



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**SEMINARIO DE GRADUACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO**

**INDUSTRIAL**

**ÁREA:**

**SEGURIDAD, HIGIENE E IMPACTO AMBIENTAL**

**TEMA DE TESIS:**

**Evaluación de los Riesgos y Control del Impacto Ambiental**

**en el Proceso de Extracción de Oro en las Minas del**

**Gobierno Municipal de Portovelo**

**AUTOR:**

**KOCHER BODERO WASHINGTON ABEL**

**DIRECTOR DE AREA:**

**Ing. Mec. Marcelo Moncayo**

**2005-2006**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

“La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis corresponden exclusivamente al autor”

Firma: \_\_\_\_\_.

Washington Kocher Bodero

CI#: 07-02739434

## **Agradecimiento**

Agradezco a mi Dios Todo Poderoso por permitir retomar mi camino y jamás dejar que me faltara la oportunidad de educarme y poder culminar mi carrera y lograr mi sueño de llegar a ser un profesional después de tanta lucha y sacrificio.

A mi madre, agradezco su afectuoso esfuerzo, su gran sacrificio para poder educar una familia de tres hijos.

A mi esposa, el permitirme compartir nuestro tiempo con este trabajo, a su continuo amor y aprecio. A mis hijos, Karlita y Kevin, que con su existencia alumbraron y dieron un rumbo a mi vida.

## Dedicatoria

Este título se lo dedico a mi querida madre Lcda. Norma Boderó. A ella, que siempre estuvo conmigo en todo momento desde el cielo y conté con su apoyo incondicional, su fuerza moral, su buena voluntad y su paciencia, por su ayuda al inicio y en la culminación de mi carrera profesional y la obtención de mi título académico de ingeniero industrial.

A mi esposa, Sra. Marianela Solano

A mis hijos, Kevin y Karla Kocher

A mis hermanos, Henry y Paúl González.

## **INDICE GENERAL**

### **CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN**

<b>1.1</b>	<b>Antecedentes</b>	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>Justificativos</b>	<b>4</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos</b>	<b>5</b>
<b>1.4</b>	<b>Marco Teórico</b>	<b>5</b>
<b>1.4.1</b>	<b>Información Empírica Primaria</b>	<b>5</b>
<b>1.4.2</b>	<b>Información Empírica Secundaria</b>	<b>8</b>
<b>1.5</b>	<b>Metodología</b>	<b>10</b>

### **CAPÍTULO 2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA**

<b>2.1</b>	<b>Presentación general de la empresa</b>	<b>11</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Actividades de Producción</b>	<b>12</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Indicadores de Producción</b>	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<b>Situación de la empresa en cuanto a seguridad e higiene y/o impacto ambiental</b>	<b>21</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Factores de Riesgo</b>	<b>22</b>
<b>2.3</b>	<b>Criterio de Impacto Ambiental aplicados</b>	<b>27</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Contaminantes Atmosféricos</b>	<b>29</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Calidad de Agua, Procesos Físicos y Químicos</b>	<b>30</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Sistemas de Tratamiento</b>	<b>33</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Control de Desechos y Residuos</b>	<b>35</b>
<b>2.4</b>	<b>Organización de la seguridad e higiene industrial</b>	<b>36</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Departamento de Medio Ambiente</b>	<b>36</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Metodología Utilizada</b>	<b>37</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Determinación de Accidentes e Incidentes Industriales, Planes de Emergencia</b>	<b>38</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Determinación de Datos Estadísticos y Cálculos de Indicadores</b>	

<b>de Impacto Ambiental</b>	<b>38</b>
-----------------------------	-----------

### **CAPÍTULO 3 DIAGNÓSTICO**

<b>3.1</b>	<b>Identificación de los Problemas</b>	<b>40</b>
<b>3.2</b>	<b>Priorización de los problemas y sus causas</b>	<b>41</b>
<b>3.3</b>	<b>Control de variación de costos; costo de mantenimiento preventivo; costos de recuperación de residuos</b>	<b>47</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Costo de Mantenimiento Preventivo</b>	<b>47</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Costo de Recuperación de Residuos</b>	<b>48</b>

### **CAPÍTULO 4 PROPUESTA TÉCNICA PARA RESOLVER PROBLEMAS DETECTADOS**

<b>4.1</b>	<b>Legislación y aspectos legales de la prevención de riesgos a considerar</b>	<b>50</b>
<b>4.2</b>	<b>Objetivo de la Propuesta</b>	<b>51</b>
<b>4.3</b>	<b>Estructura de la propuesta (tomara como base las normas OHSAS 18.000 e ISO 14.000)</b>	<b>52</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Normas OHSAS 18.000</b>	<b>52</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Normas ISO 14.000</b>	<b>54</b>
<b>4.4</b>	<b>Organización de la propuesta: Departamento y/o Comité de Seguridad e Higiene e Impacto Ambiental</b>	<b>55</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Política y Compromiso Corporativo</b>	<b>55</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Planificación</b>	<b>58</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Implementación y Operaciones</b>	<b>61</b>
<b>4.4.4</b>	<b>Medida y Evaluación</b>	<b>73</b>
<b>4.4.5</b>	<b>Revisión y Mejora de Gestión</b>	<b>74</b>
<b>4.4.6</b>	<b>Evaluación de Riesgos Laborales</b>	<b>74</b>

**CAPÍTULO 5**  
**COSTO DE LA PROPUESTA**

<b>5.1</b>	<b>Costo de la Propuesta</b>	<b>76</b>
<b>5.2</b>	<b>Análisis de Costo-Beneficio</b>	<b>79</b>
<b>5.3</b>	<b>Factibilidad y Sostenibilidad</b>	<b>80</b>
<b>5.3.1</b>	<b>Factibilidad</b>	<b>80</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Sostenibilidad</b>	<b>81</b>
<b>5.4</b>	<b>Cronograma de Implementación</b>	<b>81</b>

**CAPÍTULO 6**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

<b>6.1</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>84</b>
<b>6.2</b>	<b>Recomendaciones</b>	<b>84</b>

<b>Anexos</b>	<b>89</b>
---------------	-----------

**Bibliografía**

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>1. Capacidad de Producción Semanal Minera</b>	<b>2</b>
<b>2. Molinos y Plantas de Beneficio del Cantón Portovelo</b>	<b>3</b>
<b>3. Distribución de Personal</b>	<b>20</b>
<b>4. Efectos cancerígenos y no cancerígenos por la exposición a elementos químicos</b>	<b>26</b>
<b>5. Análisis Muestral del Río Amarillo</b>	<b>34</b>
<b>6. Monitoreo de Agua Potable</b>	<b>35</b>
<b>7. Casos anuales a octubre del 2003 de enfermedades de notificación</b>	<b>38</b>
<b>8. Frecuencias de mortalidad Cantón Portovelo</b>	<b>39</b>
<b>9. Factores indicativos de contaminación</b>	<b>40</b>
<b>10. Análisis Muestral del Río Amarillo antes del botadero</b>	<b>41</b>
<b>11. Análisis Muestral del Río Amarillo</b>	<b>42</b>
<b>12. Costos de Seguridad</b>	<b>47</b>
<b>13. Sueldos de Personal de Medio Ambiente</b>	<b>48</b>
<b>14. Costo Mensual de Químicos para Potabilizar el Agua</b>	<b>49</b>
<b>15. Costo de Producción de Agua Potable</b>	<b>49</b>
<b>16. Datos de diseño de tamices de malla de alambre</b>	<b>62</b>
<b>17. Dimensiones de un tanque de sedimentación rectangular</b>	<b>65</b>
<b>18. Parámetros de Columna de Tamiz estático</b>	<b>70</b>
<b>19. Medidas Preventivas para Trabajos en la Planta de Tratamiento</b>	<b>75</b>
<b>20. Costo de Personal de la Planta de Tratamiento</b>	<b>78</b>
<b>21. Costo de Formación y Capacitación en Seguridad e Higiene</b>	<b>78</b>
<b>22. Casos anuales a octubre del 2003 de enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada</b>	<b>79</b>
<b>23. Actividades del Proyecto</b>	<b>81</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>1. Diagrama de Flujo del Proceso</b>	<b>14</b>
<b>2. Organigrama del Gobierno Local de Portovelo</b>	<b>19</b>
<b>3. Diagrama Causa-Efecto de Riesgos Ambientales</b>	<b>43</b>
<b>4. Diagrama de Ishikawa de los Riesgos de Inhalación y contacto con sustancias tóxicas, corrosivas o irritantes</b>	<b>44</b>
<b>5. Diagrama de Ishikawa de los Riesgos de Incendio o Explosión</b>	<b>45</b>
<b>6. Diagrama de Ishikawa de Riesgos Mecánicos</b>	<b>45</b>
<b>7. Diagrama de Ishikawa de Riesgos Químicos</b>	<b>46</b>
<b>8. Diagrama de Ishikawa de los Riesgos derivados de un Mal diseño Ergonómico</b>	<b>46</b>
<b>9. Organigrama de la Planta de Tratamiento</b>	<b>57</b>
<b>10. Organigrama del Comité de Seguridad e Higiene</b>	<b>57</b>
<b>11. Esquema del Sistema para el tratamiento de aguas</b>	<b>59</b>
<b>12. Tanque de sedimentación rectangular de malla de alambre</b>	<b>64</b>
<b>13. Sistema de Tratamiento de Agua</b>	<b>69</b>
<b>14. Diagrama de Gantt</b>	<b>82</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>1. Reglamento de Seguridad Minera</b>	<b>90</b>
<b>2. Hoja de Seguridad de Productos Químicos</b>	<b>104</b>
<b>3. Legislación y aspectos legales de la prevención de riesgos a considerar</b>	<b>129</b>
<b>4. Enfermedades Profesionales por Exposición al Mercurio – Oficina Internacional del Trabajo, OIT</b>	<b>137</b>

## Resumen

**Tema:** Evaluación de los Riesgos y Control del Impacto Ambiental en el Proceso de Extracción de Oro en las Minas del Gobierno Municipal de Portovelo

**Autor:** Washington Kocher Boderó

El Objetivo de esta tesis es la implementación de medidas de mitigación ambiental del impacto causado por residuos de sustancias químicas en la explotación minera de las laderas del Río Amarillo. Para la recolección de información de la empresa, se procedió a realizar entrevistas a empleados del Municipio de Portovelo, la lectura y análisis del Plan de Desarrollo Cantonal de Portovelo y demás textos de antecedentes del lugar, la investigación bibliográfica de textos y páginas web de referencia en temas Medio Ambientales, y Normas Ambientales Nacionales e Internacionales, se revisaron los resultados de los monitoreos y análisis de muestras del Río Amarillo realizadas en laboratorios. Como conclusiones de esta tesis se establece que el proyecto de una planta de Tratamiento de Aguas, eliminará uno de los elementos generadores de contaminación a un nivel intermedio (Afluentes de Plantas de Beneficio). La Planta de Tratamiento disminuirá la cantidad de contaminantes presentes en el río y los desechos sólidos provenientes del tratamiento se recupera el mercurio para comercializarse a las Plantas de Tratamiento. El cobro de servicio para las Plantas de Beneficio, será a través de una tasa por cada galón de agua tratada que se cobrará a partes iguales entre todas las Plantas conectadas al servicio. La Inversión requerida para implementar el proyecto se obtendrá de instituciones como el Banco Interamericano de Desarrollo, Naciones Unidas o entidades interesadas en el mejoramiento del medio ambiente. La capacitación inicial es necesaria para “vender” la idea y concienciar a cada involucrado en el proyecto, se aprovecha la oportunidad de que todos expongan sus apreciaciones y conozcan su responsabilidad tanto en el problema como en la solución. Se deben realizar proyectos complementarios a la Planta de Tratamiento como: diseño de rellenos sanitarios de manera técnica. El relleno recibiría desechos sólidos provenientes de la Planta de Tratamiento.

Washington Kocher Boderó

Ing. Mec. Marcelo Moncayo

Autor

Director de Tesis

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

En Ecuador, la minería se ha caracterizado por explotaciones de mediana o pequeña escala, lo que ha acarreado problemas ambientales difíciles de controlar, en muchos de los casos, por la dispersión de las operaciones mineras, pero también por la falta de una política sostenida que promueva la legalización y el reordenamiento de las mismas, de acuerdo con la legislación minera ambiental vigente. Uno de los centros mineros auríferos más importantes y antiguos es el distrito de Zaruma-Portovelo, localizado al sur del Ecuador; está compuesto por un sinnúmero de minas y plantas de beneficio.

Portovelo como asiento minero se remonta al año 1549 cuando fue creado por los españoles como campamento para la explotación de las minas, estuvo poblado por aborígenes que se dedicaban a la extracción del oro del Río Amarillo y se tiene referencias que al sector se lo llamó Curipamba o Pampa de Oro.

En 1896 la empresa transnacional norteamericana South American Development Company – SADCO, inicia operaciones mineras en el área y crea lo que se llamó el Campamento Minero de Portovelo, un conjunto arquitectónico e industrial vanguardista, próspero y único en su género en el Ecuador y buena parte de América del Sur. La SADCO por presiones políticas de tinte nacionalista cerró sus operaciones y abandonó Portovelo en 1950. La minería sin embargo no decayó pues ese mismo año se crea la Compañía Industrial Minera – Asociada CIMA con capitales locales y toma la posta minera de la SADCO hasta los primeros años de la década del 70. Al cese de las actividades de la empresa CIMA, surge y cobra auge la llamada “minería artesanal” o “informal”, que persiste hasta la presente fecha como la principal actividad económica del cantón, por esta trayectoria Portovelo es considerado como primer centro minero.

Los terrenos en los cuales se realizan las actividades mineras informales son de propiedad Municipal y cuenta con vetas poli metálicas de oro, plata, zinc, etc. y canteras para material de base y sub-base cubriendo un área promedio de acción de 15 Km<sup>2</sup>. La producción Minera informal es realizada por 180 sociedades mineras y generan un total de 12 Kg. de Oro a la semana, que, de acuerdo al cambio internacional, representan un circulante de \$120,000.00 dólares semanales que distribuidos en las 180 sociedades representan \$666.00 para cada sociedad.

Las sociedades mineras se componen de 3 a 4 personas después de invertir en conjunto la compra de insumos para la explotación minera y después de aportar a un fondo de la sociedad, queda un monto de \$40.00 dólares semanales para cada socio y éste es un valor aproximado a lo que gana un obrero.

La comercialización del producto se realiza en la ciudad de Portovelo a compradores de Oro que sirven de intermediarios fuera del cantón especialmente en la ciudad de Cuenca. La capacidad de las empresas y sociedades mineras con permiso de explotación se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro nº 1: Capacidad de Producción Semanal Minera

<b>Empresa / Sociedad</b>	<b>Propietario</b>	<b>Producción Semanal de Oro en Kg.</b>	<b>Ubicación</b>
BIRA	Oscar Loor	7	Zaruma
MINANCA	Luis Martínez Bucaram	4	Portovelo
GAVIORPE	Galo Ortiz	2	Portovelo
Minera PÍLLASELA	Flavio Romero	- - -	Zaruma
Minera ISRAEL	Vicente Ortega	1.5	Portovelo
EMICOR	Vicente Coronel	2	Zaruma
180 sociedades mineras	Varios	12	Portovelo-Zaruma
		28.5	

Fuente: Plan de Desarrollo Cantonal de Portovelo

Elaborado por: Washington Kocher

Cuadro nº 2: Molinos y Plantas de Beneficio del Cantón Portovelo

<b>Nombre de Planta</b>	<b>Propietarios</b>
CARBVALL	Cabrera Valle Noel Hernan
SAN JOSE	Blacio Tinoco Ángel Jorge

LUDEMIN	Tores de Ludeña
SAN LUIS	Vásquez Tinoco Luis Ángel
PARAÍSO	Vélez Romero Klever Gonzalo
TORATA	Aguilar Aguilar Clotario de Jesús
SANTA MARIANITA	Buele Salmea Carlos Manuel
GERAIS	Buele Salamea Olga del Carmen
CORONEL – HERRERA	Coronel Jiménez Darío Francelín
EL CARMELO	Figueroa Chalan Ruben
Hnos. FRANCO	Franco Torres Rutilo Manuel
LAS ORQUÍDEAS	Gallardo Oscar Miguel
SAN JORGE	Merizalde Encalada Francisco
GAVIORPE	Ortiz Peñafiel Galo Vicente
Soc. S.D.J.	Panama Nacho
LA FORTUNA	Quezada Capelo José Gustavo
REINA DEL CISNE 2	Romero Añazco Emilio Modesto
EL PACHE	Rubio Valarezo Luis Alexander Arq.
FAYUMA	Tinoco Chica Juan José
SAN ANTONIO	Tutiven Matamoros Jorge Antonio
Soc. REINA DEL CISNE	Torres Cevallos Wilson Cristóbal
LOS AGAPITOS	Valarezo Rivera José Gerardo
VIVANCO	Vivanco Vivanco José María
VIRGEN DE LA NUBE 1	Vásquez Vásquez George Humberto
WILLIAM BROWN	Bravo Guillermo
ESPINOZA	Espinoza Macas Juan Ramón
B ½	Orellana Espejo Nery
ISRAEL 1	Ortega Morales Vicente
TOTIS	Peñaherrete Espinoza Tito Washington
GUILLERMO ROMERO	Romero Aguilar Luis Guillermo
PIÑACELA	Romero Romero Uberto Flavio
JESÚS DEL GRAN PODER 2	Santander Carlos
MISORO 1	Torres Medardo

Fuente: FUNGEOMINE

Elaborado por: Washington Kocher

La actividad minera (explotación, procesamiento y exportación) es entonces controlada en sus impactos ambientales por la Alcaldía de Portovelo, la que ha realizado mediciones de la contaminación de las aguas, aire y suelos. La minería es degradadora del medio ambiente y se convierte en una alarmante fuente de impactos ambientales. Los principales problemas generados por esta actividad económica están relacionados con:

- Uso inadecuado de productos químicos: mercurio, cianuro (para amalgamación y lixiviación de relaves), carburo, borax, ácido nítrico, alcohol etílico, sulfato de aluminio
- Deforestación y daño a la escasa cobertura vegetal
- Incremento de turbidez y contenido de sólidos suspendidos en la red hídrica, los minerales que se lanzan al río son zinc, amalgamas, carbón activado, cal P24
- Excesivas sedimentación de los cauces de ríos provocando daños a la vida

acuática

- Graves efectos en la salud de los trabajadores y mineros
- Consecuencias en el medio social: migraciones, desinterés cultural y educacional
- Bajo nivel de conciencia social y medio ambiental

La preocupación de la Alcaldía se resume en la protección del ambiente de Portovelo y de la Seguridad y Salud de la Población local que labora en las minas, formales e informales. El CIU que identifica la actividad minera es el 1429 Explotación de otras minas y canteras

## **1.2 Justificativos**

En el Ecuador, las principales actividades productivas asociadas con su modelo de desarrollo, son la minería, la agricultura, la manufactura y los servicios. Estos sectores utilizan materias primas, energía, recursos naturales, capital y trabajo humano para generar bienes y servicios socialmente deseables. A su vez estos sectores generan aportes contaminantes como son: emisiones a la atmósfera, descargas de aguas residuales y, residuos no-peligrosos, peligrosos y especiales. El desarrollo económico del Ecuador no solo deja mucho que desear desde el punto de vista humano, sino que además tiene el agravante de no ser sustentable y entre las principales causas del desarrollo no sustentable se consideran:

- El subdesarrollo,
- La emigración rural,
- La urbanización acelerada y descontrolada,
- La industrialización contaminadora,
- La agricultura destructora de los recursos naturales,
- La pobreza generalizada,
- El crecimiento demográfico acelerado,
- La marginalidad rural,
- El sector informal urbano.

Estas causas tienen una dinámica acelerada y desordenada que conducen a desarrollos erróneos, los que por su alcance y profundidad, ponen en peligro los recursos naturales, y deterioran el medio ambiente, constituyendo un grave impedimento para el desarrollo integral del Ecuador. Por estas razones expuestas se considera la presentación de un Plan de Manejo Ambiental y Evaluación de Riesgos en el Proceso de Extracción de Oro en las Minas del Muy Ilustre Municipio de Portovelo que permita el desarrollo sustentable para su población e inversiones locales e internacionales.

### **1.3 Objetivos**

#### **Objetivo General**

Implementación de las medidas de mitigación ambiental del impacto causado por residuos de sustancias químicas en la explotación minera en las laderas del Río Amarillo.

#### **Objetivos Específicos**

- Establecer estrategias, responsables, cronogramas y recursos necesarios para las medidas de mitigación.
- Concienciar a los mineros de los impactos negativos al ambiente,
- Alcanzar las políticas de desarrollo sustentable de la organización,
- Cumplir con las leyes, normas y directrices ambientales existentes,

### **1.4 Marco Teórico**

#### **1.4.1 Información Empírica Primaria**

La adopción en 1995 del Convenio sobre salud y seguridad en la minería, que ha sentado las bases para la actuación a escala nacional en materia de mejora de las condiciones laborales en la industria minera, es importante porque:

- los mineros se enfrentan a peligros especiales;

- en muchos países, la industria minera está cobrando cada vez más auge,
- las normas anteriores de la OIT sobre salud y seguridad profesional y la legislación existente en muchos países resultaban inadecuadas para afrontar las necesidades específicas de la minería.

La minería de minerales valiosos, especialmente oro y piedras preciosas, son productos que se exportan, por lo general, a través de organismos legales o ilegales. Dado su tamaño y carácter, las leyes resultan inadecuadas e imposibles de aplicar en este tipo de minas.

Las minas pequeñas emplean una gran cantidad de mano de obra, especialmente en las áreas rurales. Sin embargo y por desgracia, muchos de estos trabajos son precarios y no cumplen la normativa internacional y nacional de trabajo.

La tasa de accidentes en las minas pequeñas es, por lo general, seis o siete veces más elevada que en las grandes explotaciones, incluso en los países industrializados. Las enfermedades, provocadas muchas veces por unas condiciones de trabajo poco higiénicas, son muy comunes.

Aunque esta es la tónica general en las minas pequeñas, existen también algunas seguras y limpias. En las operaciones dentro de las minas subterráneas, además de la alta tasa de accidentes (la minería del carbón ocupa en todas la estadísticas uno de los primeros lugares en cuanto a puestos de trabajo peligrosos), siempre existe la posibilidad de que se produzca un accidente grave con pérdida de vidas humanas. Las dos principales causas de este tipo de catástrofes son los hundimientos por un apuntalado deficiente de las galerías y las explosiones e incendios debidos a la acumulación de metano presente en el aire.

Las minas son lugares peligrosos y la mayoría de los trabajos son duros. Los riesgos para los trabajadores van desde catástrofes como hundimientos, explosiones e incendios hasta accidentes, exposición al polvo, ruido, calor, etc. La protección de la salud y la seguridad de los trabajadores es una cuestión funda-

mental en las minas correctamente gestionadas y, en la mayoría de los países, esta normativa es de obligado cumplimiento. La mina subterránea es una fábrica situada en el interior de la tierra en la que trabajan los mineros para extraer minerales ocultos en los estratos rocosos. Los mineros pican, arrancan y barrenan para poder acceder y extraer el mineral, es decir, la roca que contiene una mezcla de minerales de los cuales como mínimo uno es procesable y convertible en un producto comercializable.

El mineral se transporta a la superficie para refinarlo y obtener un concentrado de alta calidad. El trabajo en el interior del estrato rocoso y a gran profundidad requiere un tipo de infraestructura especial: una red de pozos, galerías y cámaras conectados con la superficie que permitan el movimiento de los trabajadores, las máquinas y el mineral dentro de la mina. El pozo es el acceso hacia el interior y de él salen las galerías laterales que conectan la estación del pozo con los frentes de explotación. La rampa interna es una galería inclinada que conecta los niveles subterráneos a distintas cotas (o profundidades).

