



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN COHORTE**

**2014**

**ESTUDIO DE TESIS DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO  
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN GESTIÓN DE LA  
PRODUCCIÓN**

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN MODELO INNOVADOR DE  
SIMBIOSIS INDUSTRIAL PARA UN PROYECTO ESTRATÉGICO DEL  
SECTOR MINERO, EN LA FASE DE BENEFICIO DEL MINERAL EN EL  
DISTRITO ZARUMA-PORTOVELO”**

**AUTOR: ROBERTO MOISÉS LOGROÑO GUARDERAS**

**TUTOR: ING. MSC. KARINA PAOLA MARÍN QUEVEDO**

**LATACUNGA– ECUADOR**

**MAYO 2017**

## **AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO**

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe del Proyecto de Investigación y Desarrollo de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el posgraduado: Roberto Moises Logroño Guarderas, con el título del trabajo de investigación y desarrollo titulado: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN MODELO INNOVADOR DE SIMBIOSIS INDUSTRIAL PARA UN PROYECTO ESTRATÉGICO DEL SECTOR MINERO, EN LA FASE DE BENEFICIO DEL MINERAL EN EL DISTRITO ZARUMA-PORTOVELO, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga mayo 30, 2017.

Para constancia firman:

MSc. ROBERTO HERRERA ALBARRACIN  
cc 0502310253  
PRESIDENTE

MSc. CRISTIAN JIMENEZ JACOME  
cc 0501946263  
MIEMBRO

PhD. JUAN JOSE LA CALLE DOMINGUEZ  
cc AAC927737  
MIEMBRO

MSc. DAVID CARRERA MOLINA  
cc 0502663180  
OPONENTE

## **CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutora del programa de Maestría en Gestión de la Producción nombrado por el Consejo de Posgrado de la Universidad Técnica de Cotopaxi

### **CERTIFICO:**

Que: analizado el Estudio de Tesis, presentado como requisito previo a la aprobación y desarrollo de la investigación para optar por el grado de Magister en Gestión de la Producción.

El problema de la investigación se refiere a: “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN MODELO INNOVADOR DE SIMBIOSIS INDUSTRIAL PARA UN PROYECTO ESTRATÉGICO DEL SECTOR MINERO, EN LA FASE DE BENEFICIO DEL MINERAL EN EL DISTRITO ZARUMA-PORTOVELO”

Presentado Por: Ing. Roberto Moises Logroño Guarderas

Sugiero su aprobación y permita continuar con el trabajo de investigación.

Latacunga, 05 de junio de 2017

Ing. MSc. Karina Paola Marín Quevedo

**Tutora**

## **RESPONSABILIDAD DEL AUTOR**

Yo, Roberto Moises Logroño Guarderas, manifiesto que los resultados obtenidos en la presente investigación, previo a la obtención del título de **MAGISTER EN GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN**, son absolutamente originales, auténticos, personales y de exclusiva responsabilidad del autor.

Latacunga, 30de abril del 2017

Roberto Logroño

C.C: 1717189953

**AUTOR**

## **AGRADECIMIENTO**

Por la ayuda y dedicación con la que brindaron su apoyo encaminado a la consecución de los objetivos del presente trabajo.

Agradezco a la Dirección de Posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi, a todos los docentes del Programa de Maestría en Gestión de la Producción, a la Ing. Karina Marín como tutora del presente trabajo; quienes me dieron las guías metodológicas para la elaboración de presente trabajo y programa de maestría.

Agradezco a todos mis compañeros y amigos, con quienes compartí dos años en las aulas y fuera de ellas.

*Roberto Logroño*

## DEDICATORIA

### *A Dios por todas las bendiciones brindadas.*

A mi esposa Lorena por todo el apoyo brindado en el cumplimiento de todos mis objetivos, el amor que me das es la energía diaria que me incentiva a crecer como profesional y ser humano. A mi adorado hijo Joaquín quien me presto el tiempo que le pertenecía para alcanzar mis metas. A mi esperado Julián quien es la razón para desvelarme en las noches y cumplir con este propósito antes de su nacimiento.

A mis padres, Moises y Mery quienes me enseñaron que la perseverancia logra grandes éxitos.

A mis hermanas por incentivar me a culminar mis metas.

## ÍNDICE GENERAL

<b>LISTA DE CUADROS .....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS .....</b>	<b>X</b>
<b>SIGLAS Y ABREVIATURAS .....</b>	<b>XII</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XIII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XV</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. SITUACIÓN PROBLÉMICA .....</b>	<b>2</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>4. OBJETO Y PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>4</b>
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
<b>5. CAMPO DE ACCIÓN Y OBJETIVO GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>6</b>
Objetivo general.....	7
Objetivos específicos.....	7
<b>6. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>7. SISTEMA DE OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>7</b>
<b>8. ESTABLECER MÉTODOS, TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>9. VISIÓN EPISTEMOLÓGICA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>10. ESTRUCTURA DE LOS CAPÍTULOS DE LA INVESTIGACIÓN ..</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>13</b>
<b>1. MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
1.1. Caracterización detallada del objeto .....	13
1.1.1. Producción minera .....	16
1.1.2. La minería y sus fases .....	18
1.1.2.1 Prospección .....	19
1.1.2.2 Exploración .....	20
1.1.2.3 Explotación .....	21
1.1.2.4 Beneficio del mineral .....	21
1.1.2.5 Molienda, concentración y refinamiento.....	23
1.1.2.6 Cierre de mina.....	24
1.2. Marco teórico de la investigación .....	25
1.2.1. Impacto ambiental de la industria minera .....	25
1.2.2. Ecología Industrial .....	26
1.2.2.1. Aplicación de la ecología industrial en la actividad de un grupo empresarial .....	28
1.2.2.2. La cooperación entre empresas para mejorar el uso de recursos ....	29
1.2.2.3. La simbiosis industrial a escala regional.....	30
1.2.2.4. La simbiosis industrial a escala nacional .....	31
1.2.2.5. Los biosistemas integrados .....	32
1.2.3. Simbiosis Industrial.....	33
1.2.4. Producción más limpia.....	36
1.2.5. Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	37

