con los requisitos de ley. El circuito cleaner consiste de dos etapas, cada etapa contiene cuatro celdas de

columnas de flotación que operan en paralelo. La primera etapa de las columnas es seguida por una etapa scavenger- cleaner que opera como control de recuperación en los cleaners. El concentrado producido por los scavenger- cleaner se convierte en la alimentación de la segunda etapa de cleaners columnares. Las colas de la segunda etapa de cleaners son regresadas al circuito de flotación para su posterior liberación.

Los objetivos de este esquema de flotación son continuar produciendo ley de concentrado según las especificaciones y también mantener en el circuito cleaner operando los scavenger- cleaner para la máxima recuperación de cobre.

El operador debe controlar diversas variables con el fin de optimizar el rendimiento del circuito cleaner. Las variables son:

- . Nivel de pulpa de la celda columnar.
- . Flujo de agua de lavado en la celda columnar.
- . Flujo de aire en la celda columnar.
- . Reactivos.

## **2. Control del Nivel de Pulpa en la Celda Columnar**

La profundidad de la espuma en una celda columnar es generalmente alrededor de 1 metro. Lo que permite drenar la ganga de la espuma. El operador controla la profundidad de la espuma en la columna por medio del nivel de un flotador instalado en la columna, lo que transmite una señal a un controlador de nivel. El controlador de nivel modula la posición de la válvula de estrangulamiento de relaves.

### **3. Control del Flujo de Agua de Lavado de la Celda**

El agua de lavado se usa para ayudar a lavar la ganga de la espuma en la columna. La adición de agua de lavado generalmente se establece de manera que haya un bias positivo del flujo de agua de lavado (haya un flujo mayor de agua limpia que pasa a través de la espuma al que se elimina con la espuma que rebalsa de la parte superior de la celda).

Se proporciona instrumentación para controlar el flujo de agua de lavado al distribuidor de agua de lavado de la columna.

### **4. Control del Flujo de Aire de la Celda Columnar**

El flujo de aire en la columna es suministrado por un sistema de aire comprimido dedicado. El flujo de aire generalmente se establece en un punto de flujo máximo antes que el aire reviente en la superficie de la espuma. Se proporciona instrumentación para controlar el flujo de aire en el cabezal del espansor.

La distribución de la alimentación entre las columnas se realiza manualmente por el operador, quien posesiona las válvulas de dardo en el cajón del distribuidor de alimentación.

El objetivo del circuito scavenger- cleaner es recuperar los valores minerales restantes en los relaves del cleaner. El concentrado producido en el circuito scavenger- cleaner es recirculado al circuito de remolienda. Los controles del circuito scavenger- cleaner son similares al circuito de flotación rougher.

### **5. Adiciones de Reactivos al Circuito Cleaner**

Se ha contemplado las adiciones de reactivos en todo el circuito cleaner

tal como se ha indicado anteriormente. Las adiciones por etapas de espumante y xantatos se realizan para asegurar que no se pierdan las características de flotación. La adición de sulfato de zinc y cianuro de sodio se puede realizar asegurando una depresión adecuada de sulfuros de hierro y minerales de zinc.

## **6. Circuito Scavenger- Cleaner**

El operador debe controlar las diversas variables con el fin de optimizar el rendimiento del circuito de flotación scavenger- cleaner. Las variables son:

- . Profundidad de espuma y nivel de pulpa en la celda de flotación.
- . Flujo de aire de la celda de flotación.
- . pH de la pulpa de flotación.
- . Flujos de reactivos.

Estas variables son controlados de la misma manera que para el circuito de flotación rougher de cobre. El concentrado producido por las celdas scavenger- cleaner es enviado a cuatro celdas columnares en paralelo para producir un concentrado bulk final. Las colas de estas regresan a la sección de remolienda.

El supervisor de la concentradora y el jefe de sección establecen los parámetros para cada configuración del circuito. El operador de flotación es responsable de mantener los parámetros dentro de los rangos establecidos. El operador de flotación controla y monitorea el circuito de flotación de cobre desde el campo y puede monitorear las tendencias en el proceso desde la sala de control central. Este operador de flotación dirige al operador de la sala de control para establecer los rangos para cada variable del proceso. El operador de flotación también dirige los esfuerzos del ayudante. El ayudante realiza las revisiones del proceso, mediciones, cambios de bombas, e identificación y reparación

de averías en las áreas problema. Todos los operadores deben mantener la comunicación y trabajar de manera estrecha para asegurar una buena operación del circuito de flotación de cobre.

### **2.7.2. DEL CIRCUITO DE FLOTACION DEL ZINC**

El objetivo del circuito de flotación de zinc es maximizar la recuperación de minerales de zinc de la mena usando un proceso de flotación diferencial.

El objetivo del circuito de flotación de zinc debe lograrse manteniendo al mismo tiempo la salud y seguridad del personal, protegiendo el medio ambiente, y evitando el daño al equipo de la planta.

En la Mena de Antamina, se han identificado seis tipos diferentes de menas y se han desarrollado seis esquemas de flotación diferentes para cada uno de ellos. Los tipos de mena contienen variadas cantidades de minerales de cobre (calcopirita y bornita), minerales de zinc (esfarelita), minerales de molibdeno (molibdenita), y también algunos minerales que contienen bismuto y plomo. El bismuto (cosalita, aikina, y/o bismutinina) es un componente no deseado en el concentrado de cobre y se puede incurrir en importantes costos de tratamiento si se encuentra presente. Antamina ha asumido un compromiso con sus clientes para no exceder 220 partes por millón de bismuto en el concentrado de cobre final. El concentrado de cobre con contenido de bismuto que excede las 200 partes por millón es comerciable; sin embargo, las fundiciones aplican penalidades para tratar este concentrado de alto bismuto. Los diferentes minerales valiosos se recuperan aplicando un proceso de flotación diferencial. El operador debe cambiar el esquema de flotación de cobre para cada tipo de mena procesada en campañas en la planta con el fin de producir concentrado de cobre que contenga bismuto en un monto aceptable para ser mezclado en el puerto.

El tipo de mena es procesado en campañas en la planta por un periodo de siete días. El concentrado bulk de cobre producido en el circuito de flotación de cobre puede ser tratado aun mas para eliminar el bismuto. Esto se logra sometiendo el concentrado bulk a mayor tratamiento por flotación. Mas aun, también se puede obtener por flotación concentrado de molibdeno a partir del concentrado bulk de cobre, dependiendo de la concentración de estos elementos en el concentrado bulk de cobre.

La mena de Antamina es tratada en un esquema de flotación en secuencia, sometiendo primero a un proceso de flotación el concentrado bulk de cobre que contiene bismuto o molibdeno y luego a un proceso de flotación de zinc. Para algunos minerales, el contenido de zinc es demasiado bajo para justificar el funcionamiento del circuito de flotación de zinc. En este caso, los relaves de flotación de cobre se desvían del circuito de flotación de zinc y fluyen directamente al sistema de eliminación de relaves. El concentrado bulk es tratado en la sección de bismuto/ molibdeno para limpiar el concentrado de cobre y hacerlo comerciable.

Los seis tipos de mena, y los concentrados producidos de cada una, se presentan en el cuadro No 8

**TABLA No 8**

**PRODUCCIÓN DE CONCENTRADO POR TIPO DE MENA**

Tipo de mena	Concentrado de cobre		Concentrado de zinc	concentrado de molibdeno	concentrado de bismuto
	alto bismuto	Bajo bismuto			
Cobre solo bajo bismuto		Si	No	si	no
cobre solo alto bismuto	si	Si	No	no	si
cobre zinc bajo bismuto		Si	Si	no	Depende del contenido de bismuto
cobre zinc alto bismuto	si	Si	Si	no	si
bornita zinc bajo	si		No	si	no
bornita zinc alto	si		Si	si	no

### **2.7.2.1. DEL CIRCUITO DE ZINC. GENERALIDADES**

En cuanto al circuito de Flotación de Zinc, si el mineral contiene una calidad suficiente de zinc, entonces la flotación de zinc es el segundo paso de la secuencia de flotación que produce concentrado de zinc. El circuito de flotación de zinc consiste de dos etapas. La primera etapa es la etapa rougher, que produce un concentrado rougher que es remolido, y la segunda es la etapa de limpieza de zinc.