La excavación manual es un trabajo difícil, peligroso y físicamente duro que exige una gran agilidad, fuerza y resistencia y sólo puede ser realizado por mineros expertos y en buenas condiciones físicas. Por regla general, la sección del pozo se divide mediante un muro de largueros de madera en dos compartimientos, uno de los cuales se mantiene expedito para la escalera de acceso al frente, a las conducciones de aire, etc. y el otro se va llenando con la roca procedente de la voladura formando una plataforma de perforación para el minero.

La división con largueros de madera se va ampliando progresivamente. Este trabajo, que exige subir por la escalera, montar los andamiajes de madera, perforar la roca y realizar el barrenado, es realizado en un espacio escaso y mal ventilado por un solo minero, pues no hay espacio para un ayudante. En las explotaciones mineras se sigue buscando alternativas viables a estos métodos peligrosos y duros de excavación manual de pozos.

En el sistema de disolución el mineral suele transportarse en camiones directamente del lugar de extracción al vertedero de lixiviación. Los trabajadores

de este tipo de minas están, por lo tanto, menos expuestos a peligros como polvo, ruido y accidentes físicos. Sin embargo, un peligro específico del sistema por disolución es la exposición a los lixiviantes químicos durante las operaciones de transporte y lixiviación y los procesos químicos y electrolíticos. En los tanques de extracción electrolítica de metales puede existir cierta exposición a la niebla ácida.

#### **1.4.2 Información Empírica Secundaria**

Los procesos de manejo ambiental integral, que progresivamente se están adoptando a nivel global, tanto como un compromiso como por necesidad de Mejoramiento Continuo, no sólo son responsabilidad de la industria y de las autoridades de gobiernos, sino también de las organizaciones, instituciones y comunidad en general.

La Gestión Ambiental en el Ecuador ha estado marcada por una profunda dispersión de objetivos, no-coordinación institucional, superposición de funciones, inaplicabilidad de las disposiciones legales, falta de seguimiento y poca incorporación de los objetivos de sustentabilidad en las estrategias de desarrollo nacional.

Las nuevas normas de administración se desarrollan sobre elementos tales como: especificaciones exactas, procedimientos e instrucciones precisas, procesos limpios, la reducción al mínimo de emisiones, vertidos, residuos y desperdicios, la aptitud del propósito, la consistencia de los productos, las restricciones honestas y correctas, la evaluación del desempeño, la salud y seguridad de los trabajadores y la comunidad, la calidad, y la protección del entorno.

La Gestión Ambiental es parte del Sistema de Gestión Integral de una organización, que define su política ambiental y establece objetivos y metas que se derivan de ella, incluyendo la estructura organizativa, las actividades de planificación, las responsabilidades, prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos para desarrollar, implementar, alcanzar, revisar y mantener esos

objetivos y políticas ambientales. La Gestión Ambiental, se entiende como un conjunto de actividades normativas, administrativas, operativas y de control (proceso articulado de acciones), previamente acordados y definidos para garantizar, un adecuado uso y manejo de los recursos.

Como parte del Marco Teórico no se considera completo sin tomar referencia en los apreciaciones acerca de temas medio ambientales que se encuentran en el Marco Legal Nacional a través de la Constitución de la República del Ecuador, Ley de Gestión Ambiental y, Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria.

El Convenio sobre salud y seguridad en la minería y su correspondiente Recomendación (OIT núm. 183) fijan con detalle un punto de referencia internacional que sirve de base al elaborar la legislación y las prácticas nacionales. Este punto de referencia, aplicable de forma general a las minas, establece los requisitos mínimos de seguridad que deben presidir cualquier cambio en una operación de minería.

La futura ratificación del Convenio por parte de todos los países (al conferirle rango de ley) permitirá a las autoridades competentes disponer del personal necesario para supervisar la aplicación de la normativa en todos los sectores de la industria minera. También la OIT supervisará la aplicación del Convenio en los países que lo hayan ratificado.

Las leyes que sustentarán esta tesis como Marco Legal son:

REGLAMENTO DE SEGURIDAD MINERA. Decreto Ejecutivo No. 3934. RO/ 999 de 30 de Julio de 1996.

LEY DE GESTION AMBIENTAL. Ley No. 37. RO/ 245 de 30 de Julio de 1999.

LEY FORESTAL Y DE CONSERVACION DE AREAS NATURALES Y VIDA SILVESTRE. Ley No. 74. RO/ 64 de 24 de Agosto de 1981.

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 266:2000. Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos Peligrosos, Requisitos

## **1.5 Metodología**

Para la recolección de información de la empresa se realiza la siguiente metodología:

- Entrevista a empleados del Municipio de Portovelo
- Lectura de Plan de Desarrollo Cantonal de Portovelo y demás textos de antecedentes del lugar
- Investigación bibliográfica de textos y páginas web de referencia en temas Medio Ambientales
- Resultados de los monitoreos y análisis de laboratorios, realizados a muestras del Río Amarillo
- Investigación bibliográfica de textos y páginas web de referencia en temas Normas Ambientales Nacionales e Internacionales

## CAPÍTULO 2

### SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

#### 2.1 Presentación general de la empresa

Portovelo rica región minera enclavada en las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes, al pie de la Cordillera Vizcaya y bañada por el Río Amarillo, está situada al sur este de la Provincia de El Oro, a 105 Km. de su capital Machala y abarca una extensión territorial de 286.20 Km.<sup>2</sup>.

Los límites de la parroquia urbana Portovelo son: Norte, barrio El Castillo; Sur, Hacienda El Tablón; Este, barrio El Pache, y el Parque Industrial; Oeste, barrio Aguas Termales.

Las operaciones mineras auríferas en Ecuador tienen una tradición precolombina, y en el caso del distrito aurífero de Zaruma-Portovelo, su desarrollo más importante se remonta a la época colonial, cuando en 1550 se funda el Asiento de Minas de Zaruma, posteriormente convertida en la Villa de San Antonio del Cerro de Oro de Zaruma en 1593 (Murillo, 2000). Actualmente esta ciudad sureña del Ecuador, está en fase de diagnóstico dentro del proceso que se sigue para ser considerada como Patrimonio de la Humanidad.

Este distrito minero cuenta con cerca de 400 minas artesanales en actividad y cerca de 170 minas abandonadas. La explotación minera se realiza en galerías operadas de manera casi artesanal, a muy pequeña escala. Las autoridades de Portovelo consideran el tema del Medio Ambiente como el de mayor importancia, puesto que enfrenta una situación en la que no tiene alternativas para manejar los desechos sólidos y se depositan en el Río Amarillo tal como lo hace la población de Zaruma. El tema es urgente debido a que la explotación de Oro también genera contaminación que se traslada a través del río hasta la provincia de Loja e incluso hasta Tumbes. Las empresas al igual que las sociedades informales que explotan

el Oro, no poseen una estructura organizacional con enfoque medio ambiental o de seguridad e higiene debido a que no hay exigencias locales que les presionen en su cumplimiento.

### **2.1.1 Actividades de Producción**

Las principales actividades de la explotación minera se describen a continuación:

**1. Explotación Subterránea.-** Mediante el uso de un pique minero se extraerá el mineral explotado en los frentes realizando el franqueo de galerías en diferentes vetas de cuarzo-calcita auríferas. El transporte en el interior de la mina será mediante el uso de rieles y vagones metálicos, la ventilación de los frentes con un compresor de aire accionado con motor a diesel. El material estéril es rellenado en explotaciones antiguas realizadas.

**2. Transporte del Mineral.-** Una vez que se ha extraído el mineral, este es acumulado en una tolva de hierro con una capacidad de 20 toneladas, luego mediante un volquete se lleva al granel hasta la plataforma junto a la planta de beneficio, que se encuentra localizada a 200 metros de distancia.

**3. Trituración, Molienda, Concentración Gravimétrica y Amalgamación.-** Una vez que el mineral llega a la planta, es acumulado en una plataforma junto a la tolva, la misma que a la base tiene una trituradora de mandíbulas primaria, luego pasa a la secundaria por bandas transportadoras, los bloques mayores a 15 centímetros de diámetro son rotos manualmente a combo, antes del ingreso a la tolva. Una vez triturado se almacena en una tolva de 200 toneladas de capacidad, para luego ser transportado al molino de bolas mediante bandas, en forma permanente y continua. La molienda se realiza en molino de bolas con una capacidad de 80 toneladas, moliendo a menos 80 mallas el 80% del mineral ingresado. Este mineral es molido cuando sale, va a un clasificador helicoidal, en donde se separa los fines de los gruesos, el grueso regresa al molino y el fino es bombeado en forma de pulpa a los tanques de cianuración.

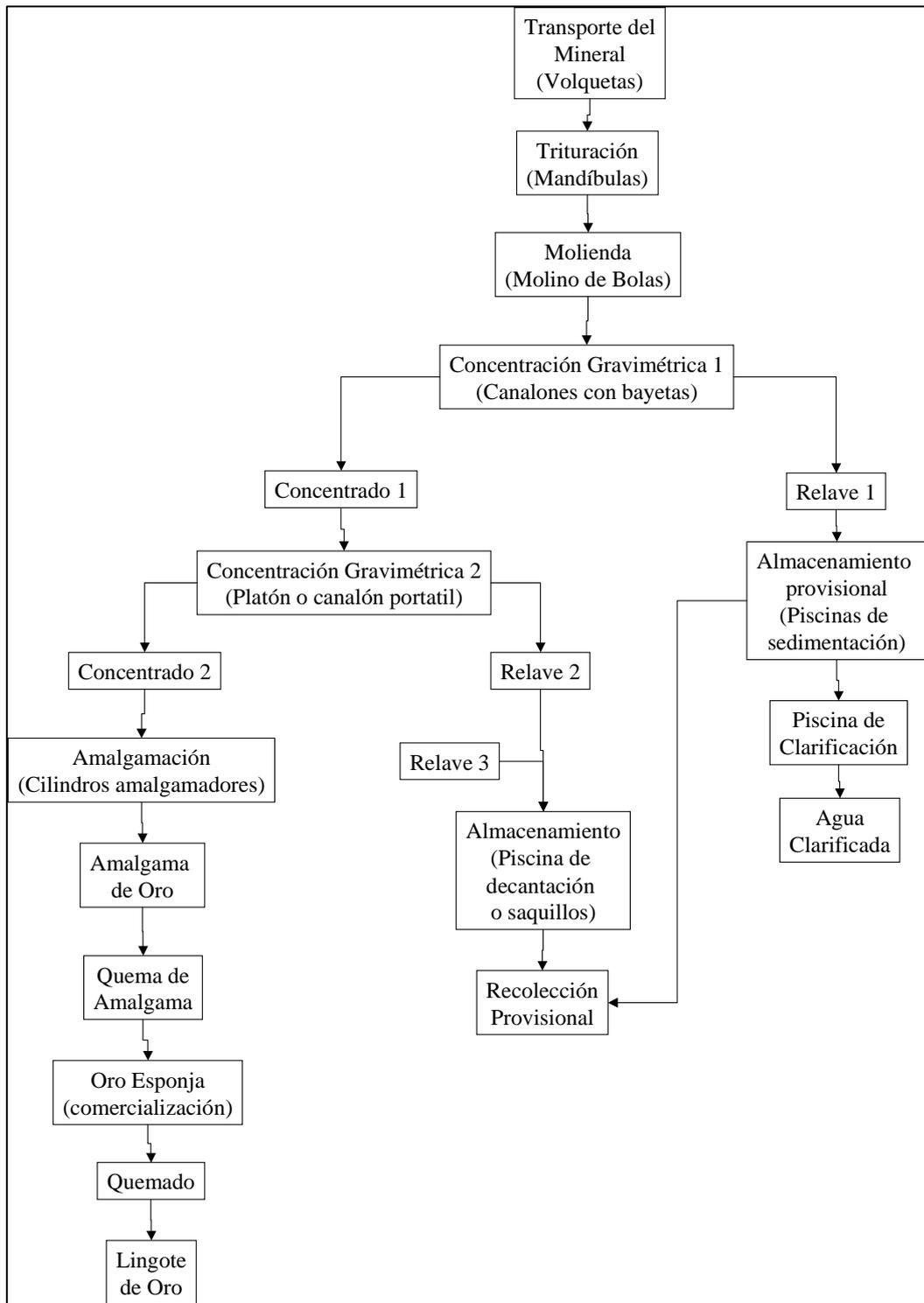
**4. Cianuración CIP por Agitación.-** La pulpa de la molienda pasa al clasificador y luego es bombeada a los tanques de agitación mecánica en donde se coloca cianuro y se disuelve el oro. Los 8 tanques de agitación realizan el proceso de cianuración mediante un circuito continuo y añadiendo carbón activado en cada uno de los tanques en contracorriente. Una vez que el carbón se encuentra cargado, este es tamizado y separado para ser recuperado y pueda continuar con el proceso de desorción.

**5. Proceso de Desorción.-** El carbón cargado es colocado en una torre de desorción, en donde se añade cianuro con agua a alta temperatura (80 a 90° C), luego pasa a las celdas electrolíticas en donde el oro metálico precipita en láminas de acero.

**6. Fundición, Refinación y Comercialización.-** El último ciclo comprende la fundición, refinación y comercialización del oro y la plata, luego de la precipitación electrolítica se procede a secar el precipitado y calcinar, para luego ser atacado con agua regia y proceder a la refinación del mismo hasta obtener una finura sobre los 900. Para este proceso se utilizará una sorbona.

El diagrama de flujo del proceso se presenta en el siguiente gráfico:

Gráfico nº 1: Diagrama de Flujo del Proceso



Elaborado por: Washington Kocher

Los equipos usualmente utilizados en los proyectos mineros son:

- **Fase de Explotación.-** Compresor accionado con motor a diesel, tubería para aire (350 metros), martillos barrenadores, barrenos, brocas, rieles, carros mineros, locomotora eléctrica, castillo de hierro con winche eléctrico.

- **Fase de Trituración.-** Trituradora de mandíbulas primaria y secundaria, combos grandes
- **Fase de Molienda.-** Molino de bolas primario y secundario, bandas transportadoras, bolas de acero, clasificador helicoidal, bombas para pulpa.
- **Fase de Concentración.-** Canalones de hierro para recuperación gravimétrica
- **Fase de Amalgamación.-** Cilindro amalgamador, retorta
- **Fase de Cianuración.-** Cianuración (CIP) con carbón en pulpa, tanques metálicos con agitación mecánica, carbón activado para recuperación del oro disuelto
- **Fase de fundición y purificación.-** Horno de ladrillo refractario accionado a gas. Crisoles de grafito, lingoteras, peroles de acero inoxidable para ataque ácido, extractor “sorbona” para gases nitrosos.

Se requiere agua de uso industrial para satisfacer la demanda de procesos de molienda, cianuración y lavado de equipo, que básicamente son los procesos que más consumen agua en relación al volumen de producción y aproximadamente es de 0.5 m<sup>3</sup> de agua por tonelada procesada. El agua es tomada de canales que conectan con el río y se transporta por tuberías hasta la planta utilizándose además para consumo humano y otras necesidades.

La energía eléctrica es utilizada para el funcionamiento de los motores de los molinos y tanques de agitación. La energía proviene del sistema interconectado nacional (EMELORO) y el cableado se instala y protege para todos los requerimientos.

Los insumos, reactivos y combustibles que principalmente se utilizan en la explotación son:

- **Carburo.-** Para las lámparas de carburo para iluminación interior de la mina
- **Explosivos.-** El más usado es el tipo cartucho de dinamita (Explogel) de tamaño 1\*7 pulg. y 122 g. de peso, densidad 1.125 g/cc, volumen de gases 1010 lt./Kg.
- **Fulminates-Detonantes.-** Con mecha detonante, para evitar la generación de gases

- **Nitrato de Amonio.-** Como explosivo se usa mecha de seguridad y fulminante ordinario con un promedio semanal de 80 libras

- **Mercurio.-** Debido a su fácil manejo, en las operaciones mineralúrgicas se utiliza el mercurio metálico para la amalgamación de oro y plata, formando mezclas conocidas con el nombre de amalgamas. Mediante este proceso de amalgamación se beneficia una parte del oro en la mina aurífera. El mercurio se comercializa a través de algunos suministradores de insumo para la minería en Zaruma y Portovelo en frasco de una libra inglesa (454 gr.), envases de 25 Kg. y en pequeños frascos de plástico de 1 Kg. Además existen pequeños comerciantes que lo venden en menores cantidades. El valor es de \$7.50 por Kg. el mercurio proviene de España, Argentina y Rusia. Se usa normalmente en proporciones de tres de mercurio contra uno de oro y plata, se debe anotar que actualmente el uso de mercurio está prohibido a nivel mundial

- **Cianuro.-** La presentación es en briquetas que se expenden en tambores de metal de 50 Kg. aunque también existen presentaciones en bolsas de papel con envases de plástico interiores. El cianuro de sodio en forma de sal y de solución es sumamente tóxico debido a la formación de ácido cianhídrico (HCN) al contacto con ácidos tan débiles como el dióxido de carbono presente en el aire. Los envases de cianuro de sodio debería mantenerse herméticamente cerrado y almacenado en un lugar seco y fuera del alcance de personal no autorizadas. La solución de cianuro debe ser preparada en un medio alcalino para evitar la formación del gas cianhídrico. Como medida preventiva para el caso de intoxicación es indispensable tener un antídoto en el lugar de trabajo. Los cilindros y/o sacos de cianuro de sodio principalmente tienen un precio entre \$64 y \$70 por 50 Kg. son importados de Alemania, Italia, Inglaterra y Polonia, pero recientemente con mayor presencia el cianuro de origen coreano. Generalmente se utiliza 1.2 Kg. de cianuro por cada m<sup>3</sup> de solución que se utiliza en el proceso.

- **Oxido de Calcio (Cal).-** Se usa para formar el hidróxido de calcio (CaOH<sub>2</sub>), conocido también comercialmente como cal apagada. La presentación es en polvo, en sacos de 25 Kg. a partir de la cual se proporciona alcalinidad protectora a las soluciones de cianuro, formando hidróxido de calcio, con el fin de saturar la acidez latente en los minerales, siendo lo ideal un rango de pH 10.0 a 11.0. La cal producida en Guayaquil y Riobamba se comercializa en sacos de 25 Kg. (cal P24,

\$4.8 /saco) y de 50 Kg. (cal 001, \$4.2 /saco), que no es muy utilizada en la zona.

- **Ácido Nítrico.-** Uno de los ácidos ampliamente utilizados en las plantas de procesamiento es el ácido nítrico industrial de grado técnico o comercial ( $\text{HNO}_3$ , 65%) con el fin de purificar las barras o doré provenientes de la fundición de la calcina. El ácido nítrico disuelve todos los metales como cobre, zinc y plata, excepto el oro, y de esta manera se obtiene un oro de alta pureza. El ácido nítrico se vende en canecas de plástico de 35 Kg. a un precio de \$28.

- **Bórax.-** El bórax o borato de sodio ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) se utiliza como fundente en el proceso de fundición (purificación) de la barra doré que contiene el oro. La sustancia se presenta en forma hidrosa y anhidra, recomendándose la última. El bórax se funde a  $742^\circ\text{C}$  y baja considerablemente el punto de fusión de la escoria, y es un excelente solvente de todos los óxidos metálicos. Presenta una buena fluidez y ataca muy poco a los crisoles. El bórax en forma de polvo se comercializa en sacos de 50 Kg., es un producto importado de Estados Unidos, aunque también se suele usar alguno de origen chileno.

- **Compuesto de Plomo.-** El acetato de plomo  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ , se utiliza para dar un baño a las virutas de zinc con el propósito de activar la superficie del metal y de tal manera mejorar la precipitación del oro. El acetato se vende en forma de polvo en fundas plásticas de 1 Kg. (precio \$14.5), El litargirio ( $\text{PbO}$ ) se emplea para activar el proceso de cianuración en las piscinas de precolación. Se comercializa en fundas plásticas de 1 Kg. (precio \$4). Alternativamente podría usarse sin problemas Nitrato de Plomo.

- **Planchas de Hierro (Chaquetas).-** Se usa como reemplazo por desgaste de piezas en los molinos de bolas.

- **Carbón Activado.-** Se utiliza en la adsorción del oro disuelto con el cianuro, generalmente la pérdida es por abrasión.

- **Gasolina y Diesel.-** Como combustible para los vehículos y para los motores a diesel como el generador o el compresor.

- **Petróleo Diesel.-** Usado también para el funcionamiento en algunas plantas de los motores de combustión de agitadores y algunas bombas que recirculan la solución de lixiviación.

- **Gas Propano.-** Es ampliamente utilizado para la fundición y otras operaciones pirometalúrgicas para la obtención de los metales finales, también se

utiliza en las retortas para la separación oro-mercurio. Igualmente para la reparación de la maquinaria en el corte de metales junto al oxígeno.

### **2.1.2 Indicadores de Producción**

Los parámetros de niveles de producción, tratamiento y comercialización del Oro, se presentan a continuación:

#### Proceso de Molienda y Concentración Gravimétrica

- Número de Unidades de Molienda	150
- Toneladas diarias por unidad de molienda	10 ton / día
- Toneladas procesadas día (Molienda)	1500 ton / día
- Oro recuperado por tonelada	10 gr. / ton
- Producción de Oro / día	15 Kg. / día
- Producción Anual de Oro	4000 Kg. / año

#### Proceso de Cianuración

- Toneladas cianuradas / mes	40000 ton / mes
- Oro recuperado por toneladas de arena	5 - 6 gr. / ton
- Producción de Oro / mes	200 Kg. / mes
- Producción de Oro / año	2400 Kg. / año

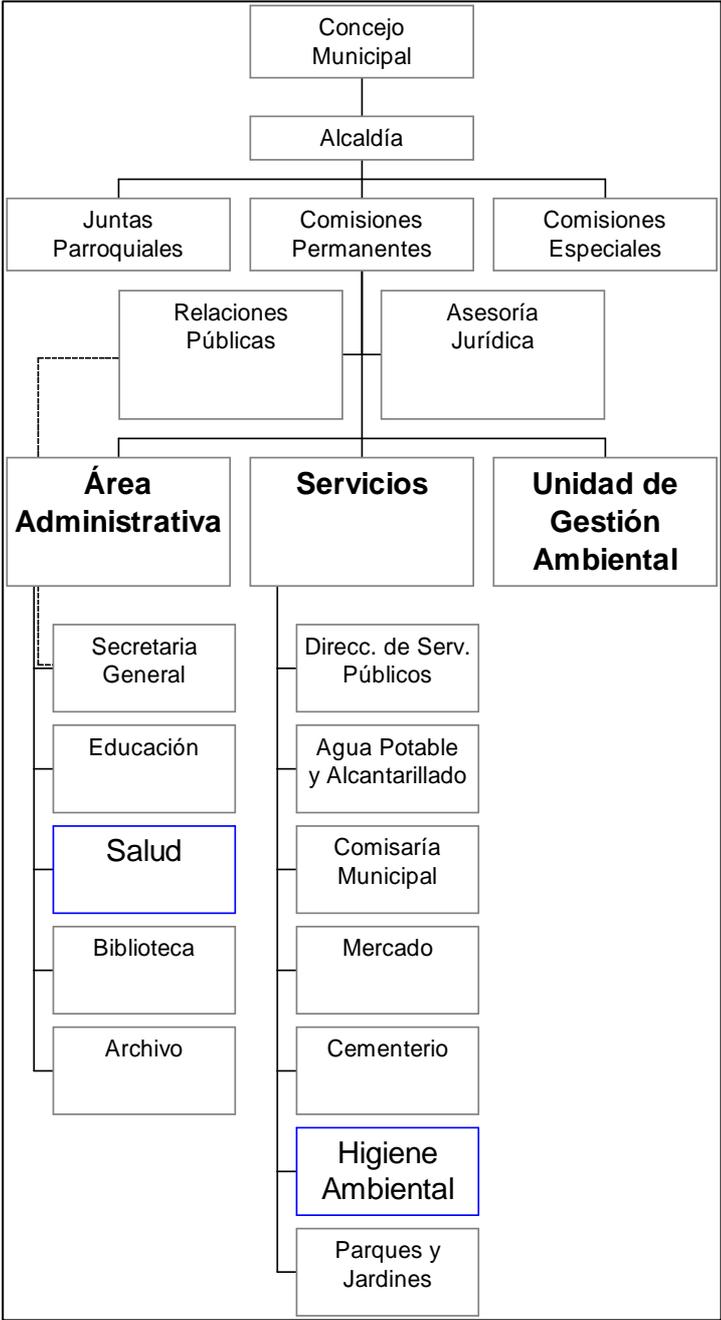
#### Residuos Ambientales

- Producción de relaves (en forma de sólidos en suspensión, sedimentos y relaveras)	400000 ton / año
- Sulfuros en los relaves	30000 ton / año
- Mercurio	7000 Kg. / año
- Cianuro	6000 ton / año

### **Organización**

En el Gobierno Local de Portovelo, la organización responsable de controlar la salud, seguridad y medio ambiente se presenta en el siguiente gráfico.