1.2.6. Matriz productiva y energética.....	38
1.2.7. Sectores Estratégicos.....	38
1.3. Fundamentación de la investigación .....	40
1.4. Determinación de variables.....	41
1.4.1. Operacionalización de variables .....	43
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>45</b>
<b>2. METODOLOGÍA Y ESTRUCTURACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO .....</b>	<b>45</b>
2.1. Paradigma o enfoque epistemológico .....	45
2.2. Modalidades básicas de investigación. ....	45
2.3. Población y muestra .....	46
2.4. Técnicas para la obtención de información.....	46
2.5. Procedimientos de la investigación.....	46
2.6. Procedimiento para validar los datos .....	47
2.7. Procedimiento para procesamiento y análisis .....	47
2.8. El plan de análisis e interpretación de resultados.....	47
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>48</b>
<b>3. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>48</b>
3.1. Descripción general del sector de estudio .....	48
3.1.1. Ubicación .....	48
3.1.2. Actividades económicas.....	48
3.1.3. Geomorfología .....	49
3.2. Descripción de la fase de beneficio en el sector de estudio .....	49
3.3. Almacenamiento de productos y secuencia de procesos.....	53
3.4. Residuos mineros .....	54
3.4.1. Residuos líquidos .....	56
3.4.2. Residuos sólidos.....	57
3.4.3. Residuos por gases .....	59
3.5. Gestión de desechos y control ambiental .....	59
3.5.1. Desechos generados en una producción minera.....	59
3.5.2. Proceso de gestión de desechos.....	60
3.6. Impacto, control ambiental y medidas de prevención.....	60
3.6.1. Consideraciones generales .....	60
3.6.2. Impacto en el suelo y agua .....	62
3.6.3. Impactos en el aire .....	64
3.6.4. Impactos en la fauna y flora .....	65
3.6.5. Lista de Chequeo.....	65
3.6.5.1. Resultados .....	67
3.7. Formas de vertidos de relaves .....	70
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>71</b>
<b>4. PROPUESTA .....</b>	<b>71</b>
4.1. Título .....	71
4.2. Datos informativos .....	71
4.3. Destinatarios o beneficiarios .....	71
4.4. Justificación .....	71



4.5.	Introducción .....	72
4.6.	Objetivo general .....	72
4.7.	Estructura de la propuesta .....	72
4.8.	Desarrollo de la propuesta.....	73
4.8.1.	Manejo de Minerales y Productos.....	73
4.8.1.1	Medidas Generales .....	73
4.8.1.2	Medidas Específicas.....	74
4.8.2.	Disposición de Material Estéril de Mina.....	74
4.8.3.	Disposición de Relaves .....	75
4.8.3.1	General .....	75
4.8.3.2	Ubicación de un Depósito de Relaves.....	76
4.8.3.3	Depósito de Relaves con Crecimiento del Muro Aguas Abajo... 76	
4.8.3.4	Forma de Operar el Depósito .....	77
4.8.3.5	Depósito de Relaves con crecimiento del eje Central .....	78
4.8.4.	Opciones de Ecología Industrial primer nivel de aplicación .....	78
4.8.4.1	Producción más limpia.....	79
4.8.4.2	Pilas de Lixiviación.....	81
4.8.4.3	Buenas Prácticas Ambientales .....	83
4.8.4.4	Carbón Activado .....	84
4.8.4.5	Plan Cero Mercurio.....	88
4.9.	Programa .....	89
4.9.1.	Características básicas.....	89
4.9.2.	Modelo básico del contenido de cartillas para capacitadores .....	90
<b>CAPÍTULO V.....</b>		<b>96</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>96</b>
5.1.	CONCLUSIONES .....	96
5.2.	RECOMENDACIONES .....	97
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>99</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>99</b>
<b>CAPÍTULO VII.....</b>		<b>101</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>		<b>101</b>
7.1.	ANEXOS A.....	101
7.1.1.	Acuerdo Ministerial 097-A Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria, Publicado en Registro Oficial Edición Especial N° 387 del Miércoles 4 de noviembre de 2015 .....	101
7.1.2.	Lista de Chequeo – Matriz de Impactos Ambientales .....	106
7.2.	ANEXO B .....	108
7.2.1.	Anexo B-1. Carta Topográfica: Zaruma - Portovelo .....	108
7.2.2.	ANEXO B-2. MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	109
7.2.3.	ANEXO B-3. CATASTRO MINERO ZARUMA PORTOVELO... 110	
7.3.	ANEXOS C Registro Fotográfico.....	111
7.4.	Anexo D-1. Glosario .....	112

## LISTA DE CUADROS

CUADRO	PÁG.
Cuadro 1. Sistema de tareas por objetivos específicos _____	8
Cuadro 2. Producción de oro en Portovelo _____	17
Cuadro 3. Pasivos ambientales de la producción de oro _____	18
Cuadro 4. Producción minera anual productos principales en Ecuador 2005-2014.40	40
Cuadro 5. Matriz de Variables _____	43
Cuadro 6. Plantas de Beneficio Distrito minero Portovelo- Zaruma. _____	50
Cuadro 7. Parámetros monitoreados _____	55
Cuadro 8. Los resultados de estos análisis parámetros monitoreados. _____	56
Cuadro 9. Esquema de desarrollo del programa _____	90

## LISTA DE GRÁFICOS

### GRÁFICO

### PÁG.

Gráfico 1. División política y ubicación del cantón Portovelo _____	15
Gráfico 2. Concesiones mineras en el cantón Portovelo _____	16
Gráfico 3. Proceso Productivo Minería Metálica _____	19
Gráfico 4. Diagrama de flujo de una Planta de Beneficio de Oro _____	23
Gráfico 5. Vista panorámica de la planta industrial de Kalundborg-Dinamarca. _	27
Gráfico 6. Redes de Ecología Industrial Municipio de Kalumborg _____	28
Gráfico 7. Grupo Guitang Ciudad de Guigang - Región Autónoma de Guangxi, China	28
Gráfico 8. Simbiosis industrial en la región de Estiria (Austria) _____	30
Gráfico 9. Diagrama de redes de simbiosis industrial en la región de Estiria (Austria)	31
Gráfico 10. Biosistema Integrado De MontfordBoys' Town (Fiji) _____	33
Gráfico 11. Diagrama de redes Biosistema Integrado _____	33
Gráfico 12. Pirámide hacia la sustentabilidad _____	34
Gráfico 13. LOS NIVELES DE LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL – 1° NIVEL _	35
Gráfico 14. LOS NIVELS DE LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL – 2° NIVEL __	35
Gráfico 15. LOS NIVELS DE LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL – 3° NIVEL ___	36
Gráfico 16. Formas de procesamiento del mineral en la minería _____	51
Gráfico 17. Confluencia del río Amarillo (contaminado) con el río Pindo. _____	57

Gráfico 18.	Vertido de residuos líquidos a los ríos Calera y Amarillo (A la izquierda tonalidad marrón del río Calera, a la derecha descargas de cola).	57
Gráfico 19.	Vertido de residuos sólidos: depósito de relaves	58
Gráfico 20.	Vertido de residuos sólidos: depósito de relaves	58
Gráfico 21.	Impactos Ambientales Planta de Beneficio	67
Gráfico 22.	Actividades que causan mayor impacto	68
Gráfico 23.	Componentes Ambientales con mayor impacto ambiental	69
Gráfico 24.	Fases del Sistema de transporte y gestión de relaves	81
Gráfico 25.	Lixiviación	82
Gráfico 26.	Pilas de Lixiviación	83
Gráfico 27.	Cambio del Sistema de Transporte en tolvas	84
Gráfico 28.	Cambio del sistema de separación del material	84
Gráfico 29.	Proceso de Beneficio con Carbón Activado	87