Los operadores deben controlar la operación del circuito para lograr los objetivos del proceso son presentados a continuación:

- El objetivo principal de la operación de flotación rougher de zinc es maximizar la recuperación de los minerales de zinc de la mena, y al mismo tiempo producir una corriente de relaves que contenga menos zinc. El esquema de adición de reactivos comprende un colector y un espumante, así como cal y sulfato de cobre.

La ley del concentrado rougher producido en la primera etapa es de importancia secundaria porque el concentrado rougher esta sujeto a mayor procesamiento aguas abajo para mejorar la ley. El proceso de flotación rougher se realiza en tres bancos de ocho celdas de flotación convencionales Outokumpu cada uno. El concentrado es enviado al circuito de remolienda.

- El objetivo de la operación de remolienda de concentrado es liberar los minerales de cobre de la ganga y otros minerales. La liberación de las partículas se realiza usando molinos de remolienda que funcionan en circuito cerrado con clasificadores de ciclones. Los finos de los ciclones son enviados a los primeros cleaners.

- El objetivo de la operación del cleaner es producir concentrado de

cobre de ley aceptable, El objetivo de la operación scavenger-cleaner es producir una recuperación aceptable en el circuito cleaner. La ley del concentrado rougher mejora mediante el proceso de cleaning en las celdas columnares. Dado que la flotación de los minerales de zinc en las celdas columnares no deja una ley de zinc en los relaves lo suficientemente bajo como para ser aceptable, el zinc que queda en las colas cleaners es recuperado en un banco de celdas, el zinc que queda en las colas cleaner es recuperado en un banco de celdas de flotación scavenger-cleaner convencionales. El concentrado proveniente de los scavenger-cleaner es limpiado aun mas en otro grupo de celdas columnares.

Para alcanzar estos objetivos, el operador debe estar consciente de las condiciones generales y especiales del proceso descrito a continuación que son específicos para cada configuración de circuito del proceso de flotación de cobre.

## **2.7.2. 2. VARIABLES EN EL CIRCUITO DE ZINC**

El operador debe controlar varias variables con el fin de optimizar el rendimiento del circuito de flotación rougher. Estas variables son presentadas en la Tabla No 9.

**CUADRO No 9**

**VARIABLES DEL CIRCUITO DE FLOTACION ROUGHER**

<b>Variable</b>	<b>Monitoreado por</b>	<b>Controlado por</b>	<b>Consultado por</b>
Tonelaje de alimentación	Operador	Operador de molienda	Superintendent e
Densidad de la alimentación de flotacion	Operador de flotacion	Operador del circuito de flotacion de cobre	Jefe de seccion
Profundidad de la espuma en la celda de flotacion	Operador	Operador	Operador de la sala de control
Flujo de aire en la celda de flotacion	Operador	Operador	Operador de la sala de control
Ph de la pulpa de flotacion (cal)	Operador	Operador	Operador de la sala de control
Régimen de adición de reactivos	Operador	Operador	Operador de la sala de control
Colector (PAX)			
Espumante (MIBC)			
Depresores (cianuro de sodio y sulfato de zinc)			

### **2.7.2.3. FLOTACION ROUGHER**

#### **1. Consideraciones Metalúrgicas y Operacionales**

Los siguientes parámetros principales son importantes cuando se opera el circuito rougher:

- . Nivel de pulpa y profundidad de la esquema de la celda de flotación.
- . Flujo de aire en la celda de flotación.
- . pH de la pulpa de flotación.
- . Dosis de reactivos.
- . Densidad de la alimentación de flotación.

#### **2. Control de la Profundidad de la Espuma y Nivel de Pulpa en la Celda de Flotación**

Para controlar el nivel de pulpa, cada celda de flotación (o la última celda en un grupo de dos) cuenta con válvulas e instrumentación para el control de nivel. El nivel de la pulpa es indicado tanto localmente en la estación de trabajo del operador como en la sala de control. La profundidad de la espuma y la condición de la espuma deben ser observadas localmente. También es importante que el operador monitoree la cantidad (rápido, acelerado, o despacio) y calidad de la espuma producida por cada una de las celdas.

En un banco de celdas de flotación. La ley del concentrado que sale de las primeras celdas usualmente es la más alta y disminuye con el tiempo conforme la pulpa pasa por el banco. Generalmente, las primeras celdas en el banco son operadas con una mayor profundidad de espuma que las últimas celdas, y en algunos casos esto puede dar como resultado la producción de un concentrado aceptable de las primeras celdas sin necesidad de cleaning. Hay un bypass opcional

configurado en la canaleta de concentrados de la primera celda para permitir al operador bypasear el concentrado cuando sea indicado. El concentrado de las primeras celdas en el banco puede ser bypaseado al concentrado bulk de cobre dependiendo de los resultados de los análisis de laboratorio y cuando lo indique el supervisor de operaciones de la concentradora.

### **3. Control del Flujo de Aire en la Celda de Flotación**

Cada celda en el banco de flotación rougher está equipada con válvulas de control de flujos de aire para controlar el volumen de aire que ingresa a la celda. Hay un controlador maestro, donde se fija el flujo de aire blanco para la primera celda y cada celda posterior tiene controladores de flujo separados con un valor predeterminado bias para hacer los ajustes para cada celda.

Generalmente, con las celdas Outokumpu, el nivel de pulpa y el flujo de aire se establece y mantiene constante, y el operador hace los ajustes a las dosis de reactivos según sea necesario para lograr los resultados metalúrgicos deseados. Si se establece un mayor flujo de aire generalmente mejora la recuperación pero disminuye la ley del concentrado.

### **4. Control de pH de la Pulpa de Flotación**

El pH de la pulpa de flotación se ajusta con lechada de cal para proporcionar un régimen en la pulpa que promueva la flotación de esfalerita de la mena. La adición de cal deprime los minerales de sulfuro de hierro en la mena. Si el pH es demasiado los minerales de sulfuro de hierro son recuperados con los minerales de zinc en el concentrado de zinc.

## **5. Control del Flujo de Reactivos**

### ***a. Régimen de Adición del Modificador (Sulfato de cobre)***

El sulfato de cobre es un activador del mineral de zinc y se usa para modificar las superficies de los minerales de zinc. El rango de la dosis de sulfato de cobre es establecida por el supervisor de operaciones de la concentradora, y los ajustes al flujo son efectuados por el operador.

Se agrega suficiente sulfato de cobre de manera que todas las superficies de mineral de zinc sean modificadas. Cuando el sulfato de cobre reacciona con la superficie de los minerales de zinc, una capa de átomos de cobre reemplaza a los átomos de zinc y en lo que respecta al colector, la superficie del mineral es modificada para que se vea como la de mineral de zinc.