Gráfico nº 2: Organigrama del Gobierno local de Portovelo



Fuente: Plan de Desarrollo Cantonal de Portovelo  
 Elaborado por: Washington Kocher

Para la implementación de cualquier plan en los temas de seguridad, salud, higiene y medio ambiente, esta sería la secuencia de funcionarios con los cuales se deberá tratar el tema.

La estructura técnica que administra el Gobierno Municipal de Portovelo se distribuye en la manera que se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro nº 3: Distribución de Personal

Dependencia	Personal	Empleados		Trabajadores		Total General	Porc. %
		Nom.	Ocas.	C. Col.	Ocas.		
Administración General	Alcaldía	1	1			2	12.26
	Secretaría General	2	1			3	
	Servicios Generales		4	1		5	
	Biblioteca			1		1	
	Asesoría Jurídica	1				1	
	Jefatura de Personal	1				1	
Dirección Financiera	Departamento financiero	2				2	11.32
	Sección Contabilidad	3				3	
	Sección Tesorería	4				4	
	Sección Avalúos y Catastros			1		1	
	Sección Bodega	2				2	
Departamento de Obras Públicas	Dirección de Obras Públicas	3		26	3	32	30.19
Departamento de Agua Potable y Saneamiento Ambiental	<b>Agua y Saneamiento Ambiental</b>	2		11	3	<b>16</b>	15.09
Departamento de Planificación	Planificación Urbana y Rural	1				1	0.94
	Justicia, Policía y Vigilancia	3	2			5	30.19
	Comisaría Municipal y de Const.	2		2		4	
	<b>Higiene Ambiental (Des. Sólidos)</b>	1		7	4	<b>12</b>	
	Energía Eléctrica	1		4		5	
	Cultura y Comunicación	1	1			2	
	Camal		1	1		2	
	Dirección de Bienestar Social	1	1			2	
Total Personal		31	11	54	10	106	100.00
Total Porcentajes %		29.25	10.38	50.94	9.43	100.00	

Fuente: Oficina de Personal Municipio de Portovelo octubre 2003

Elaborado por: Washington Kocher

La administración ha declarado como Visión de la Alcaldía lo siguiente: “En el año 2014, Portovelo es un cantón que impulsa un proceso integral de desarrollo sustentable que le permite tener servicios básicos, infraestructura, equipamiento y un sistema vial de primer orden que contribuyen a elevar el nivel de vida de las comunidades y que lo convierten en eje articulador de la Zona Alta de la Provincia de El Oro con la región Austral.”

Fuente: Plan de Desarrollo Cantonal de Portovelo

## **2.2 Situación de la empresa en cuanto a seguridad e higiene y/o impacto ambiental**

La institución cantonal tiene un enfoque más dirigido a los temas ambientales como lo demuestra su organigrama con Servicios de Higiene Ambiental y la Unidad de Gestión Ambiental dirigida por un Ing. Agrónomo (Ing. Jaime Jiménez).

En el sector de El Pache a 4 Km. se encuentra un relleno sanitario con un área de 1500 m<sup>2</sup>, y se encuentra inservible pues no se ha llevado los procedimientos técnicos para su administración. Los vehículos para la recolección se encuentran en mal estado debido a los años de servicios y la falta de recursos para su mantenimiento.

En el tema de salud este departamento no relaciona las afecciones de la población con su actividad laboral sino con la calidad de vida fuera del trabajo. El mismo personal que trabaja en la recolección de desechos sólidos puede sufrir enfermedades infecto contagiosas, debido a la falta de Equipos de Protección personal.

En lo referente a la seguridad e higiene, la institución no tiene personal con funciones atribuidas para administrar este aspecto. Todas las formas de explotación minera entrañan peligros y riesgos concretos capaces de provocar una situación de emergencia.

En las minas subterráneas dedicadas a la explotación de minerales metálicos pueden producirse emergencias por fallas de los estratos (estallidos debidos a la presión, desprendimientos de rocas, fallos del techo o de los pilares), detonaciones imprevistas de explosivos y presencia de polvo de mineral de azufre.

En el procesamiento de los minerales, hay que considerar la exposición a sustancias químicas peligrosas, los vertidos o salpicaduras de éstas y los fallos de

los embalses de relaves.

### **2.2.1 Factores de Riesgo**

Las tareas imponen a los trabajadores un duro trabajo físico que puede incluir los siguientes riesgos:

#### **Riesgo Mecánico**

Se relacionan esta situación con la posibilidad de dificultar la labor del usuario del equipo provocando actos o condiciones inseguras que desencadenen en accidentes, las situaciones relacionadas con riesgo mecánico son:

- Todos los equipos (sierras de cadena, hachas, martillos neumáticos, machetes, radios, estufas, linternas, equipos geofísicos y geoquímicos) no se mantienen en buenas condiciones, presentan desgaste y corrosión.
- Los equipos pesados no cumplen con requisitos de seguridad (protecciones que cubran todas las partes móviles de la máquina y mangueras de aire de alta presión con fijaciones y cadenas de seguridad).

#### **Riesgo Eléctrico**

Al igual que en el caso anterior, existe la posibilidad de dificultar la labor del usuario del equipo provocando actos o condiciones inseguras que desencadenen en descargas eléctricas ligeras, quemaduras, electrocución o muerte:

- Los equipos de trabajo (sierras de cadena, martillos neumáticos, radios, linternas) no se mantienen en buenas condiciones pues se realizan reparaciones cada vez que hay un desperfecto o daño del equipo, no hay regularidad ni planificación del mantenimiento.

#### **Riesgo Térmico**

- En el interior de las minas el ambiente es caluroso y se expone al empleado a humedad, por efecto del calor el personal sufre de fatiga calorífica en la mina y

deshidratación por eliminación de fluidos corporales.

### **Riesgo Auditivo**

- Empleados en exposición a ruidos altos generados por máquinas y equipos utilizados en el interior de las minas (compresores, martillos neumáticos, etc.). La perforación y extracción del oro requiere trabajar con equipo mecánico en el interior de las galerías. El personal utiliza protecciones auditivas (de copa, cubriendo todo el pabellón auditivo) debido a que se vuelve incomodo su uso en ambientes calurosos.

### **Riesgo de Vibraciones**

- Vibraciones por segmentos del cuerpo, al personal que utiliza taladros o perforadoras se asocia un padecimiento conocido como “dedos blancos”. Los dedos pierden coloración debido a las vibraciones tiene que sujetar el equipo tensando las extremidades superiores. Con el paso del tiempo esta actividad provoca que la tensión se mantenga aún después de terminar la tarea evitando que la irrigación a los dedos sea normal.
- Las vibraciones pueden provocar caídas de rocas del techo o de las paredes de la mina causando contusiones en cualquier parte del cuerpo, logrando herir al empleado o la pérdida del conocimiento hasta incluso ocasionar la muerte.

### **Riesgo de Radiaciones**

- Las labores en las Plantas de Beneficio requieren que los empleados trabajen en exposición al sol (radiación ionizante) provocando quemaduras solares (bronceado ligero) debido a la exposición durante periodos prolongados durante las labores.

### **Riesgo de Inhalación y Contacto con Sustancias Tóxicas, Corrosivas o Irritantes**

Las labores que se desarrollan en las Plantas de Beneficio requieren el uso

de productos químicos, exponiendo al empleado a partículas minerales, gases libres, escapes de motores y vapores químicos generando irritación respiratoria, depresión respiratoria aguda, asfixia simple, asfixia química, pudiendo llegar a provocar incluso cáncer de pulmón:

- Exposición a los lixiviantes químicos (cianuro sódico alcalino, vapor de mercurio) durante las operaciones de transporte y lixiviación y los procesos químicos y electrolíticos. Esta situación puede generar envenenamiento por exposición.
- En los tanques de extracción electrolítica de metales existe el riesgo de que se forme niebla ácida produciendo en el empleado irritación respiratoria.
- Al personal que labora bajo tierra, corre el riesgo de trabajar con escaso oxígeno debido al desplazamiento de otros gases como el metano, generado por combustión o microbios en lugares sin ventilación generando anoxia debido a este riesgo.
- Las operaciones de soldadura uso de disolventes y el manejo de combustible o voladura pueden producir contaminantes transportados en el aire pudiendo generar irritación respiratoria.
- Exposición al arsénico con riesgo de sufrir cáncer de pulmón.

### **Riesgo Incendio o Explosión**

Los riesgos de incendio se encuentran presentes debido a las condiciones en que se trabaja en las Plantas de Beneficio:

- Proximidad de las viviendas en las Plantas de Beneficio, permite propagar incendios.
- Las instalaciones no tienen equipos contra incendios y personal capacitado así como planes de evacuación
- Los combustibles sin identificación y ubicados en áreas sensibles
- Los explosivos se manejan por personal no especializado. No se observa cuidadosamente la normativa sobre manejo, almacenamiento y transporte de explosivos y detonantes.
- Debido al aire caliente de los escapes mezclado con llamas o chispas en

equipos potencialmente peligrosos hay riesgo de incendio o deflagración

### **Riesgo Biológico**

Al igual que los riesgos de incendio, el riesgo biológico se presenta por la convivencia en las Plantas de Beneficio:

- Los campamentos se sitúan cerca de fuentes de agua contaminadas y cerca de peligros naturales, animales salvajes (insectos, osos, reptiles, etc.).
- Los lavabos están situados cerca de las zonas de comedores y de las letrinas.
- Las letrinas no cumplen con normas de salud pública y esta situadas a menos de 100 metros de las corrientes de agua.
- Los suministros de alimentos no se examinan a su llegada para comprobar su calidad ni se introducen inmediatamente en un refrigerador o almacenan en depósitos para evitar que puedan acceder a ellos insectos, roedores u otro tipo de animales.

### **Riesgo Químico**

- Debido a la perforación, maquinación de rocas, la sílice cristalina libre (dióxido de sílice - cuarzo) abundante en la superficie terrestre y el polvo mas común transportado por el aire, puede producir silicosis neumoconiosis típica que se desarrolla después de varios años de exposición, asociado el riesgo mayor de tuberculosis, cáncer del pulmón, enfermedades de autoinmunidad como son escleroderma, lupus sistémico critematoso y artritis reumática.
- Pneumoconiosis provocadas por la inhalación de polvos minerales.
- Exposición a gases de la combustión del mercurio en la extracción electrolítica puede generar envenenamiento.

Los diferentes minerales y sustancias químicas a las que son expuestos los empleados tienen efectos sobre el organismo como se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro n° 4: Efectos cancerígenos y no cancerígenos por la exposición a elementos químicos

Mineral / Sustancia química	Efectos Cancerígenos	Efectos no Cancerígenos
Plomo	Tumores en el riñón (en animales de laboratorio)	Peso de nacimiento reducido, anemia, aumento de la tensión sanguínea, daño en el cerebro y riñones, deterioro del coeficiente intelectual, disminución de la capacidad de aprendizaje
Arsénico (por inhalación)	Cáncer del pulmón	Daños en el hígado, fibrosis pulmonar, daños neurológicos
Cadmio (por inhalación)	Cáncer del pulmón (en animales de laboratorio)	Daños en riñones, osteoporosis, anemia
Cromo (por inhalación)	Cáncer de pulmón	Bronquitis, daños en hígado y riñones
Benceno	Leucemia	Somnolencia, vértigo, olores de cabeza, anemia, falta de inmunidad, fetotoxicidad
Compuestos orgánicos clorados	Cáncer de hígado (en animales de laboratorio)	Daños en el hígado, efectos neurológicos (en animales de laboratorio)

Fuente: Convenio FUNGEOMINE-APROPLASMIN

Elaborado por: Washington Kocher

### Riesgo derivado de un mal Diseño Ergonómico

- Campamentos irrespetan las normas de seguridad, establecidos en el Reglamento de Seguridad Minera (ver anexo 1)
- Exposición a los peligros derivados del transporte de personal (colisiones, volcamientos, etc.) en carreteras rurales y caminos en mal estado.
- El campamento se ubica lo más cerca posible del lugar de trabajo con el fin de minimizar los desplazamientos y desgastar a los trabajadores con caminatas largas.
- Condiciones del suelo (escurridizo, húmedo, grasiento) afectan la actividad de los mineros produciendo caídas, y golpes que pueden derivar en una simple contusión hasta heridas graves.
- Los pozos y zanjas se construyen sin las normas de seguridad, propiciando hundimientos del terreno sobre la mina afectando el trabajo dentro de las mismas al presentar derrumbes. Los trabajadores laboran un corto período de tiempo, dado que estas obras se derrumban fácilmente y pueden enterrar a los trabajadores.

- Es común el utilizar la fuerza corporal para levantar objetos pesados arriesgando al empleado a sufrir afecciones en la columna.
- Niveles de luz muy bajos en el interior de las minas, riesgo de afección ocular llamada nistagmus en el cual la retina del ojo pierde el control de enfocarse en una dirección.

### **Riesgos Psicosociales (externo)**

Los efectos de este tipo de riesgos no pueden permanecer fuera del análisis puesto que los empleados ven dañado su entorno extralaboral y en el momento de regresar a sus labores llevan consigo una carga de estrés que afecta su desempeño y el de sus compañeros en el trabajo:

- Proliferación de burdeles y cantinas modifican las costumbres sociales de la población propiciando el contagio de enfermedades sexuales o el aumento del alcoholismo que puede derivar en descomposición familiar, depresión o suicidio.
- Para efectos de seguridad personal, el uso de armas no es estrictamente controlado ni supervisado. Esto puede desembocar en problemas de robo o violencia criminal.

### **2.3 Criterio de impacto ambiental aplicados**

Hay que reconocer que la explotación minera se encuentra condicionada geográficamente al lugar donde se localiza el yacimiento, lo que limita también la ubicación de campamentos, presas de estériles y otras labores relacionadas con esta fase operativa. Algo más flexible es la ubicación de la(s) planta(s) de beneficio para la recuperación del oro, tomando en cuenta los costos que la lejanía a la mina, pueda acarrear.

En el caso del distrito aurífero de Portovelo-Zaruma, hay que indicar que existen minas (subterráneas) activas ubicadas debajo de la ciudad de Zaruma, que han producido problemas de inestabilidad del terreno y hundimientos en edificios históricos de la ciudad.

La gran mayoría de explotaciones mineras corresponden a los piques y galerías antiguamente explotados por la compañía norteamericana South American Development Corporation (SADCO) que trabajó el distrito hasta 1950. Nuevos trabajos mineros, son escasos. Las plantas de beneficio por su parte, están ubicadas principalmente en las riberas de los ríos Calera y Amarillo, con unas pocas dispersas en la zona alta del distrito (CENDA, 1996).

El procesamiento del oro en esta zona se realiza mediante dos procedimientos técnico-comerciales: por arrendamiento de las plantas de beneficio (molienda, concentración gravimétrica, amalgamación y cianuración cementación en viruta de zinc refinación) o por trabajo para beneficio propio, cuando los propietarios de las minas poseen también plantas para recuperación del metal precioso.

En el caso del arrendamiento, el propietario de la planta es el responsable legal de realizar el confinamiento de los desechos y el tratamiento de los efluentes, pero en general no tiene ninguna ingerencia sobre el proceso técnico de recuperación del oro, sobre el cual el dueño del mineral decide por ejemplo, las concentraciones de los químicos a utilizar, tiempos de procesamiento, etc y usa su propia gente para efectuar el proceso.

Esto ha creado una situación anómala, donde el propietario del mineral finalmente no es el responsable de los residuos que su actividad genera, sino que lo endosa a un particular que no es el que explota el mineral en la mina. Adicionalmente, este sistema de arrendamiento ha servido para que mineros de otras zonas, arrienden las plantas, ocurriendo que la procedencia y composición del mineral es muy variada.

La ubicación de minas y plantas de procesamiento es relativamente extensa, y por su dispersión, resulta dificultoso el control ambiental. La contaminación de ríos y quebradas debido a la descarga de sólidos y sustancias contaminantes, han eliminado la vida en los ríos Calera y Amarillo y han disminuido seriamente la población de peces de los cauces, aguas abajo de la explotación minera, en la

cuenca del Río Puyango, limítrofe con Perú, que continúa en el vecino país con el nombre de Tumbes, y desemboca en el Océano Pacífico.

La actividad turística local y regional de la zona, que utilizaba los ríos como balnearios, aprovechando la belleza paisajística de la zona y fuentes de aguas termales, no puede desarrollarse por el riesgo potencial que acarrea a la salud y la cercanía de aguas contaminadas, además del deterioro ambiental del área circundante (PRODEMINCA-SGAB, 2000).

Uno de los problemas más serios detectados en la región, es la alta tasa de erosión de los suelos de la zona, debido a la deforestación con fines mineros, agrícolas, ganaderos u otros, que están causando el empobrecimiento de la calidad de los suelos. La tasa promedio anual de deforestación estimada es del 2.5%, por lo que los programas de reforestación que existen para la zona, son insuficientes (PRODEMINCA-SGAB, 2000).

Parece que los trabajadores de las minas pequeñas tienen poco interés en utilizar una tecnología barata, disponible y efectiva que mitigue los impactos sobre la salud y el medio ambiente, como los alambiques para recuperar el mercurio. A menudo no existen incentivos para ello, dado que el coste del mercurio no es una restricción. Además, y especialmente en el caso de los mineros itinerantes, no suelen tener interés por rehabilitar la tierra a largo plazo para su uso después de finalizados los trabajos de minería. El reto es demostrar a estos mineros que existen mejores formas de practicar la minería que no limitan sus actividades y que además supondrían un beneficio para su salud y su riqueza y para la tierra, redundando finalmente en beneficio del país.

### **2.3.1 Contaminantes atmosféricos**

En la época de verano se tiene un clima cálido seco y en los meses de agosto, septiembre, fuertes vientos que levantan material particulado de las relaveras de molienda y cianuración, o de las acumulaciones provisionales de relaves produciendo corrientes de polvo fino, que afectan directamente a todo el entorno. La contaminación del aire por vapores de mercurio es de poca duración

pero es sumamente tóxico. El olor típico proveniente de las plantas de cianurización molesta a los habitantes del sector y es tóxico si no se utiliza previamente cal antes de ingresar la solución de cianuro, con lo cual se puede producir vapores cianhídricos peligrosos.

De la misma manera durante la calcinación de la viruta de zinc, una vez que ha precipitado el oro, se producen intensas humaredas de color blanco azulado que afectan el entorno; igualmente en la refinación, los gases nitrosos liberados al atacar a los doros con ácido nítrico al aire libre afectan la salud de las personas que trabajan en el sitio, en la cual se producen gases de color amarillo rojizo y son visibles a gran distancia.

#### Aire

- La emisión de gases por los equipos y vehículos a diesel
- El uso de Mercurio emite vapores en la amalgamación
- Emisión de gases al quemar madera para leñas
- Emisión de malos olores del botadero
- Emisión de polvo con partículas minerales de sílice por la explotación minera

### **2.3.2 Calidad de agua, procesos físicos y químicos**

#### Efluentes

El distrito Minero de Portovelo-Zaruma al estar ubicado en el curso superior de la cuenca del río Puyango, ha sido y es un sector de alto riesgo de contaminación, causado por sólidos suspendidos, metales pesados, cianuro y otros químicos que atentan contra la vida bioacuática de las subcuencas de los ríos Calera y Amarillo y por lo tanto a la cuenca del río Puyango en el curso medio y aguas abajo, hasta desembocar en el Perú.

Los ríos Amarillo y Calera, que forman al eje hídrico que recoge todas las aguas de la parte alta de El Oro, son los receptores de los desechos sólidos y efluentes líquidos de las plantas de beneficio de minerales y también de las aguas

servidas de las poblaciones y asentamientos mineros ubicados en la parte alta.

Uno de los principales impactos al agua es por los sólidos en suspensión luego de la molienda, debido a la falta de control de los relaves en las fosas de sedimentación y clarificación para evitar sobreflujos; este impacto no es mayor comparado con botar directamente al río los relaves cianurados tanto de las plantas de agitación como las de precolación, peor aún si se bota directamente al río las soluciones cansadas o envenenadas, llamadas también viejas, luego de terminados los procesos de cianuración.

Debido a estos impactos se produce un aumento del pH a las aguas y de las muestras analizadas en varios puntos a lo largo del sistema fluvial se mantiene dentro de un rango que varía entre 7 y 8. Se observa un leve incremento y subsiguiente decrecimiento del valor del pH en el curso de los ríos muestreados.

Igualmente la conductividad del agua está relacionada en el contenido iónico total como es de espesarse, la concentración de calcio está relacionada con la conductividad. La cal ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), una sustancia altamente alcalina, son utilizadas en grandes cantidades previo a la cianurización de los relaves de molienda auríferos. El calcio, contenido en el mineral calcita, que se presenta mayormente al sur del distrito de Portovelo-Zaruma, también forma un compuesto de la mina y se ve liberado durante la oxidación y lixiviación de la materia prima. El efecto neutralizante del calcio explica los valores de pH moderadamente alcalinos en las aguas de los ríos Caldera y Amarillo.

Se esperaría también que cambie el contenido de sulfatos en el agua, de tal forma que es evidente que los valores registrados corresponden a la descarga de desechos de las plantas de beneficio al río. La presencia de sulfato, se puede explicar por la oxidación de los sulfuros en los minerales procesados.

La presencia de cianuro, este reactivo proviene de las plantas de cianuración cuando la solución lixivante es desechada a las quebradas sin pretratamiento así como los relaves (arenas cianuradas), el cianuro se descompone en forma

naturales con la ayuda de oxígeno, radiación solar y temperaturas altas, formando compuestos menos nocivos.

Siendo el manejo de cianuro muy elemental, no se ha puesto en práctica en la mayoría de plantas de beneficio, y el uso en cantidades exageradas para los procesos especialmente de tratamiento de concentrados de baetas, en las denominadas licuadoras (plantas de agitación de alquiler) se puede entender que se debe a la falta de conocimiento de cómo es el proceso de disolución de oro, por cuanto piensan que añadiendo mayor cantidad de cianuro (hasta 20 kg. por metro cúbico de solución) van a obtener más oro. Igualmente cuando entran los nuevos dueños del material a procesar, solicitan que se les cambié de solución y se desecha al río soluciones con altas concentraciones de cianuro y metales pesados.