## **SIGLAS Y ABREVIATURAS**

CRETIB	Corrosiva, Reactiva, Explosiva, Tóxica, Inflamable o Biológico-infeccioso
MAE	Ministerio del Ambiente Ecuador
INAHMI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INIGEM	Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico
SIISE	Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador
IGM	Instituto Geográfico Militar



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

**Dirección de Postgrados**  
**Latacunga – Cotopaxi – Ecuador**

**TEMA:** “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN MODELO INNOVADOR DE SIMBIOSIS INDUSTRIAL PARA UN PROYECTO ESTRATÉGICO DEL SECTOR MINERO, EN LA FASE DE BENEFICIO DEL MINERAL EN EL DISTRITO ZARUMA-PORTOVELO”

**Autor:** Ing. Roberto Moises Logroño Guarderas

**Tutor:** Ing. MSc. Karina Paola Marín Quevedo

## RESUMEN

El proyecto de investigación tiene como objetivo determinar un estudio de factibilidad de un modelo innovador de simbiosis industrial para un proyecto estratégico del sector minero, en la fase de beneficio del mineral en el distrito Zaruma-Portovelo. La falta de sustentabilidad del crecimiento económico ha alcanzado impactos ambientales ocasionados por mal manejo de desechos industriales peligrosos en el sector minero. La aplicación de estrategias sostenibles de simbiosis industrial en la fase de beneficio de las empresas mineras artesanales en Portovelo-Zaruma, permitirá mejorar las prácticas productivas, tomando en cuenta que en esta fase se separa el mineral de interés por procesos metalúrgicos, con diferentes técnicas, procedimientos físicos y químicos. Este estudio se desarrolla con base en los conceptos y categorías propios de simbiosis industrial, tomando como objeto de estudio específico el sector minero ecuatoriano, específicamente la región de Portovelo-Zaruma, donde el interés principal será la etapa de beneficio, señalando la importancia que tiene para la misma la aplicación de las estrategias señaladas, a fin de determinar el impacto ambiental de las actividades mineras, y plantear medidas orientadas a mitigarlo. El presente proyecto estratégico será desarrollado en el Distrito Zaruma – Portovelo en la provincia del El Oro considerando las plantas de beneficio y los relaves que generan las mismas, el mismo que empezará con la caracterización de la zona de estudio hasta la elaboración

de un modelo de simbiosis industrial que permita establecer las acciones de prevención y mitigación de la contaminación ambiental generada en la zona.

La falencia más tangible dentro de la producción minera se encuentra focalizada en el tratamiento de los desechos producidos por la misma; ya que no existe un proceso adecuado ni la supervisión necesaria; por lo que se proponen medidas ambientales para realizar una adecuada gestión. Realizar un ordenamiento ambiental minero de todas las plantas de beneficio del Distrito Zaruma Portovelo, con fin de tener un mejor criterio técnico para el tratamiento de relaves, a través de un solo sistema de conducción y disposición final de toda la zona de influencia.

**Palabras claves:** Simbiosis Industrial, Ecología Industrial, Relaves Mineros, Impacto Ambiental, Producción Más Limpia.



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## Dirección de Postgrados

### Latacunga – Cotopaxi – Ecuador

**TEMA:** “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN MODELO INNOVADOR DE SIMBIOSIS INDUSTRIAL PARA UN PROYECTO ESTRATÉGICO DEL SECTOR MINERO, EN LA FASE DE BENEFICIO DEL MINERAL EN EL DISTRITO ZARUMA-PORTOVELO”

**Autor:** Ing. Roberto Moises Logroño Guarderas

**Tutor:** Ing. MSc. Karina Paola Marín Quevedo

#### ABSTRACT

The research project aims to determine a feasibility study of an innovative model of industrial symbiosis for a strategic project of mining sector, as benefit of the mineral in the district of Zaruma-Portovelo. To demonstrate the necessity of applying sustainable strategies for industrial ecology in the phase of benefit of the handmade mining developments in Portovelo - Zaruma, reducing the environmental impact. The absence of sustainability of the economic growth has reached environmental impacts caused by bad handling of dangerous industrial garbage in the mining sector. The application of sustainable strategies of industrial ecology in the phase of benefit of the handmade mining companies in Portovelo-Zaruma will allow reducing the environmental impact, taking into consideration that in this phase the mineral of interest is separated by metallurgical process, with different techniques; physical and chemical procedures. This study will develop with base in the proper concepts and categories of the industrial ecology, taking the Ecuadorian mining sector as an object of specific study, specially the region of Portovelo-Zaruma, where the main interest will be the benefit stage, indicating the importance that has for the same one the application of the special strategies, in order to determine the environmental impact of the mining activities, and to raise measurements faced to mitigate it. The present strategic project will be developed in the District Zaruma – Portovelo in El Oro province, considering the benefit plants and re-wash that regenerate the same ones, that

will start with the characterization of the area of study up making of a model of industrial symbiosis that allows to establish the actions of prevention and mitigation of the environmental contamination generated in the area.

The most tangible bankruptcy inside the mining production is focused in the treatment of the garbage produced by the same one; since there exists neither a suitable process nor the necessary supervision; by what environmental measurements are proposed to realize a suitable management. To realize a mining environmental arranging of all the plants of benefit of the District Zaruma-Portovelo, in order to have a better technical criterion for the relives treatment, across only one system of conduction and final disposition of the whole area of influence.

**Key words:** Industrial symbiosis, Industrial ecology, Mine tailings, Environmental impact, Cleaner production.



# **CUERPO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

## **1. INTRODUCCIÓN**

El crecimiento exponencial de la población y los niveles promedio de consumo individual impulsó un incremento de la demanda global de todo tipo de recursos y modifico casi por completamente la superficie del planeta (Barros 2005).

La actividad minera, es una de las principales fuentes para el desarrollo económico de la provincia de El Oro, y en la cual se sustenta la mayor parte de su economía según datos proporcionados por el INEC, aproximadamente el 65% de la población económicamente activa del distrito Zaruma-Portovelo, depende directa o indirectamente de esta actividad. La explotación minera es además un motor importante en el desarrollo y crecimiento de la zona, que emplea a unas 4.000 personas y genera, cada año, ingresos superiores a los 18 millones de dólares.