### ***b. Régimen de Adición del colector (SIPX)***

El colector seleccionado para el circuito de flotación de zinc es el xantato isoropilico de sodio (SIPX). Este colector es uno de los selectivos de los diferentes tipos de xantato. La adición de xantato hace a la partícula de mineral de zinc hidrofóbica y susceptible de ser sometida a la flotación con espuma. Las dosis de xantato se basa generalmente en el contenido de metal en la alimentación o en el análisis de relaves del metal deseado. El operador ajusta las dosis de xantato dentro de los rangos permitidos por el supervisor de operaciones de la concentradora para lograr la mejor recuperación posible. El exceso de xantato se puede detectar con observación de espuma seca en la celda de flotación y con frecuencia por un concentrador de menor ley y una menor recuperación. La falta de xantato se observa por burbujas parcialmente cargadas (ventanas en las burbujas) y un alto ensayo de zinc en los relaves.

El SIPX se agrega aguas abajo de la adición de sulfato de cobre. El SIPX se agrega usando válvulas solenoide on/off controladas por un temporizador. El operador de flotación establece las dosis deseadas de xantato en cada punto de adición rougher. La adición de xantato a la corriente de pulpa aguas abajo del punto de adición de sulfato de cobre proporciona contacto inmediato del xantato con superficies de minerales que ha reaccionado recientemente. También es posible realizar adcciones de xantato por etapas en el circuito rougher de zinc. Las dosis por etapas son generalmente una pequeña fracción del flujo total y actúan como fomentadores de flotación. Las adiciones por etapa generalmente se pueden usar para reducir el consumo total de reactivos manteniendo una casi insuficiencia de reactivos en todo el circuito.

### ***c. Régimen de Adición de Espumante (Drowfroth)***

El espumante usado en el circuito de zinc es Dowfroth 250. Este espumante reduce la tensión de la superficie del agua en la celda y permite la formación de una burbuja estable en la superficie. Una cantidad insuficiente de espumante no permite una buena formación de burbujas, haciendo que la espuma contenga burbujas pequeñas.

Se requiere espumante suficiente para crear una espuma estable, con burbujas de 25 a 50mm de diámetro. Una cantidad excesiva de espumante puede disminuir la tensión de la superficie al punto que no se puedan formar burbujas y las que traten de formarse en la superficie se rompan inmediatamente. Una cantidad excesiva de espumante también puede hacer que la espuma se mueva rápidamente en la celda y pase a las operaciones de limpieza aguas abajo, lo que podría arruinar el rendimiento de estos circuitos también.

El operador de flotación visualmente observa las propiedades del espumante y ajusta la dosis (dentro de los rangos establecidos por el

supervisor de la concentradora) en base a su observación en los diferentes puntos de adición.

#### **2.7.2.4.. REMOLIENDA DE CONCENTRADO**

El objetivo del circuito de remolienda de concentrado es reducir el tamaño de las partículas de concentrado y mejorar la liberación de las partículas de mineral. La reducción del tamaño se realiza en dos molinos Svedala Vertimills (molinos de molienda vertical). El menor tamaño de partícula resultante permite al operador producir una mayor ley de concentrado y rechazar las partículas de mineral no deseadas en el circuito de flotación cleaner aguas abajo.

También se requiere el circuito de remolienda para reducir el tamaño de partícula del concentrado final con el fin de que las partículas no se asienten en el mineroducto en su camino al puerto.

El operador debe controlar varias variables con el fin de optimizar el rendimiento en el circuito de remolienda. Las variables son:

- . Niveles del cajón de bombas (bomba de alimentación de remolienda).
- . Niveles del cajón de bombas (bomba de alimentación a los ciclones de remolienda)
- . Consumo de potencia del molino de remolienda.
- . Presión de alimentación a los ciclones.
- . Tamaño de las partículas.

## **CAPITULO TERCERO**

### **PROBLEMÁTICA AMBIENTAL EN LA PLANTA METALÚRGICA**

El desarrollo ambiental aplicado por la empresa Antamina S.A. está diseñado para proveer una estructura eficaz y procesos que permiten el establecimiento de un programa de preservación del medio ambiente y seguridad sistemática.

#### **3.1. ACTIVIDADES DE ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS REALIZADOS**

##### **3.1.1. PARA ELIMINAR ACTOS INSEGUROS**

La empresa realiza un programa de seguridad, para eliminar actos inseguros. El programa proporciona procesos que busca identificar las áreas de riesgo clave y encargarse de éstas, así como generar una mejora visible inmediata en el lugar de trabajo. Como resultado de lo anterior, el programa produce acciones que se pueden auditar y calificar eficazmente. Esto provee un medio de sostener y mejorar la calidad de los resultados del programa en una empresa individual. También lleva un cambio cultural y de actitudes positivas para todo los que participan en el programa.

En la empresa existen dos fases distintas de actividades que se consideran fundamentales:

- La Fase de Preparación
- La Fase de Implementación

##### **1. FASE DE PREPARACIÓN**

La Fase de Preparación la dirige el Funcionario Ejecutivo Principal de la

empresa, con participación de todo los jefes que reportan directamente a él. Para la implementación del Sistema de Seguridad, tiene que discutirse, desarrollarse y prepararse lo siguiente:

- Política y plan estratégico determinados
- Programa lanzado
- Funciones, responsabilidades y obligaciones definidas.
- Organismo de seguridad establecido.
- Elementos prioritarios identificados y desarrollados
- Elementos prioritarios implementados
- Programa de Entrenamiento de Seguridad para el lugar desarrollado y el entrenamiento comenzado.
- Visita de familiarización terminada.

## 2. LA FASE DE IMPLEMENTACION

Esta fase involucra la implementación de los puntos clave desarrollados durante la fase de preparación:

- Estándares prioritarios identificados creados o implementados, incluyendo los indicados
- Creación de organismos de seguridad
- Comienzo de la información básica y demás entrenamientos recomendados

Esta fase sirve también para evaluar y considerar las actividades de la fase de preparación, asegurando que están efectivamente implementados y funcionando para el manejo del programa de seguridad

La evaluación del programa con respecto a estas actividades iniciales y su efectiva implementación se efectuará en la Auditoria de Base. Esta

auditoria está enfocada para lograr lo siguiente:

#### Auditoria de Base Efectiva

- La auditoria de base sirve para identificar las fortalezas y debilidades en el desarrollo de los estándares de elementos prioritarios iniciales y en su implementación. Ayudará también para identificar / confirmar el segundo grupo de estándares a desarrollarse e implementarse. Esto ayuda no solamente a sostener el esfuerzo inicial de introducción del Sistema de Seguridad, sino que también asegura el mejoramiento continuo del sistema.
- La Auditoria de Base es amplia y toma en cuenta los estándares específicos para el lugar, desarrollos e implementados hasta el momento de la auditoria, así como los requisitos de la estructura de seguridad. Se asume en todo los casos que los estándares específicos para el lugar son iguales.
- Superiores a los requisitos mínimos del sistema. Los estándares de seguridad son considerados como el nivel mismo a alcanzarse.
- También se abarcará los elementos restantes fuera del primer grupo identificado y atendido, de modo que puede definirse la prioridad de todo los elementos futuros.

La continuación de la implementación después de la Auditoria de Base involucrará la respuesta a las recomendaciones de la auditoria, así como el desarrollo e implementación del segundo grupo de estándares de elementos. También incluye la realización de otros programas de entrenamiento en aspectos tales como inspecciones, información de

Sistema, Procedimientos, Cursos de Auditoria e Investigación de Accidentes, a fin de desarrollar las habilidades que el personal necesita para apoyar y sostener el Programa. Los detalles de estos programas de entrenamiento pueden obtenerse del sistema de seguridad aplicado

Después de auditoria de base, se inicia un programa de auditoria interna por la empresa y externas por el sistema aplicado, comenzando con una auditoria interna después de la auditoria de base, antes de la primera auditoria de calificación por el sistema aplicado.