Igualmente debido a la utilización de viruta de zinc, una vez que el oro se ha disuelto, le recargan a la solución rica mayor cantidad de cianuro para que según los mineros, se realice una mejor precipitación de oro. La afectación por lo tanto es mayormente a la vida acuática en los ríos Calderas y Amarillo.

Indirectamente la afectación por metales pesados como el cobre, cadmio, zinc, plata, plomo, mercurio, arsénico y otros pueden ser movilizados durante la oxidación de los sulfuros de la mina aurífera y durante el proceso de la cianurización.

Se estima que al menos una parte del mercurio utilizando en la amalgamación del oro alcanza las aguas fluviales, debido a los desechos de amalgamación y cuando son descargados directamente al río luego de la cianurización. Otros metales pesados como el cobre forman complejos con el cianuro. El arsénico disuelto también puede estar presente en los desechos de los relaves cianurados, obviamente, el arsénico presente en forma aniónica, tiene poca estabilidad en las aguas de los ríos y desaparece río abajo.

El plomo y zinc pueden estar presentes también en los minerales explotados estos metales poseen una movilidad muy limitada bajo las condiciones físico químicas en las aguas investigadas. El manganeso disuelto es un indicador

excelente de la contaminación causada por la actividad minera. La concentración del metal crece en proporción a las descargas de residuos a lo largo del río Calera y Amarillo. A continuación se presentan en resumen las causas de la contaminación al agua:

- Uso inadecuado de cianuro usado en la lixiviación de relaves en el río
- Mercurio lanzado al río después de su uso
- Disposición de aguas negras en el río por no existir planta de tratamiento
- Plaguicidas, Pesticidas usados en la agricultura se filtran al río
- El botadero municipal se encuentra en las laderas del río
- Basura doméstica (botellas, fundas de plástico, vidrios, papel, cartón) y desechos orgánicos (alimentos) se envían al río
- Desechos hospitalarios no reciben tratamiento y se envían al botadero
- Desechos de suministros (ejm. envases de cianuro) se abandonan a orillas del río
- Acumulación de minerales contaminantes como sedimento de los ríos
- Riego de plantaciones agrícolas con aguas contaminadas del río

#### Suelos

- Tierra removida de las excavaciones se lanza al río
- Deforestación de cobertura vegetal para vivienda y combustible eliminado especies forestales como el Ceibo, Guayacán, Palo Santo, Laurel, Balsa, Nogal, Amarillo
- Fauna autóctona disminuida por la caza, deforestación y contaminación del agua.
- Deslaves en laderas de las carreteras por deforestación
- Inundaciones en las riveras de los ríos debido a deslaves

### **2.3.3 Sistemas de Tratamiento**

Desde los años 70, el Río Amarillo es el receptor de desechos sólidos originados en las ciudades de Portovelo y Zaruma así como de las Minas y Plantas de Beneficio por una disposición municipal que autorizo desarrollar en el

sector aledaño al río, actividades industriales sin exigir medidas de tratamiento del agua después de ser utilizada y antes de ser enviada al río.

Entiéndase que por estas decisiones el río se considera actualmente como altamente contaminado (muerto) y no es posible utilizarlo para el consumo humano. Sin embargo esta agua es utilizada para regar los sembríos de productos agrícolas (café, banano, cacao, maíz, piña, caña de azúcar y pastizales) que se consumen por la población y el ganado cerrando el círculo de la contaminación al volver al hombre. La falta de conocimiento de los ganaderos y agricultores sobre los riesgos de emplear esta agua contaminada no ha sido remediada por parte de ningún organismo por lo cual los productos agrícolas y ganaderos pueden estar contaminados y aun así se comercializan y consumen en los mercados y hogares cercanos.

Otro elemento de la contaminación lo genera el sistema de tratamiento de desechos de Portovelo que produce un promedio de 7 toneladas de basura al día que es recogida del sector urbano por un recolector para luego desecharla al Río Amarillo y Pindo sin ningún tipo de tratamiento al igual que lo hace la población de Zaruma. El análisis muestral del Río Amarillo en diferentes puntos se presenta en el siguiente cuadro:

**Cuadro n° 5: Análisis Muestral del Río Amarillo**

<sup>1</sup> Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario, Anexo 1, Libro VI TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Elementos A determinar	Unidad De medida	Muestra 1 Antes del Botadero	Muestra 2 Después del Botadero	<sup>1</sup> Valor Máximo	Método Utilizado
Potencial de Hidrógeno	Ph	7.63	7.11	6 – 9	LS-Ph-8417
Dureza Total	Mg/l	19.5	26.5	200	LS-DT-002
Cloruros	Mg/l	4.75	5.25	100	LS-CI-001
Nitrógeno Amoniacal	Mg/l	0.60	0.87	35	LS-HACH-8038
Sólido Sedimental	Mg/l	0.30	2.50	850	LS-SS-001
Sólido Suspendido	Mg/l	107	145	350	LS-HACH-8006
DBO <sub>5</sub>	Mg/l	50	600	400	LS-DBO <sub>5</sub> -001
DQO	Mg/l	4	59	1000	LS-DQO-435
Calcio	Mg/l	5.41	9.62	- - -	LS-Ca-001
Hierro	Mg/l	0.8	1.58	0.30	LS-HACH-8008
Plomo	Mg/l	0.0	0.72	0.05	APHA3030F
Cadmio	Mg/l	0.0	0.09	0.02	
Mercurio	Mg/l	7.83	15.72	0.005	
Hongos y levaduras	Col/l	90	123000	- - -	FDA CAP 18
Coliformes fecales	NMP/100	50	1600	200	APHA9221E

	ml				
--	----	--	--	--	--

Fuente: Plan de Desarrollo Cantonal de Portovelo

Elaborado por: Washington Kocher

El sistema de agua potable inicia el tratamiento para potabilizar el agua obteniéndola del Río San Luis (no del Río Amarillo) con un caudal captado de 22 Lt./Seg. y un caudal promedio 45,860 Lt./Seg. El proceso de tratamiento no tiene un área de Sedimentación, para la Floculación se utiliza Policloruro de aluminio tipo invierno y en el proceso de Filtración se utiliza un Filtro automático tipo verano. La Desinfección se consigue aplicando Hipoclorito de Sodio. Esta agua cubre las viviendas con conexión domiciliaria (92) quedando 8 viviendas que no tienen acceso a la red de agua potable. La producción de agua diariamente es de 2,054 m<sup>3</sup>/día, facturándose 1254 m<sup>3</sup>/día, perdiendo contabilizar 800 m<sup>3</sup>/día. El monitoreo realizado al agua potable ofrece los siguientes resultados:

#### Cuadro n° 6: Monitoreo de Agua Potable

1 Monitoreo realizado para el Plan de Desarrollo Cantonal de Portovelo

2 Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario, Anexo 1, Libro VI, TABLA 1. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

<b>Parámetros</b>	<sup>1</sup> <b>Fuente</b>	<sup>2</sup> <b>Límite Máximo Permissible</b>
Potencial de Hidrógeno (pH)	7.5 m <sup>3</sup>	6-9
Color	20 a 25 g°	100
Turbiedad	15-20 UNT	100
Cloro Residual	0.02 mg. / Lt.	250

Fuente: Plan de Desarrollo Cantonal de Portovelo

Elaborado por: Washington Kocher

#### 2.3.4 Control de desechos y residuos

El servicio de aseo de calles, recolección y disposición final de desechos sólidos de Portovelo, tiene una cobertura del servicio solamente a este cantón, en el que se recogen 6 a 8 toneladas al día y se trasladan a un botadero localizado en el sector de los Ceibos en las laderas del Río Pindo y Río Calera. El área del Botadero es de 200 m<sup>2</sup> y la calidad del servicio se califica de REGULAR. Ciertos desechos de materiales y suministros utilizados en la actividad minera son recolectados por el Servicio de Recolección Municipal. El servicio de recolección de desechos se lo realiza con un recolector y una volqueta que cumplen los siguientes horarios y coberturas:

Recolector: recoge la basura de lunes a sábado en, La Florida, 28 de Noviembre, Cdla. El oro, La Alborada, Curipamba, San Vicente, Av. Del Ejército, Estación

Salida a Zaruma, Cdla. Cima, Barrio Machala Bajo, San Antonio, Calle Sucre, Av. Del Minero, Parque Central, el Carretero, El Mirador, Av. Del Artesano, Calle Gonzalo Díaz, Mercado Central,

Salida a Loja hasta el Colegio 13 de Mayo.

Martes y jueves recoge en los barrios Puente Negro, El Pache y El Osorio

Volqueta: recoge la basura Lunes, Miércoles y Viernes en, El Castillo, Número Uno, 1ro de Mayo, Buenos Aires, machala Alto, Escuela 24 de Mayo, Campamento Americano, Calle Fausto Redrován, El Coliseo, El Paraíso, El Jardín, Jesús del gran Poder y San José. También se realizale servicio de barrido de calles, mediante una cuadrilla de 6 personas la cobertura es del 80% de la ciudad. Esta cuadrilla se encarga del cuidado se parques y jardines.

## **2.4 Organización de la seguridad e higiene industrial**

### **2.4.1 Departamento de Medio Ambiente**

En las funciones que ha adquirido el Municipio de Portovelo se encuentra la regulación de la explotación minera y de las industrias. Esta regulación va de la mano con funciones de salubridad y recolección de desechos sólidos. La Unidad de Medio Ambiente es de reciente formación y la dirige un profesional ingeniero Agrónomo con postgrados en temas Medio Ambientales y Agronomía.

Las plantas de beneficio que prestan el servicio a particulares, están ubicadas a orillas del Río Calera, sirviendo este río de vertedero de residuos sólidos y líquidos con altos contenidos de metales pesados. Esta ubicación no es casual, sino que fue obligatoria para las plantas de beneficio en los años 70, cuando el Municipio de Zaruma declaró a ésta región, conocida como El Pache, como zona industrial. A partir de los años 90, en que entra en vigencia una ley minera que cuenta con artículos estrictos de control ambiental, se inician las campañas de mejoras técnicas y ambientales en este distrito. Sin embargo, la práctica de eliminación directa de residuos mineros sólidos y líquidos directamente a los ríos, continua hasta el presente. El Ministerio de Energía y

Minas del Ecuador, a través del Proyecto de Desarrollo Minero y Control Ambiental (PRODEMINCA) ejecutado entre 1996 y 2001 con financiamiento del Banco Mundial, realizó el diagnóstico de la problemática integral de la cuenca del Río Puyango, en cuya parte alta, está comprendido el distrito minero de Zaruma Portovelo.

Este estudio se resumió en un PROGRAMA PROPUESTO DE ZONIFICACIÓN Y REHABILITACIÓN DEL SUELO. Uno de sus capítulos se refiere a un programa de ordenamiento territorial de la zona, cuyos elementos principales se presentan en este artículo.

El Sistema de Información Geográfico que actualmente maneja el Ministerio de Energía y Minas con solamente información geológica, podría ser el que deba completarse con bases de datos de otras fuentes, adecuándolos para su especialización en una interpretación y calificación territorial sobre nuevos niveles de información bioclimática, biótica, hidrológica, de patrimonio y paisaje, etc. A partir de ello se elaborarían propuestas de normativas dirigidas a todos los agentes sociales implicados en el uso y gestión del territorio.

#### **2.4.2 Metodología utilizada**

En Portovelo tanto las empresas que explotan el oro como las instituciones municipales reguladoras no aplican ninguna metodología para evaluar riesgos. El proceso de gestión del riesgo consiste en identificar y analizar los distintos tipos de riesgos que tiene que afrontar la organización para determinar su probabilidad y las posibles consecuencias si llegan a producirse.

Se evalúan los riesgos tomando como base determinados criterios y se concluye si resultan aceptables o, en caso contrario, la forma de tratamiento que debe aplicarse para reducirlos (por ejm., reduciendo la probabilidad de que se produzcan, disminuyendo las consecuencias, transfiriendo la totalidad o parte de los riesgos o evitándolos). Después, será necesario desarrollar, implantar y gestionar planes concretos para controlar los riesgos identificados.

### **2.4.3 Determinación de accidentes e incidentes industriales planes de emergencia**

Durante la realización del Plan de Desarrollo Municipal, se identificó la falta de datos estadísticos confiables que permitan llevar una gestión de riesgos o conocer los impactos ambientales. Las empresas no siguen el protocolo establecido por el Ministerio de Trabajo para accidentes laborales y se produce el sub-registro de accidentes. La situación de los informales es mas preocupante pues su actividad se realiza sin planificación ni conocimientos técnicos.

### **2.4.4 Determinación de datos estadísticos y cálculos de indicadores de impacto ambiental**

La insuficiencia de información tanto en las empresas mineras como en la Unidad de Gestión Ambiental no permiten formar tendencias de las afecciones de la comunidad y accidentes laborales. Los datos registrados en el Área de Salud n° 9 se extrae la información mas confiable para diseñar el siguiente cuadro, el cual presenta las Afecciones Respiratorias (IRA) y la parasitosis como las enfermedades de mayor presencia:

Cuadro n° 7: Casos anuales a octubre del 2003 de enfermedades de notificación

<b>Causas - Enfermedades</b>	<b>Parroquia Portovelo</b>
Infección Respiratoria Aguda (IRA)	1365
Parasitosis	367
Hipertensión	102
Edad	73.68
Depresión	48
Otras	27
Retraso Mental	22
Dengue	19
Rinitis-Diabetes	16
Intoxicación Alimentaria	15
Accidentes Domésticos	14
Alcoholismo	10
Salmonelosis	6
Hepatitis Viral	6
Tuberculosis	5
Fiebre Reumática	2
Paludismo	1
Gonorea	0

Fuente: Estadísticas Área de Salud n° 9      Elaborado por: Washington Kocher

Las causas frecuentes de Mortalidad en el cantón Portovelo, presenta afecciones cardiacas y variedades de cáncer como las causas de muerte mas frecuentes como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro n° 8: Frecuencias de mortalidad Cantón Portovelo

<b>Causas</b>	<b>Promedio Cantonal</b>	<b>tasa por 1000 hab.</b>
Infarto al Miocardio	6	230.76
Cáncer Gástrico	4	153.84
Cáncer Pulmonar	3	115.38
Insuficiencia Cardiaca	3	115.38
Paro Cardiorrespiratorio	2	76.92
Insuficiencia Renal	2	76.92
Accidente cerebro vascular	2	76.92
Cirrosis	1	38.4
Leucemia	1	38.4
Cáncer de cervix	1	38.4
	25	961.32

Fuente: Estadísticas Area de Salud n° 9

Elaborado por: Washington Kocher

La tasa de mortalidad de niños menores a un año se estima en 1.15 por cada mil habitantes y la tasa de mortalidad general se establece en 3.9 por cada mil habitantes.

Respecto al Saturnismo (Cefalea con síntomas que pueden aparecer después de una exposición prolongada de bajo nivel a metales pesados se observa en trastornos causantes de demencia ), los reportes médicos no registran la presencia de tal condición ni siquiera trastornos afectivos, incluidas ansiedad y depresión, hasta manifestaciones de comportamiento psicótico y alucinaciones debido a que los médicos no relacionan los trastornos con la actividad laboral permitiendo inferir que la persona puede estar contaminada con mercurio

Se requieren médicos con especialización en Salud Laboral que puedan aplicar metodologías que identifiquen tal condición y se proceda a recuperar a los afectados.

## CAPÍTULO 3

### DIAGNÓSTICO

#### 3.1 Identificación de los problemas

Los datos del monitoreo realizados al Río Amarillo y que se presentan en el cuadro n° 3 del capítulo 2, permiten identificar aquellos elementos que no se encuentran dentro del rango permitido para considerar el agua segura para el ambiente.

La norma nacional considera aplicar el siguiente criterio de evaluación en el que se determinará la concentración presente o actual del parámetro bajo estudio en el área afectada por las descargas y se procede a comparar los resultados obtenidos para la concentración presente contra los valores de fondo o de referencia.

Para considerar la gravedad de la contaminación se utiliza el siguiente cuadro:

Cuadro n° 9: Factores indicativos de contaminación

<b>Factor de contaminación (Concentración presente/ valor de fondo)</b>	<b>Grado de perturbación.</b>	<b>Denominación</b>
< 1,5	0	Cero o perturbación insignificante
1,5 – 3,0	1	Perturbación evidente.
3,0 – 10,0	2	Perturbación severa.
> 10,0	3	Perturbación muy severa.

Fuente: TABLA 14, Anexo VI, Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario

El criterio de interpretación seguirá las siguientes interpretaciones de resultados:

- Se debe considerar de manera general que una concentración presente mayor tres veces que el valor de fondo para el agua es una contaminación que requiere atención inmediata por parte de la Entidad Ambiental de Control.
- Si la concentración presente es menor a tres veces que el valor de fondo, la

Entidad Ambiental de Control dará atención mediata a esta situación y deberá obligar al regulado a que la concentración presente sea menor o igual a 1,5 que el valor de fondo.

- Los valores de fondo empleados no podrán ser menores a los presentados en esta Norma, de acuerdo a los parámetros de calidad y usos establecidos.

### 3.2 Priorización de los problemas y sus causas

Los monitoreos se evaluarán en dos situaciones: 1) Muestra antes del botadero, y 2) Muestra después del botadero. Aplicando la metodología de la Legislación Ambiental, se obtiene el siguiente cuadro:

Cuadro n° 10: Análisis Muestral del Río Amarillo antes del botadero

1 Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario, Anexo 1, Libro VI TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Elementos A determinar	Unidad De medida	Concentración Presente	Valor de Fondo <sup>1</sup>	Factor de contaminación (Concentración presente/ valor de fondo)	Denominación
Potencial de Hidrógeno	Ph	7.63	6 – 9	1.272 – 0.847	Perturbación Insignificante
Dureza Total	Mg/l	19.5	200	0.098	Perturbación Insignificante
Cloruros	Mg/l	4.75	100	0.048	Perturbación Insignificante
Nitrógeno Amoniacal	Mg/l	0.60	35	0.017	Perturbación Insignificante
Sólido Sedimental	Mg/l	0.30	850	0.000352	Perturbación Insignificante
Sólido Suspendido	Mg/l	107	350	0.306	Perturbación Insignificante
DBO <sub>5</sub>	Mg/l	50	400	0.125	Perturbación Insignificante
DQO	Mg/l	4	1000	0.004	Perturbación Insignificante
Calcio	Mg/l	5.41	---	---	
<b>Hierro</b>	<b>Mg/l</b>	<b>0.8</b>	<b>0.3</b>	<b>2.667</b>	<b>Perturbación Evidente</b>
Plomo	Mg/l	0.00	0.05	0.000	Perturbación Insignificante
Cadmio	Mg/l	0.00	0.02	0.000	Perturbación Insignificante
<b>Mercurio</b>	<b>Mg/l</b>	<b>7.83</b>	<b>0.005</b>	<b>1566</b>	<b>Perturbación Muy Severa</b>
Hongos y levaduras	Col/l	90	---	---	
Coliformes fecales	NMP/100 ml	50	200	0.25	Perturbación Insignificante

Fuente: Plan de Desarrollo Cantonal de Portovelo

Elaborado por: Washington Kocher

En esta evaluación se encuentra el Hierro como elemento a prestar atención

pues la concentración de este elemento en el río, se califica como “Perturbación Evidente”. El Mercurio representa una “Perturbación muy Severa” indicando que se deben tomar medidas para recuperar en algo el río. En la siguiente evaluación se presentan los resultados del monitoreo realizado después del botadero y la aplicación de los criterios de la Legislación Ambiental que se presenta en el próximo cuadro:

Cuadro nº 11: Análisis Muestral del Río Amarillo después del Botadero

1 Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario, Anexo 1, Libro VI

TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Elementos A determinar	Unidad De medida	Concentración Presente	Valor de Fondo <sub>1</sub>	Factor de contaminación (Concentración presente/ valor de fondo)	Denominación
Potencial de Hidrógeno	Ph	7.11	6 – 9	1.185 – 0.790	Perturbación Insignificante
Dureza Total	Mg/l	26.5	200	0.1325	Perturbación Insignificante
Cloruros	Mg/l	5.25	100	0.0525	Perturbación Insignificante
Nitrógeno Amoniacal	Mg/l	0.87	35	0.025	Perturbación Insignificante
Sólido Sedimental	Mg/l	2.50	850	0.003	Perturbación Insignificante
Sólido Suspendido	Mg/l	145	350	0.414	Perturbación Insignificante
<b>DBO<sub>5</sub></b>	<b>Mg/l</b>	<b>600</b>	<b>400</b>	<b>1.500</b>	<b>Perturbación Evidente</b>
DQO	Mg/l	59	1000	0.059	Perturbación Insignificante
Calcio	Mg/l	9.62	---	---	
<b>Hierro</b>	<b>Mg/l</b>	<b>1.58</b>	<b>0.3</b>	<b>5.267</b>	<b>Perturbación Severa</b>
<b>Plomo</b>	<b>Mg/l</b>	<b>0.72</b>	<b>0.05</b>	<b>14.400</b>	<b>Perturbación Muy Severa</b>
<b>Cadmio</b>	<b>Mg/l</b>	<b>0.09</b>	<b>0.02</b>	<b>4.500</b>	<b>Perturbación Severa</b>
<b>Mercurio</b>	<b>Mg/l</b>	<b>15.72</b>	<b>0.005</b>	<b>3144</b>	<b>Perturbación Muy Severa</b>
Hongos y levaduras	Col/l	123000	---	---	
<b>Coliformes fecales</b>	<b>NMP/100 ml</b>	<b>1600</b>	<b>200</b>	<b>8</b>	<b>Perturbación Severa</b>

Fuente: Plan de Desarrollo Cantonal de Portovelo  
Elaborado por: Washington Kocher

Resultado de esta evaluación se encuentran cuatro elementos que deben controlarse:

**Elemento Denominación**

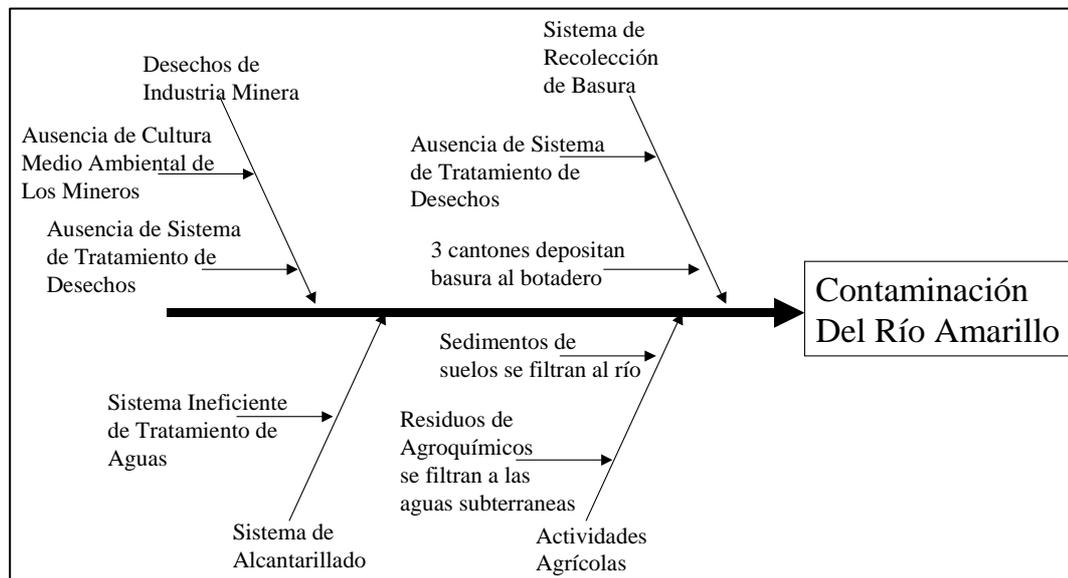
Plomo Perturbación Muy Severa

Mercurio	Perturbación Muy Severa
Hierro	Perturbación Severa
Cadmio	Perturbación Severa
Coliformes fecales	Perturbación Severa
DBO <sub>5</sub>	Perturbación Evidente

Los análisis se han realizado con fondos del Municipio de Portovelo como principal interesado en solucionar la problemática ambiental, siendo este el primero y único proyecto en su género desarrollado en esta población por lo que no se cuenta con información o análisis anteriores a este proyecto.