La extracción del mineral, su proceso de separación y el manejo de los residuos de las plantas de beneficio mineral, en el Distrito Minero Zaruma- Portovelo, se realizan en su gran mayoría de forma artesanal y con bajo nivel tecnológico, lo que eleva considerablemente los niveles de contaminación de los ecosistemas en toda el área de influencia, produciendo impactos negativos sobre el medio ambiente.

El mayor problema ambiental que soporta el Distrito Zaruma - Portovelo es la contaminación del agua, aire y suelo por la actividad minera formal e informal, siendo la informal, por su difícil acceso a los controles, la más perjudicial para sí mismos, el ambiente y la población.

En este sentido, se plantea una estrategia preventiva integrada que se aplica a los procesos, productos y servicios a fin de aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente; incluyendo el uso eficiente de materias primas e insumos, eliminación de productos tóxicos y la reducción de emisiones y residuos en

la fuente. Toda esta estrategia enmarcada en los conceptos de ecología industrial, simbiosis industrial, producción más limpia o sinergia de subproductos.

## **2. SITUACIÓN PROBLÉMICA**

La falta de sustentabilidad del crecimiento económico alcanzado. “Este concepto solamente puede concretarse cuando se reconocen los límites naturales y sociales que condicionan la escala del crecimiento y la redistribución” (Falconí y Vallejo, 2012: 54). Este estudio se desarrollará con base en los conceptos y categorías propios de la ecología industrial, tomando como objeto de estudio específico el sector minero ecuatoriano, específicamente la región de Portovelo-Zaruma, donde el interés principal será la etapa de beneficio, señalando la importancia que tiene para la misma la aplicación de las estrategias señaladas, a fin de determinar el impacto ambiental de las actividades mineras, y plantear medidas orientadas a mitigarlo.

Aunque la economía mundial continúa creciendo a ritmos superiores o cercanos al 3% anual, este crecimiento carece de sustentabilidad, ya que la huella ecológica del planeta superó desde 1978 la capacidad natural de soporte de los ecosistemas frente a la actividad humana. En varios temas críticos, como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la eutrofización, los índices actuales superan la capacidad de recuperación del planeta (Rockström et al., 2009). De no tomar correctivos sustanciales y urgentes a escala mundial, la humanidad vivirá una crisis ambiental de tal magnitud que pondrá en peligro el progreso alcanzado desde la Revolución Industrial.

El funcionamiento de la economía debe minimizar los impactos ambientales y sociales de sus actividades productivas e industriales. Para esto, debe sustentarse en planificación considerando las capacidades y características de los territorios, para privilegiar las actividades que utilicen el valor de la naturaleza, minimizando y controlando las actividades extractivas, extensivas e intensivas; debe también priorizar una gestión ecoeficiente de los recursos materiales y energéticos, mediante la aplicación de tecnologías y prácticas que posibiliten la integridad de los ecosistemas.

La energía es el flujo sanguíneo del sistema productivo, de ahí la relevancia de incrementar la representatividad de la energía obtenida de fuentes renovables, de fortalecer el stock energético nacional no renovable y de establecer una gestión adecuada de la demanda de energía, a fin de lograr la sostenibilidad en el tiempo y minimizar el riesgo en el abastecimiento energético para la productividad sistémica.

En la misma línea de acción, el desarrollo de la industria minera atenúa la importación de derivados de minerales en un marco de aprovechamiento de estos recursos que considera procesos de transferencia de tecnología, la formación de capacidades locales, el pago de regalías en especie, y la implementación de industrias de procesamiento y producción de bienes intermedios y finales, dentro del territorio nacional.

En relación a lo anterior analizado, se puede hablar de la huella ecológica como uno de los indicadores de sustentabilidad fuerte, reconocido a nivel internacional, que refleja el nivel de consumo de recursos ecos sistémicos de la población de un país para mantener su estilo de vida.

Por otro lado, la biocapacidad se define como el área de tierra o mar disponible para mantener el consumo. La diferencia (o la resta) entre huella ecológica y biocapacidad se define como déficit o superávit ecológico: hablamos de déficit cuando la huella ecológica es mayor que la biocapacidad y de superávit cuando sucede lo contrario.

Cabe destacar que el Ecuador, históricamente, ha mantenido una huella ecológica inferior a su biocapacidad. Sin embargo, en el 2008, nuestro país llegó a un estatus de deudor ecológico, pues reflejó una huella ecológica de 2,37 hectáreas globales por persona, mientras que su biocapacidad fue de 2,18 hectáreas globales por persona. Esta situación evidencia que el país ha superado los límites de tierra y mar disponibles para la producción de bienes y servicios.

La simbiosis industrial, ecología industrial, producción más limpia o sinergia de subproductos como proceso que integral de una economía circular, se fundamente en tres principios básicos: 1. optimación de recursos dentro de los procesos productivos,

2. Cambiar el ciclo lineal a un ciclo cerrado que genera subproductos y no genera desechos; y 3. Disminuir la contaminación ambiental. Por lo que este proceso se relaciona directamente con impactos ambientales tomados como referencia o línea base.

### **3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Académicamente, el presente estudio permitirá aplicar los conocimientos adquiridos en materia de gestión de producción, con énfasis en los procesos amigables con el ambiente enfocado a la producción minera, tomando en cuenta que la industria en general forma parte de un ecosistema, y como tal debe desarrollar sus actividades en alineación a los principios de respeto y convivencia armónica con los componentes bióticos, abióticos y sociales. Para ello, se revisará el sustento teórico necesario, desarrollando los conceptos y categorías relativos a la materia seleccionada.

En su dimensión práctica, el estudio constatará en los informes de Evaluación de Impacto Ambiental la situación actual de las empresas mineras artesanales de Portovelo-Zaruma, lo que permitirá el conocimiento del real impacto de la producción minera en el ámbito elegido. Con esa base, se plantearán las medidas correctivas, aplicadas a la fase de Beneficio de mineral de dichas empresas mineras.

Como aporte social, se aspira a diseñar un conjunto de estrategias tales que permitan una apropiada relación de las actividades desarrolladas por las empresas artesanales mineras con el medio ambiente de Portovelo-Zaruma.

### **4. OBJETO Y PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Basu y Dirk (2006) encadenan todos los conceptos a través de una pirámide, la cual está encaminada hacia el desarrollo sustentable, donde el escalón más alto es ocupado por el concepto de Ecología Industrial.

Por otro lado, uno de los precedentes más importantes de la Ecología Industrial, se encuentra cimentado bajo los conceptos de Simbiosis Industrial o Sinergia de

Subproductos, nacidos en los años 70's. El principio que se pretende sigan estos conceptos, es que el flujo de residuos de una industria se incorpore a otra convirtiéndose en materia prima para la segunda. Esto trae consigo una considerable reducción en las emisiones contaminantes, así como en los costos de operación de las empresas involucradas (Ayres, 2001).