### **3.1.2. PARA ELIMINAR CONDICIONES INSEGURAS**

Este ámbito se refiere a una condiciones de prevención aplicado por al empresa, en donde debe ser desarrollado e implementados todos los estándares de elementos aplicados. Los sistemas y estándares físicos requeridos deben estar operando eficazmente para controlar las condiciones inseguras y mejorar el desempeño de los incidentes en el lugar de trabajo

Para ello la empresa realiza controles que se alternan entre auditorias internas y auditorias anuales de eliminación de condiciones inseguras.

La auditoria realizada, son auditorias de calificación después de que se haya terminado la auditoria de base de actos inseguros.

### **3.1.3. PARA ELIMINAR CONDICIONES ANORMALES**

La eliminación de condiciones anormales, se vinculan con la preservación y conservación ambiental aplicado por la empresa Antamina S.A. la cual se cumple en la medida de cumplir con lo dispuesto en la norma legal

Esto teniendo en cuenta la referencia ella cumple con lo dispuesto por

el Ministerio de Energía y Minas

El Ministerio de Energía y Minas (M.E.M.) es uno de los sectores con mayor índice de contaminación del medio ambiente. El MEM cuenta con dos Direcciones Generales que se encargan de supervisar estos elementos como son:

- Vice-Ministerio de Energía: Dirección General de Electricidad y Dirección General de Hidrocarburos.
- Vice-Ministerio de Minas: Dirección General de Asuntos Ambientales y Dirección General de Minería.

El modelo de gestión ambiental del MEM es uno de los mas completos que existe en el país a nivel organización y legislación, que se constituye como materia de desarrollo de seguimiento y control de las obligaciones ambientales, la coordinación intersectorial, etc.

### **3.2.NIVEL DE REGLAMENTO PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL EN LAS ACTIVIDADES MINERAS Y METALÚRGICAS**

La reglamentación a nivel de protección ambiental contiene la siguientes indicaciones:

1. En su Título Primero, referente a Normas Ambientales en su Artículo 24º. Los EIA y PAMA utilizarán las normas ambientales expedidas por la autoridad competente, específicamente para la actividad minera.

En los EIA y PAMA se propone normas provenientes de: organizaciones internacionales, los proyectos a ser presentados, en el caso de normas no determinadas por la normatividad ambiental o por la autoridad competente, la cual la empresa Antamina ha cumplido con presentarla.

2. De igual manera en su Artículo 25° en los EIA y PAMA se establecen normas y metas cuantificables, susceptibles de ser auditadas por las entidades inscritas en el correspondiente registro del Ministerio de Energía y Minas.

3. En el Artículo 26° en operaciones de minado subterráneo y a cielo abierto, los EIA y PAMA enfatizan el cumplimiento de metas basándose en normas para:

- Calidad del aire.
- Estabilidad de los taludes.
- Calidad y flujo de las aguas superficiales y subterráneas.
- Descarga de aguas utilizadas en la operación.
- Disposición de materiales no utilizables.
- Los fijados en el Reglamento de Seguridad e Higiene Minera.

4. En el Artículo 27° el plan de Cierre para el área objeto de la concesión, para operaciones de minado subterráneo y a cielo abierto, debe contemplar normas relacionadas con:

- Medidas que garanticen la estabilidad del terreno.
- Revegetación, de ser técnica y económicamente viables.
- Medidas para prevenir la contaminación de los cuerpos de agua.

5. El Artículo 28° en cuanto a operaciones de lixiviación en pilas o capas, los EIA y PAMA enfatizan el cumplimiento de metas basándose en normas para:

- Construcción de muros/cercos perimetrales.
- Control del uso de insumos y de las soluciones resultantes.
- Pruebas en las pozas de monitoreo.

- Control de derrames de soluciones (ductos, lugares de trasvase y tanques de almacenamiento) y neutralización de efluentes en los puntos de descarga.
- Verificación de sellado y/o tapado de las áreas donde se efectuaron las operaciones de hidrometalúrgicos in situ.
- Medición de la gradiente para efectos de comprobar la estabilidad de los terrenos.

6. El Artículo 29º los EIA y/o PAMA, en las operaciones de beneficio, enfatizan el cumplimiento de metas respecto a:

- Calidad del aire por las emisiones gaseosas.
- Caudal y calidad de las descargas de efluentes.
- Identificación y manejo apropiado de desechos.
- Niveles de ruido fuera del perímetro de la operación.
- Rehabilitación de las áreas superficiales aledañas.
- La acumulación de relevés en pilas requiere adicionalmente normas para:
  - Control de filtraciones en las plataformas de trabajo.
  - Análisis de la calidad de corrientes superficiales aguas abajo.

7. Los EIA y/o PAMA de la actividad de beneficio asociada a las operaciones de dragado y explotación de placeres se deben tomar en consideración y cuantificar los aspectos siguientes:

- Control de desplazamientos de sedimentos.
- Calidad de las descargas de agua en puntos de aguas abajo de la operación y/o puntos fijados en los contratos suscritos con el M.E.M.

8. En cuanto a la Calidad del Medio Ambiente el Artículo 31º indica que toda concesión de beneficio deberá contar con instalaciones apropiadas

para el tratamiento de sus residuos líquidos. Se procurará que las aguas residuales resultantes de este tratamiento, así como el agua contenida en soluciones, pulpas y emulsiones sea reutilizada, de ser técnica y económicamente factible, situación que se ha logrado plenamente en la empresa.

9. En el Artículo 32º menciona que toda operación de beneficio deberá tener un sistema de colección y drenaje de residuos y derrames, el mismo que contará con sistemas de almacenamiento que considere casos de contingencias, en el caso de contener concentraciones de elementos contaminantes por encima de los niveles máximos permisibles. Esto ha sido obice en la empresa

10. En el Artículo 33º se refiere a que cuando el agua a ser utilizada por la planta de beneficio provenga de cuerpos de agua que contengan sustancias contaminantes que se encuentren por encima de los niveles máximos permisibles establecidos, se llevará un registro de los muestreos periódicos realizados y sus respectivos análisis, antes y después del uso. Esto se refrenda dentro del ámbito de control químico de la empresa

11. En el Artículo 35º menciona que las aguas servidas proveniente de campamentos y de los servicios sanitarios de las instalaciones mineras, deben ser tratadas antes de su vertimiento en el volumen que le compete al titular de la actividad minera. Deberán realizarse muestreos y análisis bacteriológicos y químicos periódicos para constatar que los conteos y/o concentraciones se encuentren por debajo de los niveles máximos permisibles establecidos. La periodicidad de los muestreos así como los puntos de muestreo serán fijados en los EIA y PAMA.

12. El Artículo 36º indica que en caso de disposición de relaves y/o escorias en tierra, éstos deberán ser depositados en canchas ubicadas

preferentemente cerca a las plantas de beneficio, para permitir el reciclaje del agua y así minimizar o evitar la descarga de efluentes fuera de la zona de almacenamiento. Las áreas son seleccionadas en base a las siguientes prioridades:

- No ocupar cauces de flujo de agua permanente, como arroyos, riachuelos o ríos.
- No deberán estar ubicados en cuencas sujetas a aluviones, huaycos o torrenteras.
- Ubicarse preferentemente sobre terrenos de mínima permeabilidad y alta estabilidad.
- Evitar ocupar áreas situadas aguas arriba de poblaciones o campamentos.
- Evitar estar ubicadas en las orillas de cuerpos lacustres o marinos.

13. El Artículo 37° menciona que los estudios y la implementación de proyectos, para depósitos de relevés y/o escorias, deben garantizar la estabilidad estructural del depósito así como de las obras complementarias a construirse, como en las laderas adyacentes al depósito y la presa o presas de sostén, asegurando la estabilidad física de los elementos naturales integrantes y circundantes, para prevenir la ocurrencia de cualquier falla o interacción desestabilizadora, como consecuencia de fenómenos naturales tales como: actividad volcánica, sísmica, inundaciones e incendios.