Complementario a los análisis antes presentados se ofrece un Diagrama Causa-Efecto que resume las razones de la contaminación del Río Amarillo, los detalles de esta problemática se presentan en la Sección 2.3 Criterio de Impacto Ambiental Aplicados:

Gráfico n° 3: Diagrama Causa-Efecto de Riesgos Ambientales



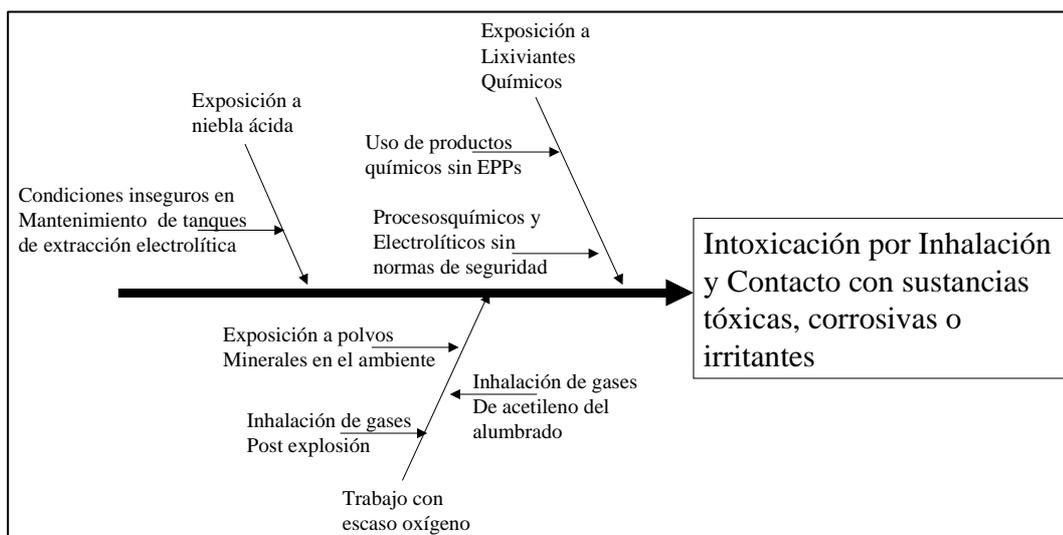
Elaborado por: Washington Kocher

El río Amarillo recibe los desechos de la industria minera a través de la actividad de las Plantas de Beneficio, esta situación sucede debido a los métodos de trabajo utilizados. Las ciudades aledañas desembocan sus tuberías de aguas servidas en el río sin antes recibir tratamiento. Las actividades agrícolas utilizan agroquímicos

sin capacitación ni procedimientos adecuados y envían los residuos de su actividad hacia el río filtrándose por el suelo. Adicionalmente el sistema de recolección de diversas poblaciones se envían a laderas cercanas al río donde caen sin recibir tratamiento como desechos.

En relación con los riesgos de seguridad que se presentaron en la sección 2.2.1, se diseñaron los Diagramas de Ishikawa correspondientes a los riesgos que pueden suceder durante las tareas de minería. El personal en las plantas de beneficio no ha recibido la capacitación que le permita realizar el trabajo debido a que el dueño del material a procesarse utiliza a su propio personal con la intención de reducir el costo del trabajo exponiéndoles a los riesgos de los productos químicos usados en la labor. Las labores de mantenimiento tampoco se realizan con métodos que aseguren la salud del empleado, ingresando a la limpieza de áreas que contienen productos químicos sin equipos de protección personal. Y se complementa la presencia de riesgos con los métodos de explotación minera en las que se expone a los empleados a gases residuales de las explosiones y partículas de minerales presentes en el ambiente junto con los gases de las lámparas de acetileno utilizadas en el interior de las minas.

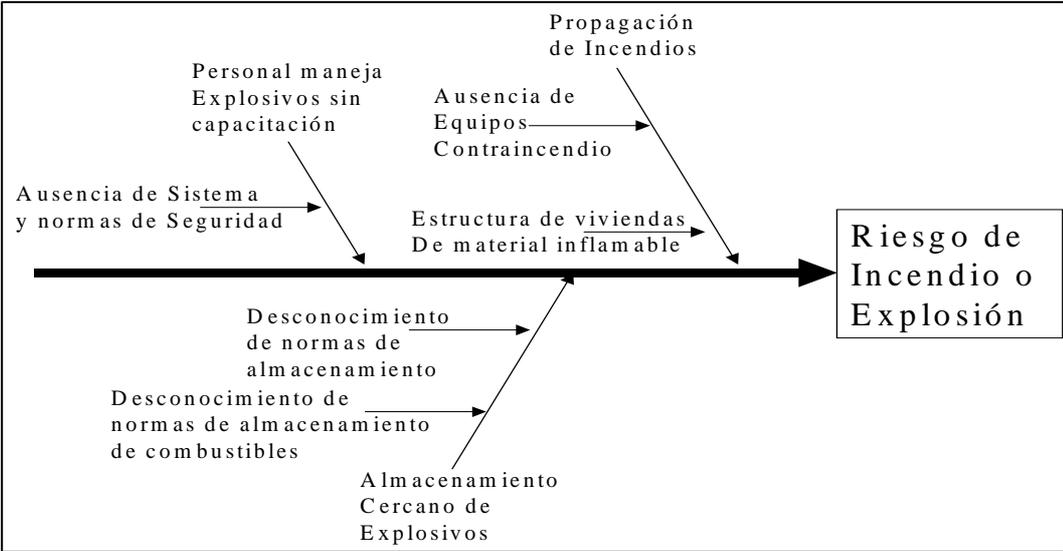
Gráfico n° 4: Diagrama de Ishikawa de los Riesgos de Inhalación y contacto con sustancias tóxicas, corrosivas o irritantes



Elaborado por: Washington Kocher

El gráfico anterior representa los factores como la exposición a lixiviantes químicos, la niebla ácida y el trabajo con escaso oxígeno que generan el Riesgos de Inhalación y contacto con sustancias tóxicas, corrosivas o irritantes. En el siguiente gráfico se presentan los factores que incrementan el riesgo de incendio o explosión, como son: el personal sin capacitación, la propagación de incendios y el almacenamiento riesgoso de los explosivos.

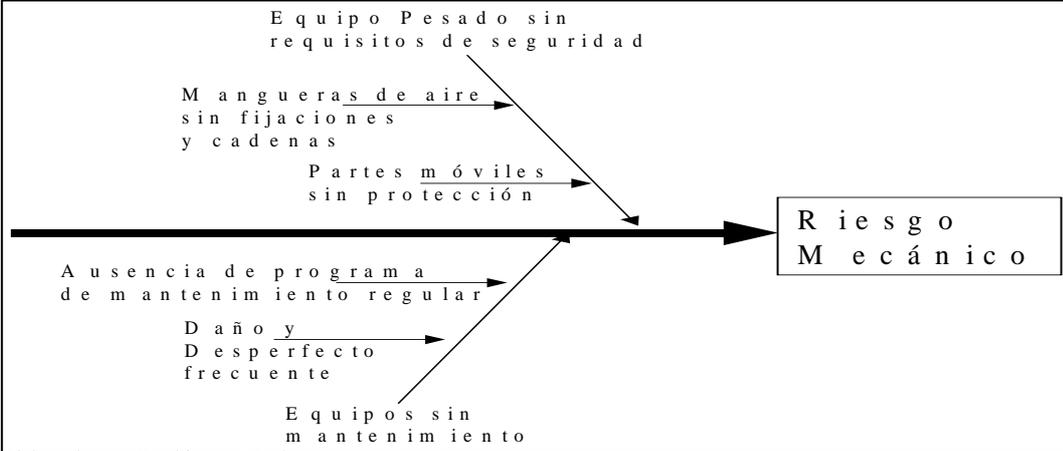
Gráfico nº 5: Diagrama de Ishikawa de los Riesgos de Incendio o Explosión



Elaborado por: Washington Kocher

Los riesgos mecánicos entran en dos categorías los problemas con el Equipo Pesado y la falta de un programa de mantenimiento.

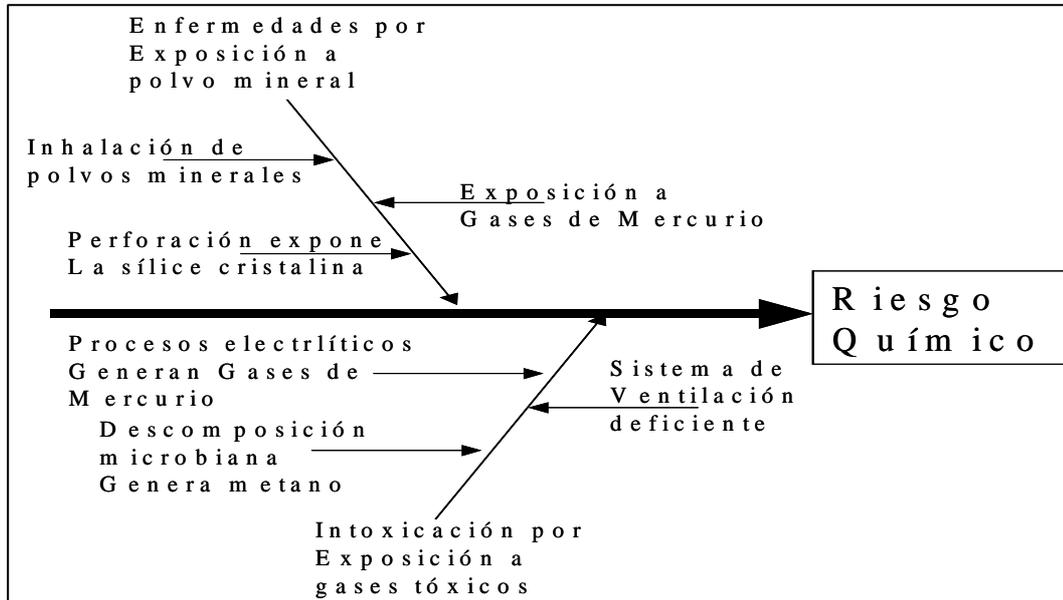
Gráfico nº 6: Diagrama de Ishikawa de Riesgos Mecánicos



Elaborado por: Washington Kocher

Entre los riesgos químicos se encuentran las enfermedades por exposición a minerales y la intoxicación por exposición a gases tóxicos.

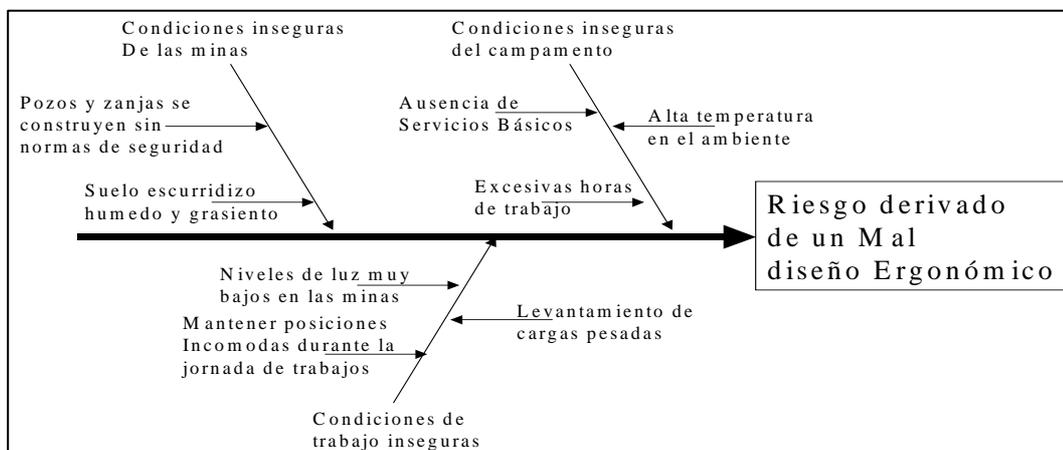
Gráfico n° 7: Diagrama de Ishikawa de los Riesgos Químicos



Elaborado por: Washington Kocher

Finalmente el próximo gráfico representa los factores que generan el potencial de daño debido al Riesgo derivado de un Mal Diseño Ergonómico como son: las condiciones inseguras de trabajo, condiciones inseguras del campamento y las condiciones inseguras de las minas.

Gráfico n° 8: Diagrama de Ishikawa de los Riesgos derivados de un Mal diseño Ergonómico



Elaborado por: Washington Kocher

### 3.3 Control de variación de costos

Para obtener los costos relacionados con la administración de seguridad y medio ambiente, se requirió estimar sus valores debido a que son información considerada delicada y restringida por parte del Municipio de Portovelo.

Los costos de Seguridad se describen a continuación:

Cuadro nº 12: Costos de Seguridad

Capacitación: Charlas de Seguridad en el trabajo dirigida a los empleados	\$3,000.00
Folletos	\$ 300.00
Videos	\$ 500.00
Proyectores-Computadores: Compra de 3 computadores	\$2,250.00
Fichas Médicas: Atención Médica a empleados	\$1,410.00
Señalización: Compra y diseño de carteles para baños	\$ 50.00
Equipo de Protección: Compra de guantes, gorras y uniformes	\$1,242.00
Extintores: Recarga de polvo de extintores	\$ 276.00
Equipo y Personal Contra incendios	\$ 800.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$9,828.00</b>

Fuente: Oficina de Personal Municipio de Portovelo octubre 2003

Elaborado por: Washington Kocher

La información de costos de la Municipalidad como institución rectora y administradora del Medio Ambiente de Portovelo se presenta en el siguiente análisis.

#### 3.3.1 Costo de mantenimiento preventivo

El costo de mantenimiento de las instalaciones de Agua Potable y Tratamiento de Desechos Sólidos se resume en la siguiente tabla:

Instalaciones de Agua Potable	\$1,922.14
<u>Vehículos de Recolección</u>	<u>\$1,708.87</u>
Mantenimiento	\$3,631.01

### 3.3.2 Costos de recuperación de residuos

Las estimaciones de coste de capital se desarrollan para identificar costes de las principales partidas. Para estimar los costos del sistema que actualmente emplean las autoridades de Portovelo para control de residuos se consideran los costos de operación y mantenimiento (O&M) que comprenden los siguientes elementos:

- **Mano de obra:** El número de empleados que trabajan en el sistema medio ambiental se presenta a continuación:

Cuadro nº 13: Sueldos de Personal de Medio Ambiente

Dependencia	Personal	Empleados		Trabajadores		Total General
		Nom.	Ocas.	C. Col.	Ocas.	
Departamento de Agua Potable y Saneamiento Ambiental	Agua y Saneamiento Ambiental	2		11	3	<b>16</b>
Departamento de Planificación	Higiene Ambiental (Des. Sólidos)	1		7	4	<b>12</b>
Total Personal		3		18	7	<b>28</b>
Sueldo Mensual Promedio		\$300.00		\$200.00	\$180.00	
Sueldo Mensual de Mano de Obra		\$900.00		\$3,600.00	\$1,260.00	<b>\$5,760.00</b>
Sueldo Anual de Mano de Obra		\$10,800.00		\$43,200.00	\$15,120.00	<b>\$69,120.00</b>

Fuente: Oficina de Personal Municipio de Portovelo octubre 2003

Elaborado por: Washington Kocher

- **Energía:** Se consumen combustibles (diesel) para la recolección de Desechos Sólidos mediante un recolector y una volqueta, el presupuesto mensual para este rubro es de \$1,500.00
- **Renovación y Sustitución:** Los equipos utilizados para potabilizar el agua y en la recolección de Desechos Sólidos no se han realizado nuevas inversiones.
- **Productos Químicos:** El tratamiento para potabilizar el agua inicia obteniéndola del Río San Luis (caudal promedio 45,860 Lt. / Seg.) con un caudal captado de 22 Lt. / Seg. Los químicos utilizados en el tratamiento del agua potable, son:

Cuadro n° 14: Costo Mensual de Químicos para Potabilizar el Agua

Producto Químico	Cantidad Mensual	Costo unitario	Subtotal
Policloruro de Aluminio (floculación)	23 Lb.	\$13.56	311.88
Hipoclorito de Sodio (desinfección)	15 Lb.	\$26.30	394.50
<b>TOTAL</b>			706.38

Fuente: Departamento de Agua Potable y Saneamiento Ambiental

Elaborado por: Washington Kocher

- Tratamiento de Vertidos:** El Costo estimado por unidad de agua potable vertida con una producción de agua diaria de 2,054 m<sup>3</sup>/día, facturándose 1254 m<sup>3</sup>/día, perdiendo contabilizar 800 m<sup>3</sup>/día. Esta agua cubre las viviendas con conexión domiciliaria (92) quedando 8 viviendas que no tienen acceso a la red de agua potable. Se estima una cuota fija de costo de producción de \$0.02 m<sup>3</sup>

Cuadro n° 15: Costo de Producción de Agua Potable

	Diario	Mensual
Consumo de Agua	2,054 m <sup>3</sup> /día	61,620 m <sup>3</sup> /mes
Consumo Promedio para 92 domicilios	22.33 m <sup>3</sup> /día	669.78 m <sup>3</sup> /mes
Costo estimado por m <sup>3</sup> \$0.02	\$0.4466	\$13.3956

Fuente: Departamento de Agua Potable y Saneamiento Ambiental

Elaborado por: Washington Kocher

Un resumen del Costo Total del Sistema se presenta a continuación:

Mano de Obra	\$5,760.00
Energía	\$1,500.00
Productos Químicos	\$ 706.38
<u>Tratamiento de Vertidos</u>	<u>\$ 13.3956</u>
Costo Mensual del Sistema	\$7,979.7756

## CAPÍTULO 4

### PROPUESTA TÉCNICA PARA RESOLVER PROBLEMAS DETECTADOS

#### 4.1 Legislación y aspectos legales de la prevención de riesgos a considerar

La ley que sustenta la seguridad en actividades mineras se expone en el REGLAMENTO DE SEGURIDAD MINERA, Decreto Ejecutivo No. 3934. RO/ 999 de 30 de Julio de 1996 del cual se describen los siguientes Artículos: CAPITULO I; DEL AMBITO DE APLICACION Y OBJETO; *Art. 2.- Objeto.-* En este artículo se definen las intenciones y objetivos que se desean obtener con el diseño de este reglamento (ver anexo 3).

En el CAPITULO II; ORGANOS DE CONTROL DE LA SEGURIDAD MINERA; *Art. 3.- Procedimientos respecto de la seguridad minera.-*, se especifican los organismos responsables de la seguridad minera (ver anexo 3).

Los Derechos y Obligaciones de Titulares, Personal y Superiores que intervienen en las actividades mineras se dan a conocer en los siguientes artículos: CAPITULO III; DE LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES RESPECTO DE LA SEGURIDAD MINERA;

*Art. 7.- Derechos de los titulares.-*

*Art. 8.- Deducciones.-*

*Art. 9.- Obligaciones de los titulares.-*

*Art. 10.- Obligaciones del personal.-*

*Art. 11.- Información a superiores.-* (ver anexo 3)

El Reglamento de Seguridad Minera incluye la organización sugerida para administrar a través del Comité de Seguridad e Higiene en el Trabajo, debido a que las plantas de beneficio cuentan incluso con hasta menos de 15 trabajadores. CAPITULO V; DE LOS RIESGOS DEL TRABAJADOR MINERO Y SU PREVENCIÓN;

*Art. 27.- Comités de Seguridad e Higiene del Trabajo.-* (ver anexo 3)

En los siguientes artículos se exponen las condiciones de seguridad que deben tener las actividades mineras.

#### CAPITULO XI; DE LA SEGURIDAD EN ACTIVIDADES DE SUPERFICIE

*Art. 86.- Dispositivos en plantas.-*

*Art. 87.- Protecciones individuales.-*

*Art. 91.- Botiquines.-*

#### CAPITULO XII; DE LAS ACTIVIDADES MINERAS A CIELO ABIERTO Y CANTERAS

*Art. 98.- Perforación húmeda.-*

*Art. 99.- Hora de los disparos.-*

*Art. 100.- Diseño de los botaderos.-*

*Art. 101.- Precauciones en el vaciado.-*

*Art. 102.- Implementos personales de seguridad.-*

*Art. 103.- Control de polvo.- (ver anexo 3)*

Estas condiciones deben de ser cumplidas en el desarrollo de este trabajo de tesis con la intención de evitar amonestaciones por parte del Ministerio del Trabajo (Dirección General o Subdirecciones) o del Ministerio de Salud Pública y el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, como se observa en el siguiente artículo del decreto 2393.

Título VII; INCENTIVOS, RESPONSABILIDADES Y SANCIONES *Art. 190.*  
*DEL PROCEDIMIENTO.* (ver anexo 3)

## **4.2 Objetivos de la propuesta**

Implementar un sistema de recuperación y tratamiento de elementos contaminantes provenientes de las Plantas de Beneficio y Botaderos de Basura ubicados en las laderas del Río Amarillo.

## **4.3 Estructura de la propuesta (tomara como base las normas OHSAS 18.000 e ISO 14.000)**

### **4.3.1 Normas OHSAS 18000**

El sistema de prevención de riesgos laborales, se estructura en ocho temas, el primero relativo a la política preventiva y la organización. Se considera oportuno incluir en el mismo un apartado sobre reuniones periódicas de trabajo, dada su importancia en las unidades funcionales para integrar la prevención en la planificación de la actividad laboral y el análisis continuado de posibles disfuncionalidades.

## 1. Política de Prevención de Riesgos Laborales

1.1. Declaración de principios y compromisos.

1.2. Organización de la actividad preventiva. Funciones y responsabilidades.

1.3. Reuniones periódicas de trabajo.

1.4. Objetivos.

El segundo punto se dedica específicamente a la evaluación de riesgos, actividad central del sistema y sobre la que se sustentan la mayoría de las actividades preventivas.

## 2. Evaluación de Riesgos

2.1. Evaluación de riesgos.

El tercer tema sobre control de riesgos recoge el conjunto de actividades para revisar y controlar las condiciones de trabajo, a fin de mantenerlas en condiciones aceptables y actuar en consecuencia cuando surjan o se detecten anomalías.

## 3. Control de Riesgos

3.1. Investigación y análisis de accidentes/ incidentes. Control de la siniestralidad.

3.2. Inspecciones y revisiones de seguridad.

3.3. Observaciones del trabajo.

3.4. Vigilancia de la salud de los trabajadores.

3.5. Control específico de riesgos higiénicos.

3.6. Control específico de riesgos ergonómicos y psicosociológicos.

3.7. Comunicación de riesgos detectados y sugerencias de mejora.

3.8. Seguimiento y control de las medidas correctoras.

El cuarto punto, dedicado a actividades preventivas específicas, recoge todo un conjunto de actividades básicas para evitar la generación de riesgos incontrolados en el funcionamiento normal de una empresa y en las circunstancias de entrada y salida de personas, productos y equipos en el centro de trabajo o en el propio proceso productivo.

#### 4. Actuaciones Preventivas Específicas

- 4.1. Nuevos proyectos y modificaciones de instalaciones, procesos o equipos.
- 4.2. Adquisiciones de máquinas, equipos y productos químicos.
- 4.3. Selección del personal.
- 4.4. Accesos de personal y vehículos foráneos.
- 4.5. Contratación y subcontratación: trabajo, personas y equipos.
- 4.6. Mantenimiento Preventivo.
- 4.7. Instrucciones de trabajo.
- 4.8. Permisos de trabajos especiales.
- 4.9. Consignación de máquinas e instalaciones circunstancialmente fuera de servicio.
- 4.10. Seguridad de productos, subproductos y residuos.