Más tarde, Ayres desarrolló el concepto de metabolismo industrial, definiéndolo como el uso de materiales y energía que fluyen a través de los sistemas industriales para su transformación y posteriormente su disposición como residuos (Garner y Keoleian, 1995). Sin embargo, estos conceptos aún no lograban abarcar la terna de sectores esenciales para la sustentabilidad: Ambiente, Economía y Sociedad.

Es por ello, que la Ecología Industrial es la puerta hacia una nueva forma de pensar y actuar que nos conduzca hasta la meta del desarrollo sustentable (Ehrenfeld, 1997).

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo el estudio de factibilidad de un modelo innovador de simbiosis industrial, incide en un proyecto estratégico del sector minero, en la fase de beneficio del mineral en el distrito Zaruma-Portovelo?

### **Preguntas específicas**

- ¿Cuáles son los procesos de la fase beneficio en las empresas mineras artesanales en Zaruma - Portovelo?
- ¿Cuáles son las estrategias sostenibles de simbiosis industrial aplicables al sector minero ecuatoriano, específicamente en la fase de beneficio del mineral?
- ¿Qué modelo de simbiosis industrial es el más apropiado para un proyecto estratégico del sector minero?

La falta de sustentabilidad del crecimiento económico ha alcanzado un mundo con recursos limitados y consumos excesivos y crecientes (déficit ecológico), la

administración adecuada de los activos ecológicos es la única forma de garantizar el bienestar de la población.

## **5. CAMPO DE ACCIÓN Y OBJETIVO GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN**

El campo de acción del presente estudio abarca los conceptos de Simbiosis Industrial, Sinergia de Subproductos, Metabolismo Industrial, Ecología Industrial y Economía Circular en los sectores estratégicos del Ecuador.

“El modelo tradicional de la actividad industrial, en el que los procesos de producción generan productos para la venta y residuos para su eliminación, debe transformarse en un modelo más integrado: un ecosistema industrial. Este sistema optimiza el consumo de energía y materias primas para utilizar el residuo de un proceso para alimentar a otros procesos” (Frosch&Gallopoulos, 1989)

La producción más limpia (PML) es una estrategia preventiva integrada que se aplica a los procesos, productos y servicios a fin de aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente; incluyendo el uso eficiente de materias primas e insumos, eliminación de productos tóxicos y la reducción de emisiones y residuos en la fuente. (Programa de naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, 1989)

La Ecología Industrial puede ser considerada como una caja de herramientas donde se encuentran métodos, procedimientos, estrategias, soluciones técnicas para hacer el sistema industrial más sustentable y competitivo.

La Economía Circular es más un marco conceptual que propone un modelo económico y de desarrollo alternativo a lo tradicional que es de tipo lineal y que no es más sostenible en el contexto socioeconómico actual.

Este estudio se realizará en el sector estratégico minero en el campo de acción socio ambiental y productivo, dentro de la fase de beneficio de los minerales en el distrito Zaruma – Portovelo debido a su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia

económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social.

### **Objetivo general**

Determinar un estudio de factibilidad de un modelo innovador de simbiosis industrial para un proyecto estratégico del sector minero, en la fase de beneficio del mineral en el distrito Zaruma-Portovelo.

### **Objetivos específicos.**

- Describir los procesos de la fase beneficio en las empresas mineras artesanales en Zaruma - Portovelo.
- Identificar las estrategias sostenibles de simbiosis industrial aplicable al sector minero ecuatoriano, específicamente en la fase de beneficio del mineral.
- Establecer un modelo de simbiosis industrial a través de un proyecto estratégico del sector minero.

## **6. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

La aplicación de estrategias sostenibles de simbiosis industrial en la fase de beneficio de las empresas mineras artesanales en Portovelo-Zaruma, permitirá mejorar las prácticas productivas, tomando en cuenta que en esta fase se separa el mineral de interés por procesos metalúrgicos, con diferentes técnicas, procedimientos físicos y químicos.

## **7. SISTEMA DE OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Los objetivos específicos se tratan por el método de gestión por procesos para el logro del objetivo común que es la elaboración de un Modelo de Simbiosis Industrial para un proyecto en el sector minero del Ecuador, específicamente para la fase de beneficio del mineral.

En esta sección de la investigación se define la tarea para cada objetivo específico de la siguiente manera:

**Cuadro 1. Sistema de tareas por objetivos específicos**

<b>Objetivo específico</b>	<b>Tarea</b>
<p>Describir los procesos de la fase beneficio en las empresas mineras artesanales en Zaruma - Portovelo.</p>	<p>Realizar una descripción de los procesos productivos en la fase beneficio en las empresas mineras artesanales en Zaruma – Portovelo con el fin de determinar un nivel de referencia de las malas prácticas productivas a través de una matriz de impactos ambientales.</p>
<p>Identificar las estrategias sostenibles de simbiosis industrial aplicable al sector minero ecuatoriano, específicamente en la fase de beneficio del mineral.</p>	<p>Identificar estrategias sostenibles de simbiosis industrial aplicable al sector minero ecuatoriano, específicamente en la fase de beneficio del mineral y establecer oportunidades de mejora en los procesos productivos en el marco de ecología industrial, con el fin de optimizar sus procesos, disminuir la contaminación ambiental y ahorrar recursos.</p>
<p>Establecer un modelo de simbiosis industrial a través de un proyecto estratégico del sector minero.</p>	<p>En función de los resultados obtenidos, establecer un modelo de simbiosis industrial a través de un proyecto estratégico del sector minero que cumpla con los principales principios de la simbiosis industrial, que pueda servir como un caso de caso de éxito para todas las plantas de beneficio en el distrito Zaruma – Portovelo.</p>

**Elaborado por:** Roberto Logroño (2017).



## **8. ESTABLECER MÉTODOS, TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE INVESTIGACIÓN**

- **Métodos:**

### **Método lógico deductivo**

Según Chagoya, E. (2008) en el libro de Métodos y técnicas de investigación, este método manifiesta que “sirve para descubrir consecuencias desconocidas, de principios conocidos” (pág. 03).

Para el problema a investigar se posee de cierta información sobre las malas prácticas operativas de los procesos mineros, lo que permite conocer los sitios de mayor contaminación para la salud y el ambiente producto de los relaves mineros de las plantas de beneficio.

Se hace necesaria la aplicación de este método en la presente investigación.

### **Método lógico – inductivo**

Como explica Chagoya, E (2008) en el libro de Métodos y técnicas de investigación este método manifiesta que “utiliza lo que es el razonamiento partiendo de casos particulares, se eleva a conocimientos generales” (pág. 04)

En el caso que se pretende analizar, sobre la simbiosis industrial para un proyecto estratégico del sector minero, en la fase de beneficio del mineral en el distrito Zaruma-Portovelo

Este razonamiento servirá para llegar a una conclusión general y obtener una adecuada solución al problema.