Para la construcción de los depósitos de relevés y/o escorias, se podrá utilizar las quebradas o cuencas naturales siempre que, mediante los estudios de ingeniería pertinentes, se demuestre que se han tomado las previsiones necesarias para evitar la contaminación de los cursos de agua que fluyen permanente o eventualmente y para garantizar la estabilidad de todos los elementos que constituyen el depósito.

Dichos estudios incluirán la operación del sistema de disposición de relaves y las medidas necesarias para su abandono al término de su vida útil.

14. Debido a su condición de planta de beneficio que, por razones topográficas, y geológicas, no es factible ubicar los depósitos de relaves y/o escorias en zonas cercanas, éstos son conducidos y depositados en el fondo de cuerpos lacustres o del mar, mediante la tecnología adecuada que garantice la estabilidad física y química de los relaves y/o escorias, de tal manera que no constituya riesgo para la flora, fauna marina y/o lacustre.

Cuando el volumen de relaves y/o escorias imposibilite su acumulación en quebradas, o al hacerlo en tierras planas susceptibles de futuro aprovechamiento agrícola, las deterioren, o en las que se pudieran presentar casos de percolación, o se trate de zonas sísmicas, o que pudieran generar otros impactos ambientales, se autorizará su vertimiento en el fondo de cuerpos acuáticos, sean éstos lacustres o en el mar, debiendo en estos casos cumplir con lo previsto en el Artículo 222° de la Ley.

15. Para el abandono definitivo de los depósitos de relaves y/o escorias, necesariamente se han elaborado y ejecutado las obras o instalaciones requeridas para garantizar su estabilidad, especialmente en lo que respecta a la permanencia y operatividad de los elementos de derivación de los cursos de agua, y el tratamiento superficial del depósito y de la presa, para evitar su erosión. El material depositado es estabilizado de tal forma que inhibe la percolación de aguas meteóricas y el transporte de contaminantes que puedan degradar los cuerpos de agua superficiales o subterráneos.

16. Para el diseño de las dimensiones y capacidades de canchas de

lixiviación en pilas y capas se ha considerado la topografía del terreno, el nivel freático, la precipitación pluvial, duración del programa de minado y las características del tipo de suelos.

Las paredes y el fondo de las pozas serán compactadas e impermeabilizadas.

17. En cuanto al mineral tratado en procesos de hidrometalúrgicos, es controlado adecuadamente a fin de que los contaminantes de efluentes procedentes del mineral procesado, que resulten de aguas meteóricas, no degraden los cuerpos de agua naturales, en niveles perjudiciales para la salud.

18. Debido a ser un proyecto de operación de beneficio que incluya procesos de emisiones gaseosas, se ha realizado un estudio meteorológico de la zona de ubicación y adyacentes, como parte del Estudio de Impacto Ambiental.

19. Las instalaciones cuentan con sistemas de ventilación, recuperación, neutralización y otros medios que eviten la descarga de contaminantes que afecten negativamente a la calidad de la atmósfera.

20. En su Título Tercero referente a las Inspecciones en su Artículo 44º dispone que la Dirección General de Minería dispondrá la realización de auditoras ambientales a los centros productivos mineros en los casos de denuncias. Para estos efectos se tendrá en consideración lo dispuesto por el Decreto Ley N° 25763, y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 012-93-EM.

### **3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACCIDENTES LABORALES**

Dentro de la conformación estadística, y considerando que los datos

son proyectivos, debido a que la empresa tendrá como norte una producción normal a partir de agosto del 2001, y considerando como elemento estructural su inserción como gran empresa, se ha tomado un análisis muestral considerando un nivel de diverso.

Debemos indicar que ellas se refrendan bajo dos estratos:

1. A nivel de accidentes laborales según tipo, debemos indicar que según la categoría, la mas obsecuente es el relacionado con el transito con un 28.57%, seguida del acarreo y transporte, manipulación de materiales, caída de personas, operación de maquinaria y herramientas con un 14.29%.
2. A nivel de accidentes laborales según lesión anatómica, debemos indicar que la mayor es por traumatismos múltiples con un 57.14%, seguida de contusiones, heridas, fracturas con un 14.29%

**CUADRO No 10**  
**ESTADÍSTICA DE ACCIDENTES LABORALES**

SEGÚN EL TIPO	FRECUENCIA	%
DESPRENDIMIENTO DE ROCAS	0	0.00
OPERACIÓN DE CARGA Y DESCARGA	0	0.00
ACARREO Y TRANSPORTE	1	14.29
MANIPULACION DE MATERIALES	1	14.29
CAIDA DE PERSONAS	1	14.29
OPERACIÓN DE MAQUINARIAS	1	14.29
HERRAMIENTAS	1	14.29
TRANSITO	2	28.57
ENERGIA ELECTRICA	0	0.00

**FUENTE : MEM. DGM. ESTADÍSTICA MINERA.**

**CUADRO No 11**  
**ESTADÍSTICA DE ACCIDENTES LABORALES SEGÚN LESION ANATOMICA**

SEGÚN LESION ANATÓMICA	FRECUENCIA	%
CONTUSIONES	1	14.29
HERIDAS	1	14.29
TRAUMATISMO CRANEO ENCEFALICO	0	0.00
TRAUMATISMOS MULTIPLES	4	57.14
ASFIXIAS	0	0.00
FRACTURAS	1	14.29
AMPUTACIONES	0	0.00
ELECTROCUCION	0	0.00
CUERPOS EXTRAÑOS	0	0.00
OTROS	0	0.00

### **3.3.1. PRODUCTIVIDAD BASICA. ÍNDICE DE FRECUENCIA Y SEVERIDAD**

Con respecto al índice de frecuencia, esta llega a un promedio de 5.45, una de las mas altas dentro de la empresa.

En cuanto al índice de severidad mas fuerte se realiza en el ámbito total con una gama de 89,86 siendo la mas fuerte la realizada en planta con un promedio de 130.90.

### **3.3.2. PRODUCTIVIDAD GLOBAL. INDICES DE ACCIDENTABILIDAD Y DÍAS PERDIDOS**

En cuanto a los índices de relevancia dentro de la estructura de accidentes, se tiene que en la empresa muestralmente puede tener un marco de accidentes de 7 personas, en las cuales existe una gama de índice de

accidentabilidad de 24 % del total, y 157 días perdidos, con la cual asciende un total de 1747257 horas perdidas.

**CUADRO No 12**  
**ESTADÍSTICA GENERAL DE ACCIDENTES**

ITEMS	MINA	PLANTA	SUPERFICIE	TOTAL
No DE ACCIDENTES	4	3	0	7
No DE DIAS PERDIDOS	85	72	0	157
No DE HORAS TRABAJ.	833743	550046	363468	1747257
INDICE DE FRECUENCIA	4.80	5.45	0.00	4.01
INDICE DE SEVERIDAD	101.95	130.90	0.00	89.88
IND. DE ACCIDENTABIL.	21.25	24.00	0.00	22.40

**3.3.3. CLASIFICACION DE LOS ACCIDENTES**

En la estructura estadística, debemos indicar que ellas se refrendan bajo dos ámbitos:

1. En la estadística de accidentes laborales, debemos indicar que según origen, la mas recurrente es el relacionado por actos inseguros con un 100.0%.
2. A nivel de accidentes laborales según la previsión, debemos indicar que la mayor es por situaciones previsibles con un 71.43%, seguida de situaciones imprevisibles con un 28.57%

**ESTADÍSTICA DE ACCIDENTES LABORALES SEGÚN ORIGEN**

SEGÚN EL ORIGEN	FRECUENCIA	%
POR CONDICIÓN INSEGURA	0	0.00
POR ACTO INSEGURO	7	100.00

## **ESTADÍSTICA DE ACCIDENTES LABORALES SEGÚN LA PREVISION**

SEGÚN LA PREVISION	FRECUENCIA	%
PREVISIBLE	5	71.43
IMPREVISIBLE	2	28.57

### **3.3.4. ACTIVIDADES DE CAPACITACION Y ENTRENAMIENTOS REALIZADOS**

La empresa Antamina a tenor de la política empresarial, realiza una capacitación practica y teórica, esta se formula de acuerdo a las siguientes consideraciones de índole genérico, como:

- a) Plasmar un concepto idóneo de aprendizaje minero
- b) Desarrollar la persona
- c) Relacionar con los grupos
- d) Incorporar la cultura laboral
- e) Analizar el desenvolvimiento de las capacidades de los educandos.