El tema quinto se centra exclusivamente en la información y formación de los trabajadores, tema de capital importancia para asegurar actuaciones seguras.

#### 5. Información y Formación de los Trabajadores

- 5.1. Información de los riesgos en los lugares de trabajo.
- 5.2. Formación inicial y continuada de los trabajadores.

El punto sexto se dedica al conjunto de normas generales de seguridad y normas específicas que afectan a determinados colectivos en base a la actividad que la empresa desarrolla.

#### 6. Normas Generales de Prevención de Riesgos Laborales

- 6.1. Orden y limpieza de los lugares de trabajo.
- 6.2. Señalización de Seguridad.
- 6.3. Equipos de protección personal y ropa de trabajo.
- 6.4. Plan de emergencia.
- 6.5. Primeros auxilios.

## 6.6. Otras normas de Prevención de Riesgos Laborales.

El séptimo tema establece los mecanismos necesarios para la generación, control y mantenimiento actualizado de la documentación y registros del sistema de prevención.

## 7. Control de la Documentación y de los Registros del Sistema de Prevención

Finalmente el tema octavo se dedica a la auditoría del sistema preventivo que la organización decide establecer, y que es básico para evaluar su eficacia. Ello al margen de la auditoría que la autoridad laboral establezca.

## 8. Auditorías del Sistema de Prevención

### **4.3.2 Normas ISO 14.000**

La norma ISO 14.000 es de aplicación internacional y por tanto de carácter generalista; sin embargo, hace falta impulsar la consecución de un alto nivel de protección ambiental.

Cuando la empresa ha implantado su SGMA, puede obtener su acreditación para la Norma ISO 14001, el proceso de certificación lo realizan entidades reconocidas por la Entidad Nacional de Acreditación ENAC.

El Sistema de Gestión Ambiental va dirigido a cualquier organización, entendiéndose por tal la compañía, sociedad, firma, empresa, autoridad o institución, o parte o combinación de ellas tenga o no personalidad jurídica, sea pública o privada, que tienen sus propias funciones y administración. La norma identifica un sistema de gestión ambiental (SGM) diseñado para hacer frente a todos los aspectos de operación de la organización, productos y servicios, incluyendo la política ambiental, recursos, formación, respuestas a emergencias, auditorías, e informes de gestión. El modelo SGM se basa en cinco elementos principales:

1. Política y compromiso corporativo
2. Planificación
3. Implementación y operaciones
4. Medida y evaluación
5. Revisión y mejora de gestión

### **4.4 Organización de la propuesta: departamento y/o comité de seguridad e higiene e impacto e impacto ambiental**

Siguiendo los elementos que sugiere la Norma ISO 14000 para implementar un Sistema de Gestión Ambiental, se procede a desarrollar los elementos a aplicarse en este proyecto.

#### **4.4.1 Política y compromiso corporativo**

Las Autoridades de Portovelo se comprometen a implementar Plantas de tratamiento de agua que permitan recuperar el Río Amarillo y disminuir el impacto de las Plantas de Beneficio. Con esta intención se propone desarrollar una estructura que permita eliminar los minerales presentes en el agua que representan el principal peligro según se estableció en el monitoreo

- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de las Plantas de Beneficio:**

Su objetivo es el tratamiento de las aguas contaminadas con mercurio provenientes de las Plantas de Beneficio, tratar el agua antes de ser enviada al río o en el mejor de los casos, reutilizar una porción del agua en las plantas, disminuyendo el uso de las aguas del río. Otra porción del agua pasa a ser utilizada en la siguiente estructura. Se requiere entonces un compromiso por parte de las Autoridades y de los propietarios de Plantas de Tratamiento teniendo como objetivo en común, disminuir la contaminación en sus operaciones y recuperar el Río Amarillo. La estructura organizacional necesaria para administrar el Sistema de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Portovelo requiere personal para las siguientes áreas:

- Gerente de Operaciones: Ingeniero Ambiental que administra las operaciones de la planta, se responsabiliza de informar el desempeño de la planta y determinar los recursos y necesidades que se requieran para el buen funcionamiento del sistema. Se relaciona con los propietarios y administradores de las Plantas de Beneficio, controlando los niveles de contaminación del agua proveniente de las Plantas de Beneficio
- Supervisores: Ingenieros que llevan el control del personal de operadores, limpieza y mantenimiento, responden ante el Gerente de Operaciones sobre el desempeño del Recurso Humano.
- Operadores: Técnicos encargados de manejar las máquinas y equipos de la Planta de Alcantarillado. Están en contacto con el Personal de Mantenimiento

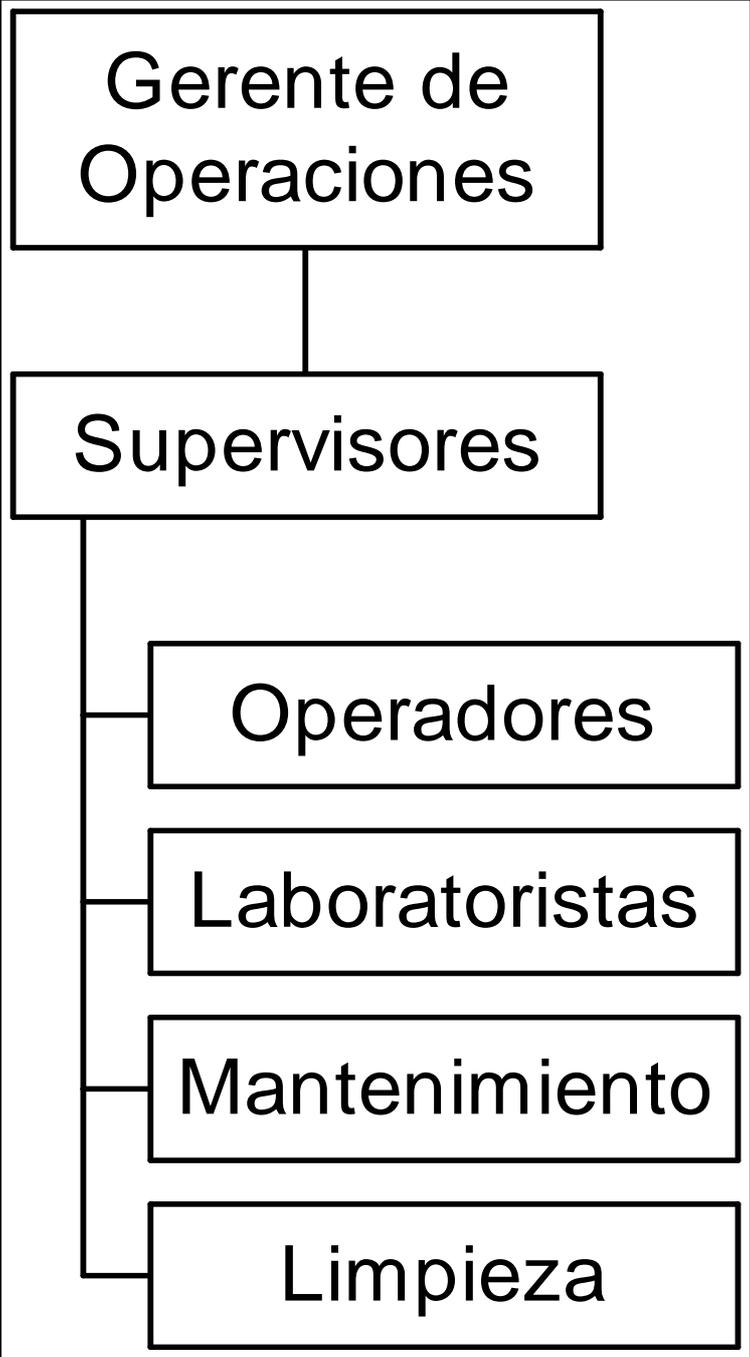
para dar a conocer el desempeño de los equipos durante las jornadas de trabajo.

- Laboratoristas: Tecnólogos Químicos que realizan análisis a las muestras de agua provenientes de las Plantas de Beneficio, aguas y lodos resultantes del Tratamiento. Se entregan los reportes al Gerente de Operaciones para dar a conocer el desempeño a las autoridades de Portovelo y a los propietarios de las Plantas de Beneficio.
- Mantenimiento: Técnicos Mecánicos y Eléctricos que pueden realizar labores de Inspección Programada para disminuir los efectos de deterioro, daño y paralización que presenten las máquinas y equipos.
- Limpieza: Personal sin formación especial, que realiza el retiro de lodos que se forman durante el tratamiento del agua proveniente de las Plantas de Beneficio y mantienen la limpieza de las instalaciones.

Las labores administrativas como la contabilidad y abastecimiento serán llevadas a cabo por la administración del Municipio de Portovelo debido a que el proyecto se puede considerar coordinado por esta institución y las inversiones y gastos deben formar parte de los informes que presente el Municipio al Gobierno Central.

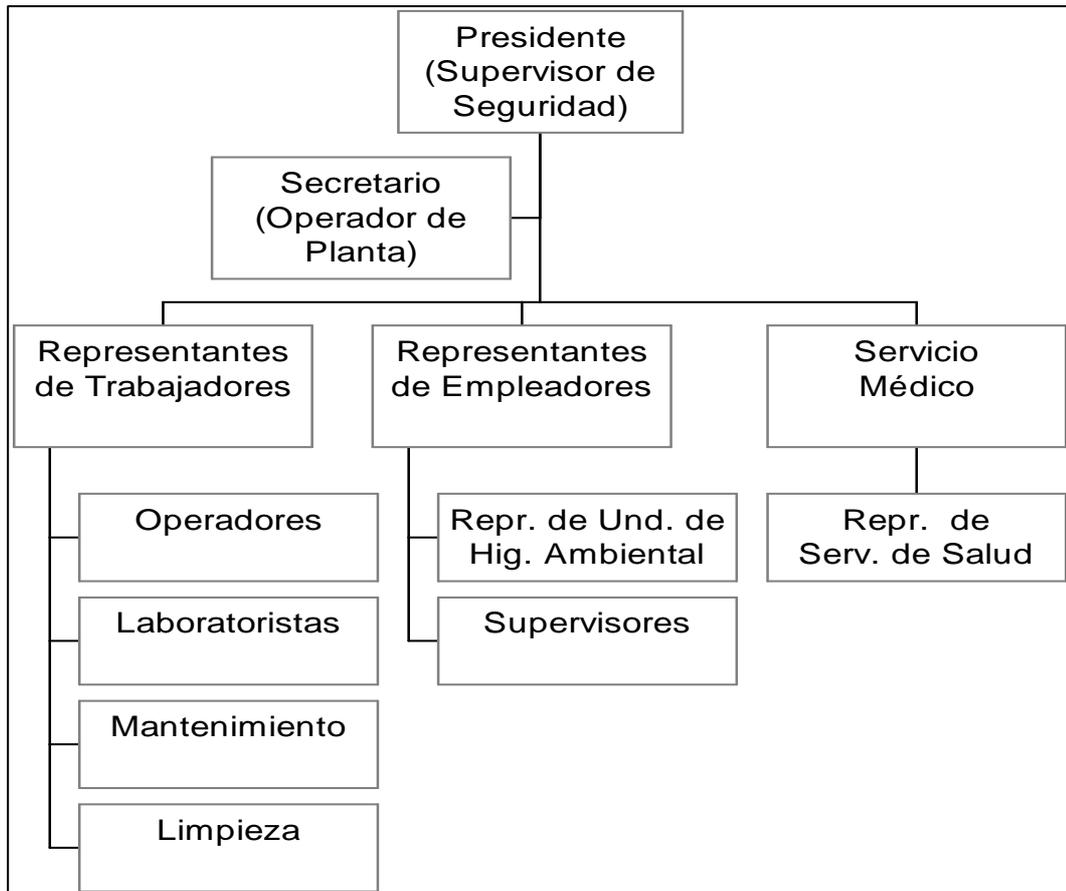
El organigrama propuesta para la administración de la planta se presenta a continuación en el siguiente gráfico:

Gráfico nº 9: Organigrama de la Planta de Tratamiento



Durante la formación del personal de la Planta de Tratamiento de Aguas, se requiere el compromiso de la empresa con la Prevención de Riesgos Laborales. Este compromiso estará administrado por un Comité de Seguridad e Higiene (Decreto 2393 Art. 14. DE LOS COMITÉS DE SEGURIDAD E HIGIENE DEL TRABAJO). El organigrama sugerido para tal comité se presenta en el siguiente gráfico:

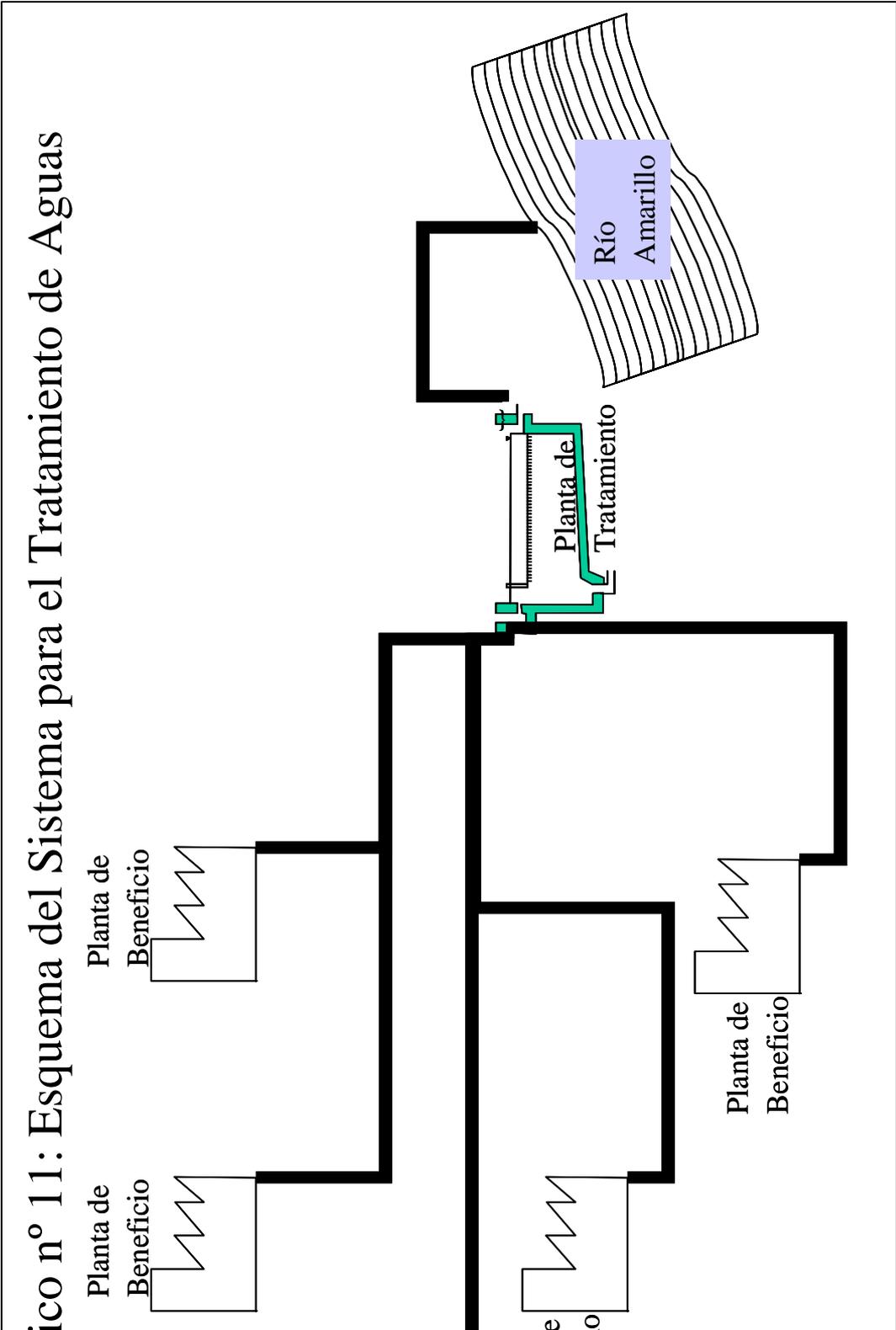
Gráfico nº 10: Organigrama del Comité de Seguridad e Higiene



El objetivo de este comité será integrar la prevención de riesgos en la planificación de la actividad laboral y el análisis continuado de posibles disfuncionalidades.

#### 4.4.2 Planificación

El proceso para la eliminación de metales pesados requiere aplicar métodos mecánicos a través de mallas o tamices que retengan los sólidos y puedan ser retiradas para su tratamiento. Esto requiere el diseño de un sistema de alcantarillado que transporte el agua utilizada en las actividades de las Plantas de Beneficio. Esta agua pasa a ser retratada eliminando y recuperando los metales pesados presentes en ella y a continuación se entrega al Río Amarillo agua libre de contaminantes. El siguiente gráfico ofrece un esquema de la propuesta de este proyecto:



Respecto al tema de la financiación de las actividades del proyecto, en el Ecuador en enero del año 2000 se crea el Centro Ecuatoriano de Producción más Limpia CEPL este organismo tiene el objetivo de promocionar y aplicar procesos de producción más limpia en empresas, organizaciones e instituciones del país teniendo en la actualidad 236 compañías que operan en Ecuador.

La producción mas limpia es una estrategia que propone la aplicación de medidas de prevención de la contaminación sin que éstas afecten la productividad de las empresas. El concepto se implanta a través del ahorro de materias primas y recursos naturales y la reducción de la contaminación en la fuente de los procesos, de producción. El CEPL lo difunde mediante capacitación, consultoría y asistencia técnica y ofrece una alternativa de financiamiento en asistencia técnica subsidiada con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo a través de una remuneración mensual del CEPL que sirva para pago de técnicos y consultores (nacionales y extranjeros), capacitación y asistencia técnica de las Plantas de Beneficio. El monto que ofrece el CEPL dependiendo de la necesidad del proyecto está entre 15000 y 20000 dólares.

La formación y capacitación de los involucrados en este proyecto permitirá promocionar el programa de cuatro módulos:

- Sensibilización, que busca difundir los beneficios económicos y ambientales entre los industriales, a través de seminarios para presentar resultados.
- Capacitación, tiene como objetivo de fortalecer el conocimiento de este proyecto entre profesionales de diferentes niveles relacionados con la industria.
- Asistencia Técnica en planta, que busca consolidar el concepto de producción más limpia a través de la ejecución de casos de probada viabilidad técnica y económica en las empresas.
- Fortalecimiento Institucional y Promoción, para consolidar la estructura institucional existente, con el objetivo de que el programa se aplique de manera sostenida en el tiempo.
- Otro servicio del CEPL es la gestión con la Corporación Financiera Nacional para acceder a crédito de máximo USD 3 millones dependiendo del proyecto con bajas tasas de interés y a un plazo de tres a cinco años.

Se presenta entonces como un Proyecto de Desarrollo Social que dirija las Autoridades de Portovelo para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes y productores de bienes que hacen uso del territorio local.

El beneficio de la producción mas limpia va mas allá de simplemente evitar contaminar el agua es el hecho de recuperar un recurso perdido. Una alternativa para motivar la participación de las Plantas de Beneficio y que observen beneficioso el proyecto es el hecho de ofrecer la disminución de impuestos a aquellos que cooperen en el proyecto.

#### **4.4.3 Implementación y Operaciones**

Para el cálculo del tamaño de las instalaciones para el tratamiento de aguas, se requiere conocer el Valor del Flujo para lo cual se aplicó el método de Recipiente y Cronómetro mediante el cual se mide el tiempo necesario para obtener un volumen determinado de agua en un recipiente de recolección calibrado.

El peso agregado del agua se divide entre 8.34 lb/gal para determinar el número de galones recolectados. Después se determina el flujo por medio de la fórmula.

$$\text{Flujo} = \frac{\text{Galones en el recipiente} * 60}{\text{Tiempo en s para llenar el recipiente}} = \text{gal/min}$$

Se calcula un promedio de flujo de 12 gal/min que deben ser tratadas por el sistema. Este sistema requiere dos acciones:

- Oxigenación a través del tamizado por gravedad que permitirá mejorar el DBO<sub>5</sub> y eliminación de una porción metales pesados.
- Proceso de Oxidación que prevendrá el riesgo de acidez del agua debido a la presencia de cianuro y ajustará el pH del agua a niveles aceptables
- Eliminación de Metales Pesados y Minerales (plomo, mercurio, hierro, cadmio) mediante un proceso de sedimentación por malla de alambre

La descripción de los procesos se presenta a continuación:

**a. Tamizado:** El tamiz de malla de alambre, puede emplearse tamices estáticos y rotatorios para el tamizado grueso y fino del agua residual. Estas unidades pueden emplearse en la industria como pretratamiento o en una planta de tratamiento de agua residual para la eliminación de sólidos, de tamaños grande y pequeño. Los datos de diseño para el tamizado grueso del agua residual mediante tamices contruidos en malla de alambre se muestran en el siguiente cuadro, mientras que para los tamices de aperturas mas pequeñas que se requieran para la retirada de partículas de pequeño diámetro se aplican los mismos principios de los tamices estáticos. El material del tamiz puede ser acero inoxidable, tela u otro material con aperturas de tan solo 0.01 hasta 0.06 mm.

Cuadro n° 16: Datos de diseño de tamices de malla de alambre

Parámetro	Tamiz estático	Microtamiz
Eliminación de sólidos en suspensión %	5-25	50-70; también reduce la DBO
Velocidad de carga	4 a 16 gal/min/plg (860 a 3400 m <sup>3</sup> /día/m), por anchura de tamiz	5 a 10 gal/min/pie <sup>2</sup> (295 a 585 m <sup>3</sup> /día/m <sup>2</sup> ), por unidad de área sumergida; mayor si la apertura del tamiz es mas pequeña
Apertura de tamiz	0.01 a 0.6 pulgadas (0.25 a 1.5 m)	20 a 25 mm; rango 15 a 60 mm
Pérdida de carga	4-7 pies / 1.2-2.1 m.	3-6 pies (75-150 mm)
Sólidos en peso %	15-15	
Submergencia		75% de altura, 66% del área; rango 70-80

Fuente: Manual de Referencia de la Ingeniería Ambiental

El agua almacenada en el cabezal, reboza hacia el tamiz inclinado, el cual filtra el agua que cae por gravedad a través de las aberturas del tamiz y reteniendo los sólidos que se arrastran por el tamiz hacia un colector.