- **Procedimientos:**

Los procedimientos están definidos en el capítulo de metodología y resultados.

Estos procedimientos, están relacionados con las tareas que se ejecutan, los objetivos específicos, planteados y permiten que se haga una investigación ordenada.

Se describe detalladamente el sistema de procedimientos, técnicas y métodos de investigación que se propone en la investigación.

- **Técnicas:**

La técnica que se utilizará durante la investigación son los métodos empíricos que ayudará a la obtención de la información requerida con la ayuda de observaciones, mediciones, entre otras, los mismos que ayudarán en el desarrollo de esta investigación.

Para validar la técnica se procederá a consultar a 3 expertos que dispongan de experiencia y conocimientos en temas relacionados con la Simbiosis Industrial, personas con conocimientos técnicos en el campo de la investigación.

Para la operacionalización de variables se realizará mediante una lista de chequeo que consiste en una matriz de impactos ambientales de Leopold, mediante la cual se determina los componentes afectados: bióticos, abióticos y sociales a consecuencia de las actividades de las plantas de beneficio que lleva mediante registros.

Además, según la necesidad se podrán utilizar otras técnicas de investigación tales como: inspección, observación, listas de chequeo, datos estadísticos y matrices de EXCEL para la tabulación de datos y elaboración de tablas y gráficos, los mismos que permitirán difundir la frecuencia en porcentajes simples de la información recopilada. Según los objetivos establecidos la metodología aplicada es la Investigación Descriptiva, de campo para realizar el diagnóstico real del problema; se realizará

una investigación bibliográfica y documental para apoyarnos en la información existente, luego de lo cual se diseñará un modelo de simbiosis industrial.

## **9. VISIÓN EPISTEMOLÓGICA DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente estudio se ubica en el paradigma socio crítico porque parte de un análisis crítico de la realidad, contribuyendo al mejoramiento de las condiciones de seguridad, salud y ambiente de las condiciones en que trabaja el sector minero dentro de sus diferentes fases de su actividad.

## **ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente proyecto estratégico será desarrollado en el Distrito Zaruma – Portovelo en la provincia del El Oro considerando las plantas de beneficio y los relaves que generan las mismas, el mismo que empezará con la caracterización de la zona de estudio hasta la elaboración de un modelo de simbiosis industrial que permita establecer las acciones de prevención y mitigación de la contaminación ambiental generada en la zona.

## **10. ESTRUCTURA DE LOS CAPÍTULOS DE LA INVESTIGACIÓN**

El trabajo está estructurado en cuatro capítulos principales. En el primer capítulo se describen los aspectos relacionados al marco contextual y teórico, comprende una revisión de trabajos previos realizados sobre el objeto de la investigación, el problema en estudio, de la realidad contextual en que se ubica y se detallan las variables.

El segundo capítulo comprende el diseño metodológico del trabajo; métodos, técnicas y procedimientos aplicados al proyecto y la limitación del espacio en el que se realizará la evaluación.

En el tercer capítulo se describen los resultados de la investigación obtenidos mediante los diferentes métodos de investigación. A partir de estos resultados se propone un modelo de simbiosis industrial.

En el cuarto capítulo se expone la propuesta de la investigación y una evaluación de su impacto en los contextos socio-económico-ambiental, mediante un modelo innovador de simbiosis industrial

El quinto capítulo es el que muestra las conclusiones y recomendaciones a las que se llegaron después del estudio. Resume los principales resultados y aportes más significativos del trabajo.

El sexto capítulo referencias bibliográficas, se presentan las citas bibliográficas insertadas en el contenido de la investigación con sus respectivos números de página de donde se obtuvo la cita.

El séptimo capítulo Anexos, se detalla todo lo que se utiliza dentro de la investigación y que requiere ser anexado como se ha redactado en el texto de esta investigación.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

#### 1.1. Caracterización detallada del objeto

El objeto de estudio son las plantas de beneficio de la industria minera ubicadas en el Distrito Zaruma –Portovelo; debido a las malas prácticas ambientales dentro de sus procesos productivos generan fuentes de contaminación que con el tiempo se convierten en pasivos ambientales.

**Campo:** Producción y Ambiente

**Área:** Fase de Beneficio del Mineral

**Aspecto:** Impactos Ambientales

**Espacial:** Distrito Zaruma - Portovelo

**Temporal:** Año 2016

**Unidades de observación:** Plantas de Beneficio

**Ubicación Geográfica:** Coordenadas UTM

X	Y
651465	9587489
651016	9586805
650914	9586435
650832	9601145
650639	9585152
651569	9588049
652283	9588169

La actividad minera, es una de las principales fuentes para el desarrollo económico de la provincia de El Oro, y en la cual se sustenta la mayor parte de su economía según datos proporcionados por el INEC, aproximadamente el 65% de la población

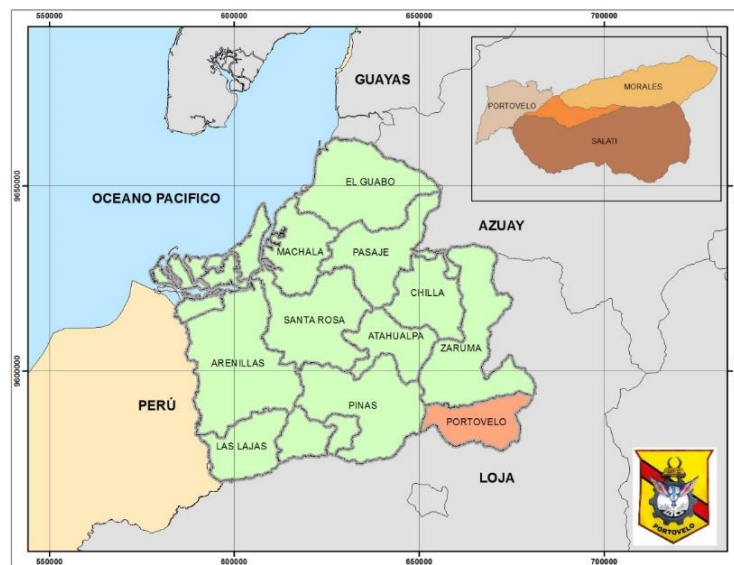
económicamente activa del distrito Zaruma-Portovelo, depende directa o indirectamente de esta actividad. La explotación minera es además un motor importante en el desarrollo y crecimiento de la zona, que emplea a unas 4.000 personas y genera, cada año, ingresos superiores a los 18 millones de dólares.