Se considera que la capacitación no es solo la relación lógica y cronológica de una educación impartida sino la interrelación integral entre conocimientos prácticos, actividades no cognoscitivas y de orientación, que pueden ser las siguientes:

- A) Desarrollo de la persona.

El desarrollo de la capacitación en la persona, es de adentro hacia afuera y no de afuera hacia adentro, procurando la autodeterminación, para detentar el éxito, de lo contrario el éxito es relativo.

B) Relación con los grupos humanos.

La persona solo puede desarrollarse, en su relación con sus semejantes, intercambiando experiencias, formando grupos que sean de actividad compartida, la cual es acentuada por la empresa en forma constante.

C) Incorpora la cultura laboral donde se elabora una acción acuciosa.

El desarrollo personal se caracteriza por el grado de creatividad que tiene el individuo en la organización, esta siempre tienen una parte creativa, que se plasma con el apoyo de los trabajadores.

Las ventajas comparativas de la capacitación radican en utilizar en forma racional y eficiente sus recursos, disponer el uso apropiado, oportuno de la tecnología para reducir costos operativos..

Los objetivos de la capacitación, dentro de un conglomerado genérico son las siguientes:

1. Integrar en su sistema coherente y estructurado, las posibilidades que ofrecen los actuales y futuros medios de comunicación de la empresa, así como los numerosos recursos de la tecnología educativa.

Dentro de la capacitación en la empresa, toma en cuenta obligatoriamente los medios de comunicación como soporte estructural como dinámico dentro de la generación de su potencialidad educativa.

2. Romper los clásicos moldes de la educación institucionalizada, para constituirse en una docencia en contacto inmediato con la vida organizacional.

Esto conlleva a que la capacitación se moderniza en forma obligatoria,

tomando en cuenta las vertientes de los nuevos campos que se delimitan en la empresa.

3. Ofrecer una gama amplia y variada de conocimientos que permitan la libre elección del discente, motivada exclusivamente por razones de perfeccionamiento o exigencias profesionales sin necesidad de estructurarse en el contexto de "carrera" en el sentido actual; aquí caben toda clase de nuevos conocimientos.

Esto constituye un objetivo en la medida como puede llevarse a cabo la capacitación, dentro de una libertad amplia.

4. Estar abierta a todos los miembros sin necesidad de requisitos previos. Este objetivo se constituye en un paso muy importante dentro de un proceso de globalización donde la mayor parte de ellas se encuentran dentro de un avance científico, donde la mayor parte de las técnicas en muy poco tiempo se vuelven obsoletas, recayendo en que sea la capacitación, una posibilidad sin requisitos previos.

En cuanto a la calificación del factor trabajo dentro de la empresa, se puede visualizar en el cuadro adjunto. Para ello se ha tomado en cuenta, solamente los resultados dentro de la planta, con la siguiente puntuación.

- 4 Muy buena
- 3 Buena
- 2 Regular
- 1 Malo

Debemos considerar que ella se ha segado con los factores de ponderación:

- Capacidad técnica : 0.30
- Experiencia : 0.30
- Conocimiento : 0.30
- Motivación : 0.10

Habiendo obtenido el resultado de 2.30 lo cual indica que la empresa a nivel del factor trabajo esta en una buena condición.

**CUADRO No 13**  
**CALIFICACIÓN TOTAL DEL FACTOR DE LA MANO DE OBRA**

ELEMENTOS	CALIFICACION	PLANTA
CAPACIDAD TECNICA	2.00	0.60
EXPERIENCIA	3.00	0.90
CONOCIMIENTO	2.00	0.60
MOTIVACIÓN	2.00	0.20
TOTAL	2.25	2.30

### 3.4. LIMITES PERMISIBLES EN LA GESTIÓN AMBIENTAL

En la operatividad de la planta metalúrgica, existen sólidos y líquidos de la Actividad de las maquinarias y equipos y, del mismo proceso. Son los flujos descargados al ambiente, que provienen de las operaciones de exploración, almacenamiento y comercialización de actividades con residuos líquidos.

Punto de Emisión: Lugar de descarga de los efluentes líquidos de las actividades de metalurgia, antes de ingresar al Cuerpo Receptor.

A continuación se presentan los límites permisibles

#### CUADRO No 14

#### NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN DE EFLUENTES LÍQUIDOS PARA LAS ACTIVIDADES DE METALURGIA.

PARAMETRO CONTAMINANTE	PRIMER NIVEL		NIVEL FINAL	
	Valor cualquier momento	Valor promedio anual	Valor cualquier momento	Valor promedio anual
PH	5.5 – 10.5	5.5 – 10.5	6.0 – 9.0	6.0 – 9.0
Sólidos suspendidos (mg/l)	100	50	50	25
Plomo (mg/l)	1	0.5	0.4	0.2
Cobre (mg/l)	2	1	1.0	0.3
Zinc (mg/l)	6	3	3.0	1.0
Fierro (mg/l)	5	2	2.0	1.0
Arsénico (mg/l)	1	0.5	1.0	0.5
Cianuro total (mg/l)	2	1	1.0	1.0

Límites Máximos Permisibles para emisiones gaseosas. R.M. N° 315-96-EM/VMM  
(19.07.96)

PARAMETRO	Nivel Máximo Permissible de Emisión mg/m <sup>3</sup>	Concentración media aritmética diaria ug/ m <sup>3</sup> (ppm)	Concentración media aritmética anual ug/ m	Concentración media geométrica anual ug/ m <sup>3</sup> (ppm)
Anhídrido sulfuroso	(*)	572 (0.2)	172 (0.06)	---
Partículas en suspensión	100	350	---	150
Plomo	25	—	0.5	---
Arsénico	25	6	—	---

(\*) El Nivel Máximo Permissible de Emisión para el Anhídrido Sulfuroso se señalan en un Anexo del cual resumimos lo siguiente:

Azufre que ingresa al proceso en t/d	Emisión máxima permitida en t/d
< 10	20
Entre 11 y 1500	Entre 25 y 213
>1500	0.142 x Azufre que ingresa

En cuanto al Reglamento Ambiental para las actividades Minero Metalúrgicas, aprobada por Decreto Supremo 016-93-EM (01-05-93).

Entre los principales puntos que establece el reglamento se tiene:

- La obligación de presentar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para cada operación nueva u operación que amplíe su capacidad en más del 50%.

- Las operaciones que se encontraban en marcha al momento de emitirse el reglamento ambiental para las actividades minero metalúrgicas, deben presentar un Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA), que les permita adecuarse a las normas ambientales y cumplir con límites máximos permisibles en un plazo máximo de 5 años para actividades que no cuenten con procesos de fundición y de hasta 10 años para aquellas que si incluyan dichos procesos.