**b. Proceso de Oxidación:** se usa principalmente para el tratamiento de cianuros y de disoluciones diluidas de compuestos orgánicos oxidables. Los agentes químicos de oxidación más comunes suelen ser cloro, calcio, hipoclorito sódico, dióxido de cloro, ozono, peróxido de hidrógeno y permanganato potásico. Un esquema de oxidación ampliamente empleado como tratamiento corresponde a la cloración alcalina de corrientes residuales que contienen cianuros, empleado tanto en sistemas de tratamiento continuos como discontinuos. El proceso emplea sosa

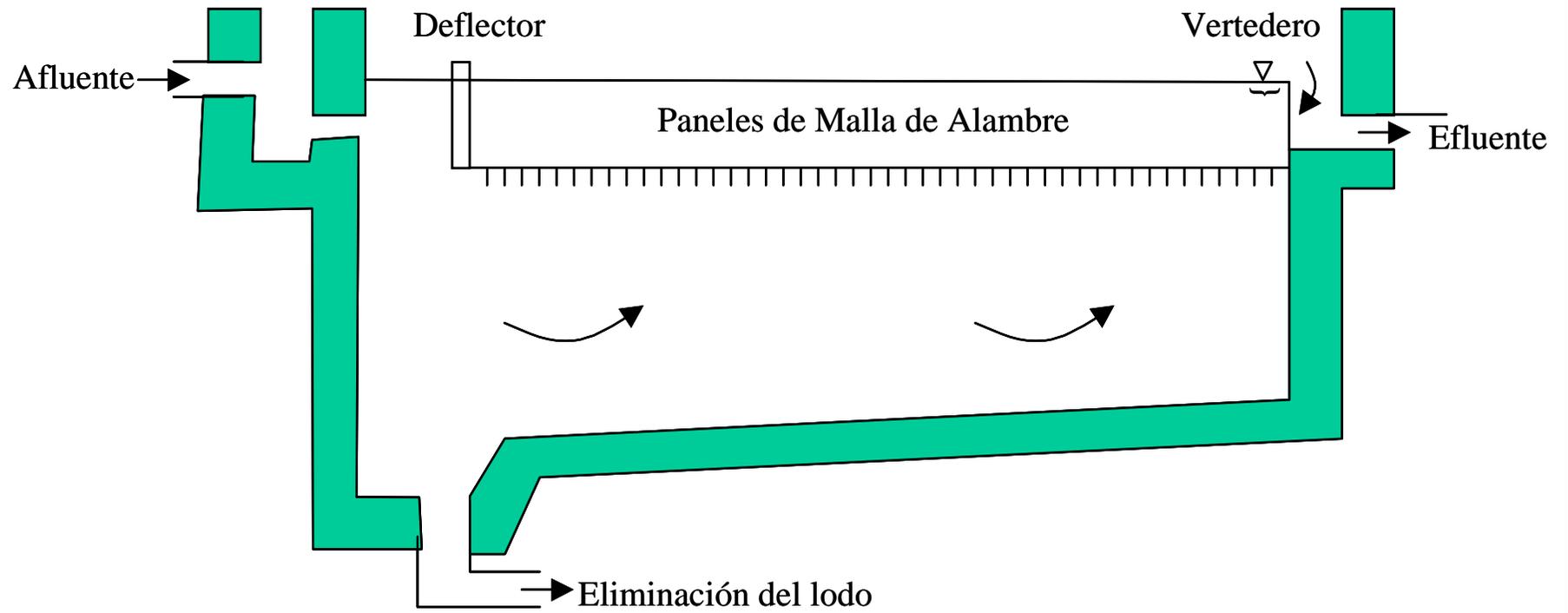
cáustica para elevar el pH hasta un nivel de entre 10.5 y 11 para conseguir unas condiciones de oxidación completa de los iones de cianuro (y para proporcionar un margen de seguridad añadido, evitando el desarrollo de condiciones ácidas que darían lugar a la emisión de compuestos gaseosos de cianuro).

**c. Sedimentador de Malla de Alambre:** Se sugiere el Sedimentador de Malla de Alambre como refuerzo a la acción del hilo de alambre, instalado en las operaciones del tamizado. La malla de alambre de aperturas comprendidas entre 0.125 y 0.25 pulgadas, se monta paralela a la superficie del agua. Las aplicaciones son: mejora de la eficacia de sedimentadores en la retirada de flóculos de origen biológico o de sólidos en suspensión similares. Según el caudal asciende a través de la malla de alambre, los sólidos flotantes de mayor tamaño se retienen y retiran de rebose. La velocidad de aproximación debe ser pequeña, a riesgo de romper los flóculos por impacto contra la malla.

Una característica especial de esta malla de alambre es que produce una distribución efectiva del caudal a través de la sección del sedimentador. Así, las condiciones resultan muy favorables para la sedimentación y aglomeración de las partículas de menor tamaño, según pasan a través del sedimentador de malla de alambre.

Esta acción mejora la eficiencia del proceso, pero requiere que la unidad se ponga fuera de servicio, periódicamente (cada pocos días) para disminuir el nivel del agua y permitir la limpieza de los sólidos finos sedimentados. Estos sedimentadores resultan más útiles cuando se modifican equipos en plantas que tienen baja carga hidráulica, pero que no se alcanzan los límites requeridos para los sólidos en suspensión. Las características físicas de un tanque de sedimentación rectangular se presentan en el siguiente gráfico:

Gráfico nº 12: Tanque de sedimentación rectangular de malla de alambre



En resumen, los cuatro puntos básicos del diseño de un tanque de

sedimentación son:

1. *Entrada:* El caudal de entrada debe distribuirse con la menor velocidad de entrada posible para evitar turbulencias y cortocircuitos
2. *Zona de sedimentación:* Se necesitan condiciones tranquilas para que se produzca una sedimentación correcta de la suspensión. Pueden necesitarse medidas correctoras para reducir los efectos del viento, de la densidad y de la temperatura, así como para controlar las velocidades en esta parte del sedimentador
3. *Zona de lodos:* Debe diseñarse con suficiente profundidad para el almacenamiento de los lodos, y para que se produzca el espesamiento deseado
4. *Salida:* La velocidad del efluente debe minimizarse mediante vertederos limitadores de carga y disposición adecuada de los mismos.

Se deben considerar estas condiciones del diseño ya que se afectan por la adición de productos químicos. En la Sedimentación por Gravedad se emplean tanques de sedimentación horizontal que son unidades rectangulares o circulares en las que el caudal se mueve de un extremo a otro del tanque. Los tanques de sedimentación rectangular tienen limitaciones para la retirada de lodos según aumenta su longitud o aumenta la carga de sólidos. A continuación se describen las condiciones de diseño:

*Dimensiones:* Las dimensiones del tanque de sedimentación resultan consideraciones importantes para asegurar el diseño adecuado para la entrada y salida de agua y para que las condiciones de sedimentación sean efectivas. El siguiente cuadro resume las dimensiones normales para tanques de sedimentación rectangulares y horizontales.

Cuadro nº 17: Dimensiones de un tanque de sedimentación rectangular

Parámetro	Valor Típico	Notas
Profundidad	10 - 15 pies (3 - 4.5 m)	Rango, 7 - 15 pies (2.4 - 4.5 m)
Longitud	80 - 120 pies (25 - 36 m)	Rango hasta 300 pies (91 m)
Anchura	10 - 20 pies (3 - 6 m)	Tanques múltiples para mayor anchura
Cociente longitud-anchura	3:1	Mínima
Cociente anchura-profundidad	1:1	Hasta 2.25:1

*Diseño de Entrada:* La entrada al tanque de sedimentación debe:

- Disipar la velocidad de entrada
- Distribuir el flujo horizontal y verticalmente, de forma igualada
- Prevenir la formación de cortocircuitos y turbulencias

La distancia entre la entrada y la salida del tanque de sedimentación debe ser, al menos, de diez pies (3 m), a no ser que se tomen medidas especiales para prevenir posibles cortocircuitos. Según aumenta la distancia entre la entrada y la salida, el diseño de la primera resulta menos crítico en la eficiencia de la sedimentación.

La entrada de un tanque rectangular se distribuye normalmente a lo ancho del equipo, mediante entradas regularmente separadas. El diseño del canal de entrada debe mantener los sólidos en suspensión, y de forma que alimente con el mismo caudal cada una de las entradas. Las velocidades en estas oscilan entre 0.25 y 0.5 ft/s (0.08 a 0.16 m/s).

Se emplean deflectores en la entrada para mejorar la distribución del caudal. Las velocidades se disipan mejor, con lo que disminuye la posibilidad de que se formen cortocircuitos. Los deflectores se instalan entre 2 y 3 pies (0.6 a 1 m) delante de las entradas a una profundidad de entre 1.5 y 2 pies (0.45 a 0.6 m), con la parte superior del deflector a 2 pulgadas (5 cm) de la superficie del agua.

*Diseño de salida:* El diseño de las salidas de un tanque de sedimentación se centra en el sistema de vertederos del efluente o rebose. El vertedero (generalmente en V) debe poder ajustarse de forma vertical para controlar el tiempo de retención y minimizar los posibles cortocircuitos. Se emplean deflectores para evitar el rebose de sólidos flotantes; también se requieren aperturas para espumas flotantes, aunque éstas también pueden retirarse por medios mecánicos, como barredoras.

El principal criterio de diseño es la velocidad de carga del vertedero, que se define como el caudal por unidad de longitud de vertedero, en galones por día por pie (metros cúbicos por día por metro). El vertedero debe ser suficientemente largo para que la velocidad de carga no cause corrientes ascendentes o

turbulencias en el sedimentador. Los valores normales para la carga del vertedero oscilan entre 10000 y 15000 gpd/ft (125 a 185 m<sup>3</sup>/día/m), mayores velocidades pueden resultar útiles en unidades de grandes dimensiones, en casos concretos.

*Profundidad:* La profundidad del tanque de sedimentación define el volumen asociado con el área requerida para la sedimentación, y se emplea para determinar el tiempo de retención del caudal de agua residual. La profundidad del tanque debe ser suficiente para evitar arrastres en el fondo del tanque, así como la elevación de los sólidos en el tramo final del sedimentador.

Además, el volumen de diseño debe incluir el almacenamiento del fango sedimentado. Normalmente, la profundidad de un tanque de sedimentación oscila entre 8 y 15 pies (2.4 a 4.5 m) con tiempos de detención entre 2 y 4 horas. Ambos parámetros son función de las características de los sólidos presentes en la suspensión y de la eficacia deseada de separación.

*Velocidad de Reboce:* La velocidad de reboce es un parámetro crítico en el diseño de un tanque de sedimentación. Se define como la velocidad de sedimentación de una partícula o suspensión a retirar y se expresa como caudal por unidad de área, galones por día por pie cuadrado (metros cúbicos por día por metro cuadrado). La velocidad de reboce para este caso en particular es de 800 – 1000 gpd/ft<sup>2</sup> (33 – 41 m<sup>3</sup>/día/m<sup>2</sup>), el rango de velocidad de reboce está entre 200 – 4000 gpd/ft<sup>2</sup> (8 – 163 m<sup>3</sup>/día/m<sup>2</sup>).

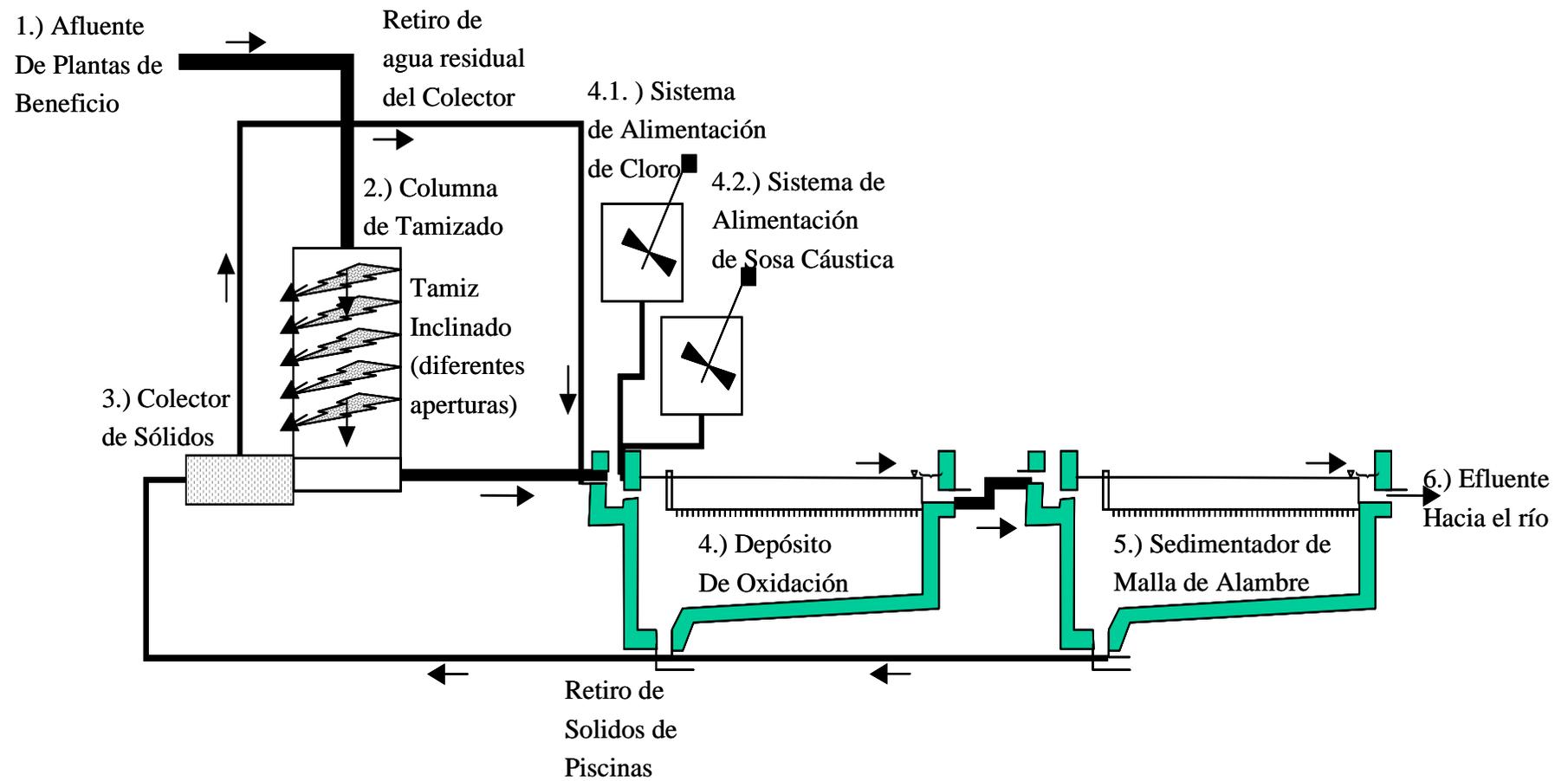
*Carga de sólidos:* La velocidad de carga de sólidos se define como la cantidad de sólidos por día por unidad de área, libras por día por pie cuadrado (kilogramos por día por metro cuadrado), y se deriva de las características de espesamiento del lodo residual. Para sistemas de lodos activos, las velocidades de carga de sólidos habituales tienen intervalos superiores entre 20 a 35 lb/día/ft<sup>2</sup> (4 a 7 kg/día/m<sup>2</sup>).

*Recogida de Sólidos:* La recogida de espumas y lodos se lleva a cabo con unidades de arrastre. En el caso de los sedimentadores rectangulares se emplean cadenas, elevadores y dispositivos de arrastre impulsados por un puente grúa. Una

aplicación típica emplea un barredor horizontal con una velocidad comprendida entre 2 y 4 pies/minuto (0.6 a 1.2 pulgada/minuto). También pueden instalarse mecanismos de succión en el puente grúa.

El gráfico n° 13 muestra las diferentes unidades de tratamiento combinados para formar el sistema propuesto:

Gráfico n° 13: Sistema de Tratamiento de Agua



**Diseño de Torre de Tamizado:** Los datos de diseño para el tamizado grueso del agua residual mediante tamices contruidos en malla de alambre se muestran en el siguiente cuadro, Se diseña una columna de tamices, el cual reduce el tamaño de las apertura desde la parte superior hasta la inferior. El material del tamiz será de acero inoxidable, y se ubicarán a una diferencia de 2 metros cada tamiz. Los datos de diseño de la columna de tamices son:

Cuadro n° 18: Parámetros de Columna de Tamiz estático

Largo	8 m; 26.25 pies
Ancho	8 m; 26.25 pies
Altura	8 m; 26.25 pies
Velocidad de carga tamiz 1	2.4 a 9.6 gal/min (215 a 850 m3/día)
Apertura de tamiz 1	0.6 pulgadas (0.25 m)
Apertura de tamiz 2	0.4 pulgadas (0.01 m)
Apertura de tamiz 3	0.2 pulgadas (0.005 m)
Velocidad de carga tamiz 4	0.4 a 1.6 gal/min (1.72 a 6.8 m3/día)
Apertura de tamiz 4	0.1 pulgadas (0.002 m)

**Diseño de Piscina de Oxidación:** Se deben considerar condiciones del diseño que se afectan por la adición de los productos químicos Cloro y Sosa Cáustica.

1. *Entrada:* Caudal de entrada 12 gal/min

2. *Zona de sedimentación:* deflector para reducir los efectos del viento, así como para controlar las velocidades en esta parte del sedimentador. Las dimensiones de la piscina de oxidación son:

Parámetro	Valor Típico	Notas
Profundidad	2.59 m	Cociente anchura-profundidad 2.25:1
Longitud	17.5 m	Cociente longitud-anchura 3:1
Anchura	5.83 m	Cociente anchura-profundidad 2.25:1
<b>Capacidad</b>	264.66 m <sup>3</sup>	69923.17 Galones

*Diseño de Entrada:* La distancia entre la entrada y la salida del tanque es de 17.5m, las velocidades en estas oscilan entre 0.08 a 0.16 m/s. Los deflectores se instalan a 1m delante de las entradas a una profundidad de 0.6m, con la parte superior del deflector a 5 cm de la superficie del agua.

*Zona de lodos:* La profundidad del tanque de sedimentación es de 2.59m con tiempos de detención entre 2 y 4 horas en función de las características de los sólidos presentes en la suspensión y de la eficacia deseada de separación.

*Salida:* El vertedero en V emplea deflectores para evitar el rebose de sólidos flotantes, instalados a 1m antes de las salidas a una profundidad de 0.6m, con la parte superior del deflector a 5 cm de la superficie del agua. Las espumas flotantes se retiran por medios mecánicos, como barredoras. La velocidad de carga del vertedero, oscila entre 10000 y 15000 gpd/ft (125 a 185 m<sup>3</sup>/día/m<sup>2</sup>), y los parámetros de dimensiones son:

<b>Parámetro</b>	<b>Valor Típico</b>
Profundidad	0.51 m
Longitud	3.45 m
Anchura	1.15 m
<b>Capacidad</b>	2.03 m <sup>3</sup> = 536.33 galones

*Velocidad de Reboce:* La velocidad de sedimentación de una partícula o suspensión a retirar, para este caso en particular es de 800 – 1000 gpd/ft<sup>2</sup> (33 – 41 m<sup>3</sup>/día/m<sup>2</sup>), el rango de velocidad de reboce está entre 200 – 4000 gpd/ft<sup>2</sup> (8 – 163 m<sup>3</sup>/día/m<sup>2</sup>).

*Carga de sólidos:* Las velocidades de carga de sólidos tiene intervalos entre 20 a 35 lb/día/ft<sup>2</sup> (4 a 7 kg/día/m<sup>2</sup>).

*Recogida de Sólidos:* La recogida de espumas y lodos se lleva a cabo con un barredor horizontal con una velocidad comprendida entre 2 y 4 pies/minuto (0.61 a 1.22 metros/minuto).

**Diseño de Sedimentador de Malla de Alambre:** El Sedimentador de Malla de Alambre tendrá aperturas de 0.25 pulgadas (0.00635 metros) en la malla y se monta paralela a la superficie del agua. La velocidad de aproximación se reduce por el tratamiento del agua al pasar por los tamices. Los datos técnicos se presentan a continuación:

1. *Entrada:* Caudal de entrada aproximado de 13.46 a 26.91 gal/min (73.75 a 146.25 m<sup>3</sup>/día). Esta situación permite detener el proceso de llenado de las piscinas para proceder a la limpieza cuando se observe demasiada suciedad.

2. *Zona de sedimentación:* deflector para reducir los efectos del viento, así como

para controlar las velocidades en esta parte del sedimentador. Las dimensiones de la piscina de oxidación son:

Parámetro	Valor Típico	Notas
Profundidad	1.48 m	Cociente anchura-profundidad 2.25:1
Longitud	10 m	Cociente longitud-anchura 3:1
Anchura	3.33 m	Cociente anchura-profundidad 2.25:1
Capacidad	49.38 m <sup>3</sup>	13046.20 Galones

*Diseño de Entrada:* La distancia entre la entrada y la salida del tanque es de 10m, las velocidades en estas oscilan entre 0.08 a 0.16 m/s. Los deflectores se instalan a 1m delante de las entradas a una profundidad de 0.6m, con la parte superior del deflector a 5 cm de la superficie del agua.

3. *Zona de lodos:* La profundidad del tanque de sedimentación es de 1.48m con tiempos de detención entre 2 y 4 horas en función de las características de los sólidos presentes en la suspensión y de la eficacia deseada de separación.

4. *Salida:* El vertedero en V emplea deflectores para evitar el rebose de sólidos flotantes, instalados a 1m antes de las salidas a una profundidad de 0.6m, con la parte superior del deflector a 5 cm de la superficie del agua. Las espumas flotantes se retiran por medios mecánicos, como el retiro momentáneo de la malla mientras se está llenando la piscina. La velocidad de carga del vertedero, oscila entre 10000 y 15000 gpd/ft (125 a 185 m<sup>3</sup>/día/m), y los parámetros de dimensiones son:

Parámetro	Valor Típico
Profundidad	0.44 m
Longitud	3.00 m
Anchura	1.00 m
Capacidad	1.33 m <sup>3</sup> = 351.39 galones

*Velocidad de Reboce:* La velocidad de sedimentación de una partícula o suspensión a retirar, para este caso en particular es de 800 – 1000 gpd/ft<sup>2</sup> (33 – 41 m<sup>3</sup>/día/m<sup>2</sup>), el rango de velocidad de reboce está entre 200 – 4000 gpd/ft<sup>2</sup> (8 – 163 m<sup>3</sup>/día/m<sup>2</sup>).

*Carga de sólidos:* Las velocidades de carga de sólidos tiene intervalos entre 20 a 35 lb/día/ft<sup>2</sup> (4 a 7 kg/día/m<sup>2</sup>).

*Recogida de Sólidos:* La recogida de espumas y lodos se lleva a cabo retirando la malla durante los periodos de limpieza.

**Diseño de Colector de Sólidos:** Los datos de construcción del colector son:

<b>Parámetro</b>	<b>Valor Típico</b>
Profundidad	0.44 m
Longitud	3.00 m
Anchura	1.00 m
<b>Capacidad</b>	1.33 m <sup>3</sup> = 351.39 galones

Una línea se dirige del fondo del contenedor hacia la piscina de oxidación para tratar el agua que acumulan los lodos y permite secarlos para ser retirados y dispuestos hacia rellenos sanitarios o recuperar una porción del mercurio.

#### **4.4.4 Medida y Evaluación**

Las medidas de monitoreo permiten asegurar a los involucrados en el proyecto conocer el desempeño de las instalaciones y el grado de beneficio que se genera. Periódicamente se tomarán muestras del agua al ingreso del agua a la piscina de oxidación para conocer el grado de contaminación que tiene el agua procedente de las Plantas de Beneficio. También se muestrean los lodos para conocer en que condiciones se envían al relleno sanitario. Finalmente se analizarán las aguas vertidas hacia el río para conocer la calidad que se entrega una vez tratada en el sistema.

Cantidades de Cloro y Sosa Cáustica deben monitorearse para regularlas acorde a las cantidades de agua a tratarse y no se conviertan en un aspecto ambiental negativo para el personal que labora en la empresa. Otro elemento a monitorear es la presencia de lluvias que pueden afectar el caudal a tratar por lo cual se deben diseñar estructuras que protejan las piscinas y contenedores de las lluvias y prevengan el rebose del agua a ser tratada al igual que los lodos.

#### 4.4.5 Revisión y mejora de gestión

Los continuos Monitoreos y la presentación periódica de los resultados del sistema deben permitir tomar medidas que confirmen a las empresas participantes la necesidad de mejorar sus métodos de trabajo y recuperar los sólidos contaminantes en la fuente generadora evitando que pasen al sistema de tratamiento.