La explotación minera en la zona se viene realizando desde la época de los pre-incas, aunque la mayor explotación aurífera en el distrito minero de Zaruma – Portovelo comenzó tras la llegada al país de la empresa SADCO (South American Development Company), en el año 1896. Dicha compañía ejecutó la, exploración, desarrollo y producción minera en la zona hasta 1950, dando paso a la compañía CIMA (Compañía Industrial Minera Asociada), una empresa de capital público y privado. La quiebra de CIMA a finales de los años 70, propició el crecimiento de la pequeña minería y la intervención de los mineros artesanales, que se convirtieron en los protagonistas de la explotación minera en el distrito hasta la actualidad (Sandoval, 2001).

EL cantón Portovelo está situado al Sur Este de la Provincia de El Oro, limitando con la Provincia de Loja separada de la misma con el río Pindo y Ambocas. Limita al norte con el cantón Zaruma, al sureste con la Provincia de Loja y al oeste con el cantón Piñas.

La ciudad de Zaruma está ubicada en la parte sur-oriental de la Provincia de El Oro. Se encuentra a una altitud de 1 200 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con la provincia del Azuay, al sur con el Cantón Piñas, al este con el Cantón Portovelo y al oeste con los cantones Chilla y Atahualpa. La distancia que existe entre Zaruma y la Capital de El Oro (Machala) es de 106 km.

**Gráfico 1. División política y ubicación del cantón Portovelo**



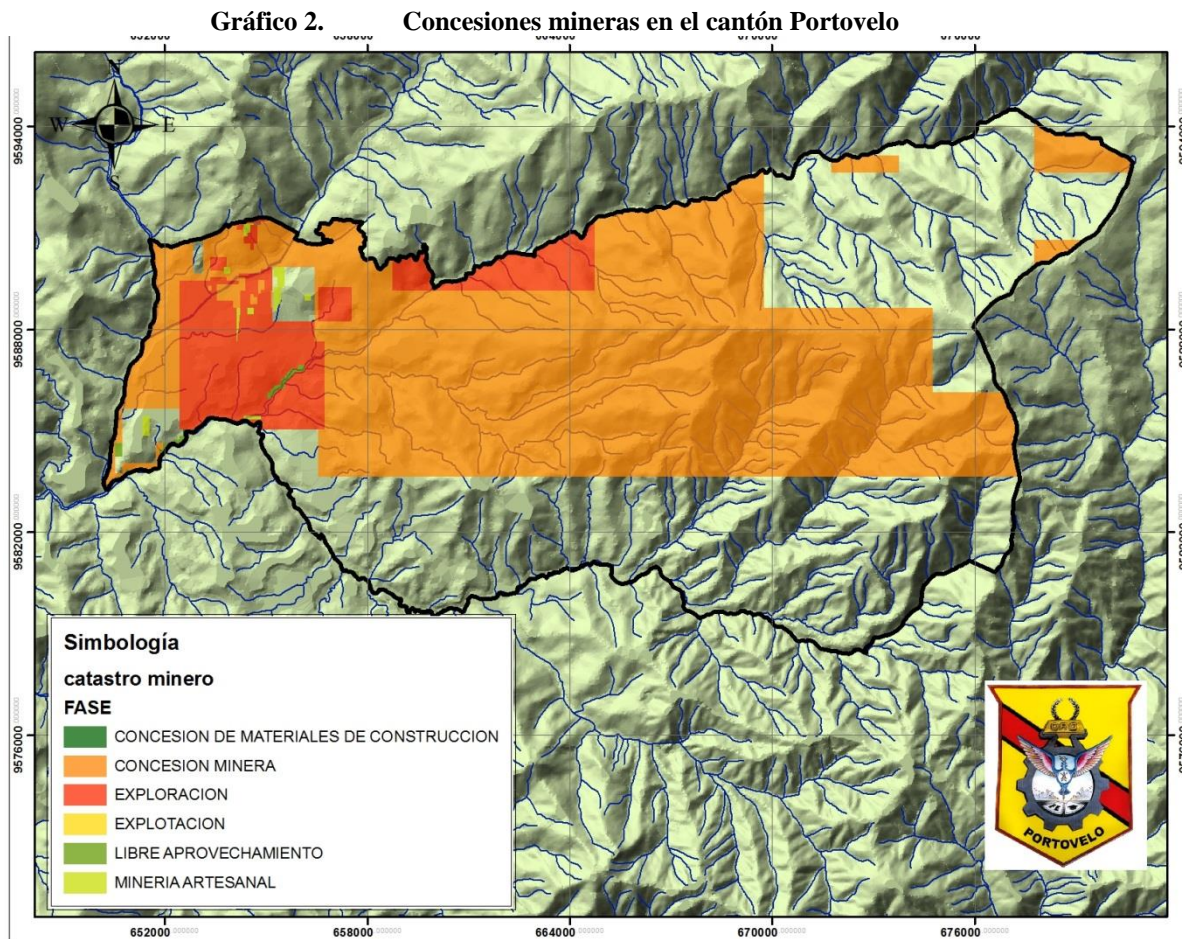
Fuente: Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial 2014-2019 GADM PORTOVELO

La parte alta de la provincia de El Oro es considerada como una zona eminentemente minera, en su territorio cuenta con recursos mineros metálicos (yacimientos de oro, plata, cobre, zinc, etc.) y no metálicos (mármol, sílice, carbón de piedra, arcilla, agregados de construcción, etc.). La tecnificación permite aprovechar de mejor manera el material extraído durante su proceso de refinación y el promedio de producción por extracción varía desde 1 o 2 décimos de gramo hasta 5 o más gramos. La minería dentro del desarrollo económico de la provincia, de la parte alta y sobre todo de nuestro cantón ocupa un reconocido sitio, su evolución ha permitido que se desperdicie menos el producto extraído con la tecnificación de procesos e incremento constante en los precios internacionales ha impulsado su extracción en la actualidad siendo compañías extranjeras y transnacionales quienes han tecnificado los mencionados procesos, la consecuencia de esta evolución lleva a que estos nuevos procesos impliquen mecanismos de deterioro ambiental irreversibles.

Los recursos minerales disponibles que se encuentran en la parte alta y en este caso el cantón Portovelo se detallan a continuación, dentro de los cuales destaca por su volumen el oro, seguido por la plata, el cobre, etc. Las proporciones de mineral que se

vienen explotando con respecto al volumen de yacimiento explotable están en el rango de 13% a 33%, lo que significa que existen enormes reservas aun por explotar.

En el cantón Portovelo existen 37 concesiones mineras, y en la actualidad funcionan 27 plantas de beneficio ubicadas en los sitios del Pache, Vía al Pindo principalmente.