Para dar objetivos claros a las PAMAS y EIAs de las empresas, se han fijado los niveles máximos permisibles de emisión para las actividades minero metalúrgicas, habiéndose aprobado los niveles máximos permisibles de emisión de: Efluentes líquidos por Resolución Ministerial No 011-96-EM/VHM (13-01-96) emisiones de gases y partículas, por Resolución Ministerial No 315-96-EM/VMM (19-07-96).

La importancia que tiene el Recurso Hídrico para el desarrollo del país y la necesidad de un adecuado uso y manejo dada la desigual distribución del mismo dentro del territorio nacional es fundamental.

No obstante, el esfuerzo desplegado en cambiar y mejorar la situación existente para obtener una óptima eficiencia en su uso y manejo, esto todavía no se ha logrado satisfactoriamente a nivel general en el país, pero que en el caso de Antamina se espera cumplir con este cometido, lo cual ha dado como resultado conflictos, que se están superando tanto en lo que concierne a aspectos administrativos, técnicos y legales; dado que la empresa cumpla con este precepto

Respecto al problema de la contaminación, se debe precisar que en el vertimiento de sustancias contaminantes a los cursos de agua no sólo resulta determinante su cantidad, sino también su acumulación en determinados niveles de los ecosistemas que determinan la rotura de determinados equilibrios con las consiguientes modificaciones en su

estructura y funcionamiento.

De acuerdo a la normatividad vigente, cada sector de la producción debe establecer los niveles tolerables de contaminación del agua, a ser controlados en los puntos de emisión de cada actividad productiva/servicio.

Esto hace que sea indispensable concertar entre todos los sectores, Límites Máximos Permisibles que eviten la acumulación de sustancias contaminantes en determinados niveles de los ecosistemas y cursos de agua, a fin de garantizar la calidad del recurso y uso sostenible para todos los sectores.

La Legislación del país referente al control de la calidad de aguas está fundamentalmente contenida en la “Ley General de Aguas” (Decreto Ley 17752), que data del año 1969, y que vino a reemplazar al Código de Aguas del 24 de Febrero de 1902 y a una serie de disposiciones antitécnicas que perjudicaban los intereses del país, frenando su desarrollo y fomentando una distribución inadecuada de riquezas, por ser el agua su principal elemento generador.

La Ley establece en el Artículo 1º que: “Las aguas, sin excepción alguna, son de propiedad del Estado, y su dominio es inalienable e imprescriptible. No hay propiedad privada de las aguas ni derechos adquiridos sobre ellas. El uso justificado y racional del agua, sólo puede ser otorgado en armonía con el interés social y el desarrollo del país”.

Este dispositivo legal establece una jurisdicción administrativa específica, señalando claramente que al Ministerio de Agricultura le compete todo lo relacionado con el empleo del agua y disposiciones conexas, y al Ministerio de Salud la preservación de los recursos hídricos y lo referente a las aguas minero – medicinales y al resto de los sectores actuar a nivel

de preservación.

Como se puede apreciar, con esta ley nace, por primera vez, un Organismo encargado específicamente de la preservación de aguas, con amplias facultades para estudiar, inventariar, calificar, evaluar y controlar la contaminación de los distintos cursos de aguas en el país. Este Organismo al que se hace mención es la actualmente denominada Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA, del Ministerio de Salud.

## CAPITULO CUARTO

### **ANALISIS FINANCIERO Y ESTRATEGIA DE DESARROLLO DE ANTAMINA**

#### **4.1. ESTRUCTURA DE PRODUCCION O VENTAS**

Este rubro considera el precio de venta unitario del producto obtenido como es el cobre concentrado y del zinc a nivel de volumen de producción anual en TMF se ha considerado que el precio es cuanto el cobre, se puede estabiliuzar en US \$ 200 la TMF con posibilidades que se incrementaria a un nivel de US 250 dólares pero solamente como elemento potencial del estudio de mercado. El presupuesto de ingresos para el periodo de planeamiento, se muestra en el cuadro No 15.

**CUADRO No 15  
PRESUPUESTO DE INGRESOS**

<b>AÑOS</b>	<b>PRODUCCION EN TMF</b>	<b>VENTA TOTAL EN MILES DE US\$</b>
1	1000000	350000
2	1000000	350000
3	1000000	350000
4	1000000	350000
5	1000000	350000
6	1000000	350000
7	1000000	350000
8	1000000	350000
9	1000000	350000
10	1000000	350000

## 4.2. ANALISIS DE COSTOS

Las inversiones necesarias para llevarse a cabo el proyecto en Antamina han sido desagregadas en inversiones fijas tangibles, intangibles, y el capital del trabajo. La estimación de dichas inversiones han sido determinadas considerando el tamaño del proyecto, el sistema operativo en el proceso de comercialización de servicios, la localización que influye en el costo de las obras, equipamiento y otros activos que son imprescindibles para obtener el desarrollo del proyecto; así como la aplicación de economías de escala minimizando los costos de la inversión, hasta un nivel de optimización de los recursos a ser demandados en el mercado de capitales.

### 4.2.1. INVERSION FIJA

A continuación se presentan los consolidados de la inversión fija del proyecto presentados en el cuadro adjunto:

#### INVERSION FIJA DEL PROYECTO

CONCEPTO	COSTO EN US \$ EN MILLONES
A. INVERSION FIJA	1,995
- Concentradora e instalaciones	755
- Puerto	100
- Mineroducto	165
- Mina ( equipo y extruccion)	285
- Gerencia del proyecto	240
- Aduanas y tributos	50
- Precio de compra	140
- Exploracion y factibilidad	50

B. CAPITAL DE TRABAJO	301
-----------------------	-----

---

TOTAL INVERSION	2,296
-----------------	-------

---

#### 4.2.2. CAPITAL DE TRABAJO

Para el capital de trabajo se ha considerado solamente un término de 1 año que permitirá una perfecta rotación para el proyecto.

#### 4.2.3. COSTO DE DEPRECIACION

La vida útil de los equipos e instalaciones es estimada en los siguientes períodos

##### CUADRO DE DEPRECIACION

ACTIVO FIJO	No DE AÑOS	MONTO US \$	DEPRECIACION ANUAL MILL.US
Concentradora	20	300	15.0
Equipos mina	20	285	14.25
TOTAL DEPRECIACION ANUAL			US \$ 29.25

#### 4.2.4. PUNTO DE EQUILIBRIO

Es el nivel de ventas en el cual las utilidades son iguales a cero o donde los ingresos son iguales a los egresos. Para efectos de cuantificar se

efectúa la clasificación de los costos fijos y costos variables que se analiza a continuación.

Se considera la expresión siguiente :

$$P. E. = \frac{C. F}{1 - C.V / Y}$$

donde :

P.E. : Punto de equilibrio.

C.F. : Costo fijo.

C.V. : Costo variable.

Y. : Ventas.

$$P.E. = \frac{100}{1 - 301 / 350}$$

P.E. = 304' 850,000 dólares americanos.

P.E. = 87.71% de los ingresos generados.

#### **4.3. PRESENTACION DE ESTADO FINANCIERO. FLUJO DE CAJA**

Es el informe que se realiza para efectuar el análisis y control financiero de la empresa y así disponer de los instrumentos adecuados para evaluar la gestión y determinar la rentabilidad del proyecto; el informe que se prepara es el siguiente:

- Flujo de caja

### 4.3.1. FLUJO DE CAJA PROYECTADO.

Es el estado financiero en el cual se detallan los pronósticos de ingresos y egresos de dinero en efectivo; permite apreciar como fluye el dinero, en cuanto su acumulacion.

Los resultados de flujo caja económico, demuestran la existencia de un saldo acumulado de US\$ ( 250 millones) en el primer año del estudio, llegándose a una suma acumulativa de US\$ 5,000 millones en el veinteavo año del proyecto, lo cual revela la existencia de una fuerte liquidez del proyecto.