La presentación de reportes de las toneladas tratadas en las Plantas de Beneficio permiten identificar a la empresa que mas probabilidades tiene de contaminar el agua.

Este conocimiento puede llevar a cobrar el servicio de tratamiento a las Plantas de Beneficio que hacen uso del sistema, pagando una tasa en base a la cantidad de toneladas que procesan relacionadas con los galones de agua tratadas.

Para motivar el interés de las empresas en el Control Ambiental, se pueden ofrecer disminuciones en el pago si la Planta de Beneficio demuestra cambios en sus métodos de trabajo que disminuyan el impacto ambiental.

#### 4.4.6 Evaluación de Riesgos Laborales

Los riesgos inherentes de las plantas de tratamiento de agua, tienen relación con riesgos químicos debido al uso de cloro y sosa cáustica, además de riesgos biológicos relacionados con la descomposición de lodos, olores desagradables y el ambiente propicio para la generación de mosquitos.

Las medidas de prevención para evitar daños a la salud de los empleados se presentan a continuación incluyendo la normativa legal nacional que sustenta la acción principalmente la establecida en el Decreto 2393 - REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO:

Cuadro n° 19: Medidas Preventivas para Trabajos en la Planta de Tratamiento

Agente de Peligro	Operación	Situación no Deseada	Medida preventiva	Legislación Nacional
Cloro	Almacenaje	Derrame de Cloro de contenedores	<ul style="list-style-type: none"><li>- Señalización de área de almacenamiento; mangueras de agua para aplicar rocío; cerrar acceso a alcantarillas;</li><li>- Equipo de aire autónomo de presión positiva; Impermeables de PVC y guantes;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Tit. II, Cap. 5, Art. 65, Num. 1</li><li>- Tit. II, Cap. 5, Art. 63, Num. 3</li></ul>

	Adición en piscina	Derrame de Cloro durante la adición	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mascarilla para vapores; Delantal de PVC y guantes; Careta simple;</li> <li>- Mangueras de agua para aplicar rocío; cerrar acceso a alcantarillas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tit. II, Cap. 5, Art. 65, Num. 6</li> <li>- Tit. II, Cap. 5, Art. 63, Num. 3</li> </ul>
Sosa Cáustica	Almacenaje	Derrame de Sosa Cáustica de contenedores	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Señalización de área de almacenamiento; cerrar acceso a alcantarillas; disponer de tierra seca o arena para recogerlo</li> <li>- Equipo de aire autónomo de presión positiva; Impermeables de PVC y guantes;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tit. II, Cap. 5, Art. 63, Num. 3</li> <li>- Tit. II, Cap. 5, Art. 63, Num. 3</li> </ul>
	Adición en piscina	Derrame de Sosa Cáustica durante la adición	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mascarilla para vapores; Delantal de PVC y guantes; Careta simple;</li> <li>- Lavado y desinfección de uniformes</li> <li>- Cambio periódico de equipos deteriorados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tit. II, Cap. 5, Art. 65, Num. 6</li> <li>- Tit. II, Cap. 5, Art. 63, Num. 5</li> </ul>
Descomposición de lodos	Limpieza de piscina de lodos	Inhalación de Gases; Contacto con piel y boca; Salpicadura a los ojos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mascarilla para vapores orgánicos; Delantal de PVC y guantes de neopreno; Careta simple;</li> <li>- Lavado y desinfección de uniformes</li> <li>- Cambio periódico de equipos deteriorados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tit. II, Cap. 5, Art. 65, Num. 6</li> <li>- Tit. II, Cap. 5, Art. 63, Num. 5</li> </ul>
Olores desagradables	Remoción de lodos y limpieza de piscina	Inhalación de Gases; Contacto con piel y boca; Salpicadura a los ojos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mascarilla para vapores orgánicos; Delantal de PVC y guantes de neopreno; Careta simple;</li> <li>- Lavado y desinfección de uniformes</li> <li>- Cambio periódico de equipos deteriorados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tit. II, Cap. 5, Art. 65, Num. 6</li> <li>- Tit. II, Cap. 5, Art. 63, Num. 5</li> </ul>
Mosquitos	Acceso a piscinas	Picaduras de mosquito y desarrollo de enfermedades tropicales (dengue, paludismo, malaria)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En el invierno, rotar el agua lo mayor posible logrando que las larvas sean trasladadas al río y permanezcan poco tiempo en la piscina; revisión periódica de salubridad a los empleados; aplicar fumigaciones en las oficinas y áreas comunes evitando contaminar el agua que se enviará al río</li> <li>- Sombrero con mosquitero para cubrir la cara, Mascarilla para vapores orgánicos; Delantal de PVC y guantes de neopreno;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tit. II, Cap. 5, Art. 66, Num. 3</li> <li>- Tit. II, Cap. 5, Art. 65, Num. 6</li> </ul>

## CAPÍTULO 5

### EVALUACIÓN ECONÓMICA

#### 5.1 Costo de la Propuesta

Los valores que forman parte de este proyecto, incluyen:

- Formación y capacitación de involucrados en el proyecto en temas de: Sensibilización, Capacitación, Asistencia Técnica en planta, Fortalecimiento Institucional y Promoción.
- Sistema de Alcantarillado
- Construcción de Torre de Tamizado
- Construcción de Piscinas de Oxidación y Sedimentación
- Contratación de Personal
- Formación y capacitación en Seguridad e Higiene

Como proyecto dirigido por autoridades del gobierno local, se deben licitar públicamente los proyectos para favorecer la imparcialidad y transparencia en el uso de los recursos. Se establecerá un presupuesto para cada obra requerida en el proyecto y las condiciones de diseño requeridas. La empresa participante en el proceso de licitación, revisará la información del proyecto y tomará su decisión de ofertar. La secuencia de inversiones,

**1. Formación y Capacitación de Involucrados:** Se considera involucrar a las Autoridades de Portovelo, Propietarios de Plantas de Beneficio y Representantes de las Poblaciones cercanas al Río Amarillo. Se requiere participar en el proyecto del Centro Ecuatoriano de Producción más Limpia CEPL aceptando la promoción de procesos de producción más limpia y que subsidie la capacitación en temas de Sensibilización, Capacitación, Asistencia Técnica en planta, Fortalecimiento Institucional y Promoción. Se establece un presupuesto de USD \$5,000.00 para este elemento del proyecto con la intención de pagar los servicios de:

- Capacitadores

- Técnicos Asesores
- Traslados y recepción

**2. Sistema de Alcantarillado:** La construcción del Sistema de Alcantarillado se lleva como un proyecto separado debido a que se requieren otras consideraciones técnicas que extenderían el tiempo de elaboración de esta tesis y requerirían la participación de otras disciplinas académicas. El costo estimado del proyecto es de USD \$100,000.00

**3. Costo de Torre de Tamizado:** El Costo de la construcción de la torre de tamizado se estima en USD \$15,000.00

**4. Diseño de Piscina de Oxidación:** El presupuesto para esta estructura debe incluir el valor y las cantidades necesarias de Cloro y Sosa Cáustica, los cuales deben aplicarse según las necesidades que establezcan los laboratoristas. El costo de la estructura se estima en USD \$25,000.00 y el presupuesto para productos químicos se establece en USD \$1,000.00 anuales.

**5. Diseño de Sedimentador de Malla de Alambre:** El presupuesto para esta estructura se estima en USD \$25,000.00.

**6. Diseño de Colector de Sólidos:** El costo de la estructura se estima en USD \$3,000.00.

**7. Contratación de Personal:** El número de personal estable que se necesita para la operación de la planta, se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro nº 20: Costo de Personal de la Planta de Tratamiento

Cargo	Sueldo Mensual(USD)	13 1/12	14 1/12	Vacaciones 1/24	Aporte IESS 11.15%	Aporte IECE 0.5%	Aporte CNCF 0.5%	Fondo de Reserva 1/12	Costo Real
Gerente de Operaciones	500	\$41.67	\$41.67	\$20.83	\$55.75	\$2.50	\$2.50	\$706.58	\$1,371.50
Supervisor de Mantenimiento	300	\$25.00	\$25.00	\$12.50	\$33.45	\$1.50	\$1.50	\$423.95	\$822.90
Supervisor de Operaciones	300	\$25.00	\$25.00	\$12.50	\$33.45	\$1.50	\$1.50	\$423.95	\$822.90
Supervisor de Seguridad	300	\$25.00	\$25.00	\$12.50	\$33.45	\$1.50	\$1.50	\$423.95	\$822.90

Higiene y Control Ambiental										
Operadores de Columna de Tamizado	250	\$20.83	\$20.83	\$10.42	\$27.88	\$1.25	\$1.25	\$353.29	\$685.75	
Operadores de Pisc. De Oxidación	250	\$20.83	\$20.83	\$10.42	\$27.88	\$1.25	\$1.25	\$353.29	\$685.75	
Operadores de Pisc. De Sedimentación	250	\$20.83	\$20.83	\$10.42	\$27.88	\$1.25	\$1.25	\$353.29	\$685.75	
Mantenimiento electro-mecánico	250	\$20.83	\$20.83	\$10.42	\$27.88	\$1.25	\$1.25	\$353.29	\$685.75	
Laboratoristas	340	\$28.33	\$28.33	\$14.17	\$37.91	\$1.70	\$1.70	\$480.48	\$932.62	
Limpieza de instalaciones	200	\$16.67	\$16.67	\$8.33	\$22.30	\$1.00	\$1.00	\$282.63	\$548.60	
<b>Total mensual</b>									\$8,064.42	
<b>Total anual</b>									\$96,773.04	

En base al valor total de sueldos mensuales, el sueldo anual es de USD \$96,773.04.

**8. Formación y Capacitación en Seguridad e Higiene:** Los cursos necesarios para formar al personal en términos de la Seguridad e Higiene Ambiental, son ofrecidos por la empresa verificadora Societe Generale de Surveillance – SGS y son los siguientes:

Cuadro n° 21: Costo de Formación y Capacitación en Seguridad e Higiene

<b>Curso</b>	<b>Costo (USD)</b>	<b>Asistentes</b>	<b>Subtotal</b>
Seguridad Industrial y Evaluación de Riesgos	400	2	800
Interpretación y Auditor de Sistemas Integrados	400	2	800
Introducción OHSAS 18001	300	5	1500
Legislación Ambiental, Laboral y Seguridad Industrial en la gestión de las empresas	400	2	800
Auditor Interno OHSAS 18001	400	1	400
Seguridad Industrial Enfocada al Control de Pérdidas	350	2	700
<b>TOTAL</b>			<b>5000</b>

De necesitarlo, los cursos sugeridos se pueden abrir en modalidad In House si lo requiere la empresa previo acuerdo entre las partes. Con esta formación, se cuenta con personal que pueda capacitar internamente al resto de empleados de la institución y administrar las funciones del Comité de Seguridad e Higiene. En resumen el costo total de la propuesta se presenta a continuación:

<b>Elementos</b>	<b>Costo</b>
1. Formación y Capacitación de Involucrados:	USD \$ 5,000.00
2. Sistema de Alcantarillado:	USD \$100,000.00

3. Costo de Torre de Tamizado:	USD \$ 15,000.00
4. Diseño de Piscina de Oxidación:	
4.1 Estructura	USD \$ 25,000.00
4.2 Productos Químicos	USD \$ 1,000.00
5. Diseño de Sedimentador de Malla de Alambre:	USD \$ 25,000.00
6. Diseño de Colector de Sólidos:	USD \$ 3,000.00
7. Contratación de Personal:	USD \$ 96,773.04
8. Formación y Capacitación en Seguridad e Higiene:	USD \$ 5,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>USD \$270,773.04</b>

## 5.2 Análisis de Costo-Beneficio

El análisis de Costo Beneficio es un cálculo sugerido para proyectos de desarrollo social que beneficien a una comunidad, por lo cual se consideran los costos del Proyecto en relación con los beneficios que se generarán al aplicarlo. Un beneficio del proyecto, se encuentra en la disminución de casos de enfermedades relacionadas con alimentación y consumo de agua como se presentan en el siguiente cuadro en el cual se presenta un valor de referencia para la atención médica y que fue ofrecida por el Director del Área de Salud n° 9:

Cuadro n° 22: Casos anuales a octubre del 2003 de enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada

Causas Enfermedades	Parroquia Portovelo	Costo estimado de atención (USD \$40.00)
Parasitosis	367	14,680.00
Intoxicación Alimentaria	15	600.00
Salmonelosis	6	240.00
Hepatitis Viral	6	240.00
<b>TOTAL</b>		<b>15,760.00</b>

Fuente: Estadísticas Área de Salud n° 9 Ver Cuadro n° 7  
Elaborado por: Washington Kocher

El valor de la propuesta (USD \$270,773.04) y el valor de atención a los casos de enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada (USD \$15,760.00) se utilizan para determinar la relación costo/beneficio, se obtiene el siguiente resultado:

$$\text{Relación C/B} = \frac{\text{Costo}}{\text{Beneficio}} = \frac{270773.04}{15760.00} = 17.18$$

Beneficio 15760.00

**La interpretación de el resultado de la relación es que:**

- \* si  $C/B > 1$  el proyecto es factible
- \* si  $C/B = 1$  el proyecto rendirá la rentabilidad esperada
- \* si  $C/B < 1$  el proyecto no es factible

En el caso de esta propuesta un resultado de 17.18 representa un proyecto factible de realizarse.

### **5.3 Factibilidad y Sostenibilidad**

#### **5.3.1 Factibilidad**

**El costo mensual del Sistema presentado en el capítulo 3, suma USD \$7,979.78 que anualmente representarían USD \$ 95,757.36 sin tomar en cuenta los costos intangibles como son la mala imagen de las autoridades, daño a la salud de la población y la pérdida de fuentes de agua son elementos que justifican la inversión en un proyecto de esta magnitud.**

**La inversión propuesta permitirá a la población de Portovelo disminuir los índices de enfermedades relacionadas con la alimentación, generará una nueva fuente de trabajo y mantendrá la producción de las Plantas de Beneficio en niveles controlados de contaminación.**

**La relación de las autoridades con la población a la que se deben, mejorará al demostrar que se asegura la calidad del agua del río y aumentará la autoestima de los pobladores.**

La factibilidad de obtener financiamiento del proyecto es posible debido al interés que tienen las naciones del primer mundo en apoyar proyectos que mejoren las condiciones de vida de los habitantes del tercer mundo y se generen puestos de trabajo con producción limpia. Igualmente este tipo de

### 5.3.2 Sostenibilidad

La actividad minera, se ha mantenido por varios años y se considera que se mantendrá varios años más. Se considera entonces que los métodos de producción se mantendrán invariables y se requerirá una unidad de tratamiento de agua que permita eliminar elementos contaminantes antes de ser enviada al río.

De desarrollarse el proyecto, este se mantendrá en funcionamiento mientras dure la explotación minera en el sector y si esta llega a decaer todavía puede modificarse para iniciar un proceso de tratamiento tomando agua contaminada del río y tratarla para disminuir su contaminación.

### 5.4 Cronograma de Implementación

Las obras y acciones necesarias para llevar a cabo el proyecto se presentan a continuación indicando la duración de cada actividad y seguidamente la relación entre ellas se presentan en un Diagrama de Gantt:

Cuadro n° 23: Actividades del Proyecto

<b>Actividad</b>	<b>Duración</b>
Contacto con Involucrados en el Proceso	4 semanas
Contacto con instituciones potenciales que financien el proyecto	4 semanas
Llamamiento a Oferta de servicios	2 semanas
Selección de proveedores y servicios	1 semana
1. Formación y Capacitación de Involucrados:	3 semanas
2. Sistema de Alcantarillado:	24 semanas
3. Costo de Torre de Tamizado:	8 semanas
4. Diseño de Piscina de Oxidación:	12 semanas
5. Diseño de Sedimentador de Malla de Alambre:	12 semanas
6. Diseño de Colector de Sólidos:	8 semanas
7. Contratación de Personal:	4 semanas
8. Formación y Capacitación en Seguridad e Higiene:	12 semanas

## **CAPÍTULO 6**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

Como conclusiones de esta tesis se establece que

1. El proyecto de una planta de Tratamiento de Aguas permite eliminar a uno de los elementos generadores de contaminación a un nivel intermedio (Afluentes de Plantas de Beneficio),
2. La Planta de Tratamiento disminuirá la cantidad de contaminantes presentes en el río y en los desechos sólidos provenientes del tratamiento
3. Se recupera el mercurio para comercializarse a las Plantas de Tratamiento, generando ingresos para la empresa.
4. El cobro de servicio para las Plantas de Beneficio, será a través de una tasa por cada galón de agua tratada que se cobrará a partes iguales entre todas las Plantas conectadas al servicio.
5. La Inversión requerida para implementar el proyecto se obtendrá de instituciones como el Banco Interamericano de Desarrollo, Naciones Unidas o entidades interesadas en el mejoramiento del medio ambiente.
6. La capacitación inicial es necesaria para “vender” la idea y concienciar a cada involucrado en el proyecto, se aprovecha la oportunidad de que todos expongan sus apreciaciones y conozcan su responsabilidad tanto en el problema como en la solución.

#### **5.2 Recomendaciones**

- 1.1 La prevención de impactos ambientales propone actuar desde la fuente de contaminación, mejorando los métodos de trabajo aplicados en las Plantas de Beneficio

1.2 Se normalizan las actividades que realizan los usuarios de las Plantas en los casos cuando se rentan las instalaciones para operar con personal ajeno a la planta.

2.1 Se deben realizar proyectos complementarios a la Planta de Tratamiento como el diseño de rellenos sanitarios de manera técnica.

2.2 El relleno recibiría los desechos sólidos provenientes de la Planta de Tratamiento y serían tratados para evitar que contaminen el suelo.

3.1 Se deben analizar los desechos de la planta de tratamiento para establecer si pueden ser utilizados como fertilizante y se presenta otro tipo de ingreso para el proyecto.

3.2 Se deben inventariar los elementos químicos utilizados por las Plantas de Beneficio y considerar su presencia en el agua a ser tratada, modificando las operaciones y haciéndolas más eficientes.

4.1 El cobro de la tasa del servicio bien puede disminuir si las Plantas de Beneficio ofrecen cambios en sus métodos de producción.

4.2 Otra alternativa para disminuir el costo del servicio, es el hecho de disminuir el impuesto de las Plantas de Beneficio si invierten en mejoras propias a la administración de Impactos Ambientales.

5.1 En la Gestión de Recursos se requiere destacar el objetivo del proyecto a los potenciales prestamistas, para lograr obtener recursos económicos que permitan completar el proyecto.

5.2 La vigilancia de las fechas de duración y el buen uso de los recursos, asegurará a los prestamistas que no se malversan sus recursos.

5.3 Se puede considerar el desarrollo de un proyecto complementario para recuperar el Río Amarillo procediendo a tratar el agua y diseñando Botaderos de Basura alejados de Fuentes de Agua o programas de Clasificación y Reciclaje de basura que involucre a la población contaminante.

6.1 Las Plantas de Beneficio bien pueden aprovechar la capacitación y la asistencia técnica de manera que ayude a mejorar sus métodos de trabajo.

6.2 También se debe realizar la capacitación en temas de Seguridad e Higiene Industrial para proteger tanto a empleados de Plantas de Beneficio y de Tratamiento de Aguas.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**CIMA – Compañía Industrial Minera:** Empresa de capital Nacional y Norteamericano operadora de campamentos mineros en Portovelo en los años 50 a 70.

**DBO<sub>5</sub> – Demanda Biológica de Oxígeno en cinco días:** Cantidad de oxígeno que consumen los microorganismos (sobre todo bacterias) y las reacciones químicas para la biodegradación de materia orgánica en un periodo específico de tiempo (cinco días)

**DQO - Demanda Química de Oxígeno:** Medida indirecta de la cantidad de oxígeno usado por la materia orgánica e inorgánica del agua. La medida es un ensayo de laboratorio que emplea un oxidante fuerte y que por lo tanto no se correlaciona directamente con la demanda biológica de oxígeno.

**Electrolítico:** Método de descomposición de la materia mediante una corriente eléctrica externa

**Enfermedades de Autoinmunidad:** Escleroderma, lupus sistémico crítematoso y artritis reumática

**Lixiviantes Químicos:** Cianuro sódico alcalino, vapor de mercurio

**Neumoconiosis:** Pneumoconiosos

**Niebla Ácida:** Gotas muy finas de ácido suspendidas en un gas hasta el extremo que se evita la sedimentación por gravedad.

**OIT – Organización Internacional del Trabajo:** Organismo encargado de vigilar el bienestar de los trabajadores alrededor del mundo realizando estudios que permitan ofrecer sugerencias que mejoren las operaciones y sistemas de trabajo sin afectar de manera negativa a los trabajadores.

**pH Potencial de Hidrógeno:** Número empleado para la expresión de la acidez de una solución. Matemáticamente pH es el logaritmo decimal del inverso de la

concentración de iones de hidrógeno. El intervalo de pH es de 0 a 14 un valor menor de 7 indica una solución ácida, 7 es neutro y un valor mayor que 7 indica una solución alcalina.

**Planta de Beneficio:** Instalación en la cual se realizan las operaciones que permiten separar el mineral precioso (oro, plata) de otros elementos de menor valor aplicando tratamientos mecánicos y químicos.

**Pneumoconiosos:**

**PRODEMINCA - Proyecto de Desarrollo Minero y Control Ambiental:** El Ministerio de Energía y Minas del Ecuador, a través del Proyecto de Desarrollo Minero y Control Ambiental ejecutado entre 1996 y 2001 con financiamiento del Banco Mundial, realizó el diagnóstico de la problemática integral de la cuenca del Río Puyango, en cuya parte alta, está comprendido el distrito minero de Zaruma Portovelo. Este estudio se resumió en un PROGRAMA PROPUESTO DE ZONIFICACIÓN Y REHABILITACIÓN DEL SUELO.

**Radiación Ionizante:**

**SADCO – South American Development Company:** Empresa transnacional Norteamericana operadora de campamentos mineros en Portovelo en los años 40.

## BIBLIOGRAFÍA

- Baca Urbina Gabriel, Evaluación de Proyectos - 3ra edición, Mc Graw Hill, Colombia, 1997
- Chase Aquilano Jacobs; Administración de Producción y Operaciones; McGraw Hill; Colombia; 2000
- Corbitt; Manual de Referencia de la Ingeniería Ambiental; Mc Graw Hill; Madrid, España; 2003
- De la Sota, López; Prevención de Riesgos Laborales; Thompsom-Paraninfo; Madrid, España; 2003
- Facultad de Ing. Industrial; Folleto de Seminario de Gestión de la Calidad; Univ. Santiago de Guayaquil; Guayaquil-Ecuador; 2003
- INEN; Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 266:2000. Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos Peligrosos, Requisitos; - - -; Quito, Ecuador; - - -
- Ministerio del Ambiente; Ley de Gestión Ambiental- Texto Unificado de Legislación Secundaria, Ley No. 37. RO/ 245; - - -; Quito, Ecuador; 30 de Julio de 1999
- Ministerio del Ambiente; Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, Ley No. 74. RO/ 64; - - -; Quito, Ecuador; 24 de Agosto de 1981
- Ministerio del Ambiente, Secretaría Técnica de gestión de Productos Químicos Peligrosos; Guía de respuesta a emergencias con materiales peligrosos; - - -; Ecuador; 2002
- Ministerio de Energía y Minas; Ley de Minería, Reglamento de Seguridad Minera, Decreto Ejecutivo No. 3934. RO/ 999; - - -; Quito, Ecuador; 30 de Julio de 1996.
- Rosaler, Rice; Manual de Mantenimiento Industrial Tomo IV; Mc Graw Hill; México D.F.; 1987
- OIT, Oficina Internacional del Trabajo; Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo, 4ta edición; Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Subdirección General de Publicaciones; Madrid, España; 1998