#### CUADRO No 16

#### CUADRO DE FLUJO DE CAJA ECONOMICO PROYECTADO

CONCEPTO/AÑOS	1	2	3	4	5-20
INGRESO POR VENTAS	350000	350000	350000	350000	350000
COSTOS DE PRODUCCION	20000	20000	20000	20000	20000
UTILIDAD BRUTA	330000	330000	330000	330000	330000
GASTOS ADM.Y OPE.	80000	80000	80000	80000	80000
DEPRECIACIONES	29250	29250	29250	29250	29250
UTILIDAD IMPOSIT.	220750	220750	220750	220750	220750
IMPUESTOS	-	-	-	-	-
UTILIDAD NETA	220750	220750	220750	220750	220750
DEPRECIACIÓN	29250	29250	29250	29250	29250
FLUJO ECON. NETOS	250000	250000	250000	250000	250000
SALD. ACUMULADOS	250000	500000	750000	1000000	5000000

#### **4.4. EVALUACION DEL ESTUDIO**

La Evaluación económica y financiera, tiene por objeto medir la bondad del proyecto de Antamina, considerando la capacidad del proyecto para afrontar los compromisos asumidos por la inversión realizada.

Para su análisis debemos de determinar el costo de oportunidad del capital. Se define al costo de oportunidad del capital, aquel costo mínimo donde una inversión puede ser realizada dentro de un mercado abierto, el cual puede realizarse, en base a dos instancias.

##### **4.4.1. COSTO DEL CAPITAL PROPIO**

Se consideran los factores siguientes :

T: Tasa inflacionaria

I: Interés que desea ganar el inversionista

R: Riesgo de mercado

luego tenemos

T: 1 %

I: 12 %

R: 1 %

se utiliza la expresión siguiente :

$$K : (1 + T)(1 + I)(1 + R) - 1$$

$$K : (1 + 0.01) (1 + 0.12) (1 + 0.01) - 1$$

$$K : 14 \%$$

La tasa de actualización para la evaluación económica es igual a : 14 %

#### 4.4.2. COEFICIENTES DE RENTABILIDAD

##### A. VALOR ACTUALIZADO NETO ECONOMICO

Es conocido también como valor presente neto económico, se define como la diferencia de la sumatoria de los beneficios y de los costos económicos, actualizados a una tasa de interés fija pre-determinada o factor de actualización.

Su formula es la siguiente:

$$VANE = \sum_{t=0}^n Bt (1+i)^{-t} - \sum_{t=0}^n Ct (1+i)^{-t}$$

El VANE obtenido fue positivo y del orden de los US\$ 4,462.52, aplicando una tasa de descuento del 14% que representa a la tasa de corte del proyecto a nivel económico. Es decir bajo la premisa de asumir el desarrollo del proyecto, sin recurrir a fuentes externas. Su determinación se presenta en el cuadro adjunto No 17.

## CUADRO No 17

### VALOR ACTUALIZADO NETO ECONOMICO

AÑOS	FACTOR DE ACTUALIZA. 14%	FLUJOS	
		NOMINALES	REALES
0	1.0000	- 2,296	- 2,296
1	0.8772	250	219
2	0.7694	250	192
3	0.6749	250	169
4	0.5928	250	148
5	0.5193	250	130
6	0.4556	250	114
7	0.3996	250	100
8	0.3505	250	88
9	0.3075	250	77
10	0.2697	250	67
11	0.2366	250	59
12	0.2075	250	52
13	0.1820	250	46
14	0.1597	250	40
15	0.1400	250	35
16	0.1228	250	31
17	0.1078	250	27
18	0.0945	250	23
19	0.0829	250	21
20	0.0727	250	18
$\Sigma =$		- 2,296	+ 1,656
$\Sigma =$		- 640	

Esta suma es menor que 0, por lo tanto es un proyecto que es muy viable para nuestro país pero socialmente, debido a que los precios sujetos al encontrarse deprimidos pueden lograr una viabilidad económica muy fluctuante.

## **CONCLUSIONES**

1. El yacimiento de Antamina esta ubicado en la provincia de Huari, Distrito de San Marcos, departamento de Ancash, a 270 Kms al noreste de Lima entre los 4,300 a 4,700 m.s.n.m.
2. El deposito minero tiene un potencial para producir 600 millones de libras de cobre y 360 millones de libras de zinc anualmente. El periodo de vida de la mina se estima en 20 años. El yacimiento tiene reservas de 501 millones de toneladas con leyes de 1.2% de cobre, 1% de zinc; 12 gramos por tonelada de plata y 0.3% de molibdeno.
3. El proyecto de Antamina, tiene su base de desarrollo productivo, a nivel de valor agregado con una planta concentradora de molienda y flotación, que procesa 70 mil Tm de mineral por día.
4. La organización de la Empresa Minera Antamina S.A., a nivel de la concentradora metalúrgica, esta compuesto por un total de 190 personas con un ámbito funcional compuesto por el área química, metalúrgica, del Proceso de Control de Ingeniería, Superintendente de Operaciones de la Concentradora, Coordinador de Capacitación y Seguridad y Gerente de administración de la planta
5. La concentradora de la Compañía Minera Antamina esta compuesto por los siguientes circuitos: chancado en una sola etapa; moliendo con molinos SAG de bolas; flotación de cobre, zinc, bismuto y molibdeno; eliminación de agua del concentrado; bombeo del concentrado al puerto (incluyendo instalaciones de irrigación); y disposición de relaves. Las instalaciones portuarias comprende el filtrado del concentrado, almacenamiento del concentrado tratamiento del afluente y embarque del concentrado.

6. La concentradora y las instalaciones relacionadas están diseñadas para tratar 70 000 toneladas métricas (toneladas) al día (25 550 000 toneladas al año) de mena que contiene 1.3 por ciento de cobre, 1.0 por ciento de zinc, 0.03 por ciento de molibdeno, y 12 gramos por tonelada de plata.

7. La empresa realiza un programa de seguridad, para eliminar actos inseguros. El programa proporciona procesos que busca identificar las áreas de riesgo clave y encargarse de éstas, así como generar una mejora visible inmediata en el lugar de trabajo.

8. El proyecto de Antamina, es un proyecto que es muy viable para nuestro país pero socialmente, debido a que los precios sujetos al encontrarse deprimidos pueden lograr una viabilidad económica muy fluctuante.

## **RECOMENDACIONES**

1. Es necesario que el proyecto se plasme con una factibilidad concreta, debido a que se considera un centro productivo de gran desarrollo minero-metalúrgico de cobre, como de repercusión dentro de la generación de divisas.
2. Es permisible que la concentradora y las instalaciones relacionadas que están diseñadas para tratar 70 000 toneladas métricas (toneladas) al día (25 550 000 toneladas al año) puedan incrementar sus alcances de carácter técnico con balances de línea, sobre todo bajo un carácter tecnológico.
3. Se hace indispensable que la empresa pueda realizar un programa de seguridad, que involucre lineamientos de largo plazo que busque identificar las áreas de riesgo clave y de gran potencial negativo para la empresa.

## BIBLIOGRAFÍA

1. CABALLERO CESAR. La industria del cobre. Edit. Univ. de Chile. 1997.
2. ANTAMINA. Memorias. Edit. Antamina, 1999.
3. DE LA POZA JOSE MARIA. Seguridad e higiene profesional. Brasil. Edit. Fund. Vargas, 1996.
4. CAVASSA RAMIREZ CESAR. Seguridad industrial. Perú. Edit. Perú, 1992
5. GOMEZ SANCHEZ RUBEN. Seguridad y Mantenimiento Productivo Total. Perú. 1991.
6. FEINGENBAUM, ARMAND. Control Total de la Calidad. Editorial Continental. Méjico. 1998