Fuente: (GADMPortovelo, 2014)

### 1.1.1. Producción minera

Portovelo como asiento minero se remonta al año de 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. La actividad minera



es y será la principal base económica del cantón, que permite la sustentabilidad de las personas que lo habitan incluyendo otras que vienen a acceder a las actividades mineras de otras provincias incluso de la república del Perú.

**Cuadro 2. Producción de oro en Portovelo**

PROCESO DE MOLIENDA Y CONCENTRACIÓN GRAVIMÉTRICA		
Número de Unidades de Molienda	150	Molinos
Toneladas diarias por unidad de molienda	10	Toneladas
Toneladas procesadas día	1500	Toneladas diarias
Oro recuperado por tonelada	10	Gramos de oro
Producción de oro/día	15	Kilos de oro diario
Producción anual de Oro	5475	Kilos de oro al año
Ingreso en \$ al año por venta de oro, a un valor promedio de \$ 35,00 el gramo de oro	\$ 191.625.000,00	

RECUPERACION DE ORO EN PROCESOP DE CIANURACIÓN U OTROS		
Toneladas cianuradas/mes	40000	Toneladas al mes
Oro recuperado por toneladas de arenas	5,50	Gramos por tonelada
Toneladas procesadas día	1500	Producción de oro /mes

Oro recuperado por tonelada	10	Producción de oro /año
Ingreso en \$ al año por venta de oro, a un valor promedio de \$ 35,00 el gramo de oro		\$92.400.000,00
Ingreso en \$ al año por venta de oro, a un valor promedio de \$ 35,00 el gramo de oro		\$ 191.625.000,00

Fuente: (GADM Portovelo, 2014)

La extracción del mineral, su proceso de separación y el manejo de los residuos de alrededor de 87 plantas de beneficio mineral, en el Distrito Minero Zaruma- Portovelo, se realizan en su gran mayoría de forma artesanal y con bajo nivel tecnológico, lo que eleva considerablemente los niveles de contaminación de los ecosistemas en toda el área de influencia, produciendo impactos negativos sobre el medio ambiente.

**Cuadro 3. Pasivos ambientales de la producción de oro**

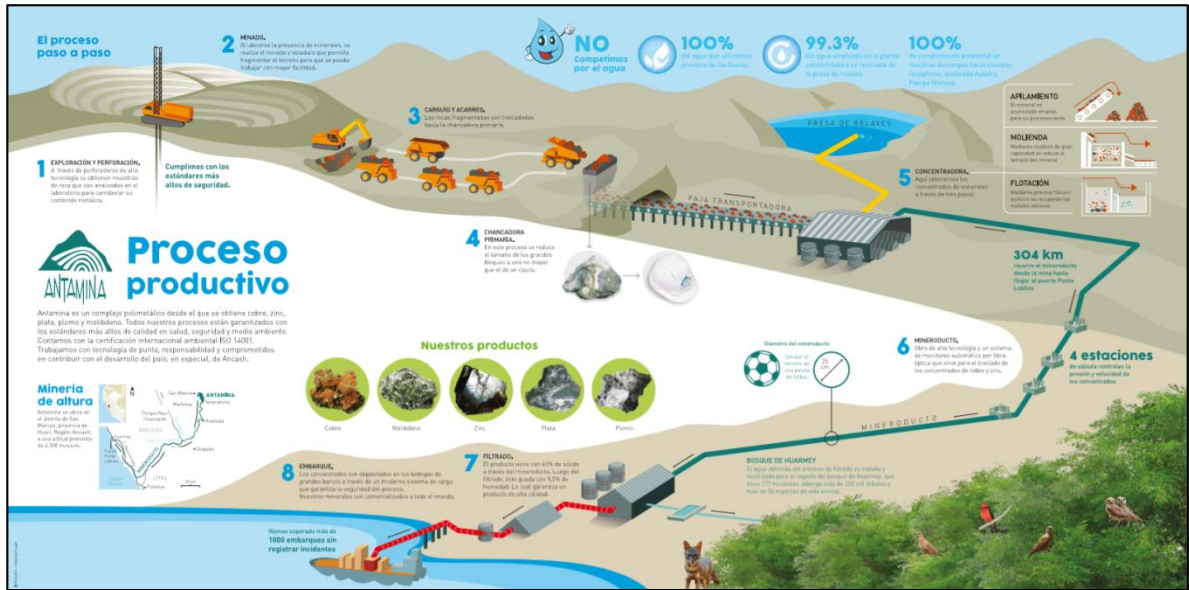
RESIDUOS ESTERILES DEJADOS EN EL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE ORO Y OTROS MINERALES		
Producción de Relaves(en forma de Sólidos)	400.000,00	Toneladas al año
Sulfatos en los relaves	30.000,00	Toneladas al año
Mercurio	7000,00	Kilos al año
Cianuro	6000,00	Toneladas al año
Materiales residuales de plomo	2000,00	Kilos al año

Fuente: (GADM Portovelo, 2014).

### 1.1.2. La minería y sus fases

El proceso minero consiste en un conjunto de etapas fundamentales que deben llevarse a cabo para desarrollar un proyecto minero. Entre ellas se encuentran la búsqueda y estimación de recursos, evaluación del proyecto (factibilidad, ingeniería de detalles), obras, desarrollo minero o explotación (arranque y manejo de materiales), procesamiento, comercialización y cierre de mina. A continuación cada uno de los procesos en detalle:

**Gráfico 3. Proceso Productivo Minería Metálica**



Fuente: Minera Antamina (2016)

### 1.1.2.1 Prospección

Esta etapa del proceso minero general apunta al reconocimiento general de una región determinada. Es la búsqueda de yacimientos, que se hace en base a mapas de distinto tipo, fotografías aéreas, imágenes satelitales, antecedentes mineros, geológicos, geofísicos, geoquímicos, catastrales, económicos, etc. La ejecución de las tareas de prospección (trabajos de campo y de laboratorios) está en manos de geólogos especialistas, que cuentan con la ayuda de la tecnología apropiada para cada caso, vehículos, equipos, instrumental, laboratorios, etc. (SEGEMAR, 2016)

A su vez, la prospección puede hacerse de distintas maneras y con diferentes técnicas, de acuerdo al tipo de yacimiento que se busque: prospección geológica, recopilación de antecedentes, uso de fotografías aéreas e imágenes satelitales, trabajos de campo – observaciones directas, toma de muestras-, análisis y ensayos de laboratorio, uso de planos y perfiles, prospección geoquímica –detección de “anomalías geoquímicas”-, prospección geofísica, magnetometría, radimetría, sísmica, gravimetría, geoléctrica, laboreos y perforaciones.

Para desarrollar la etapa de prospección debe solicitarse a la Autoridad Minera un permiso de exploración –permiso de búsqueda o cateo- y realizar un IIA (Informe de Impacto Ambiental). El análisis de todos los estudios y resultados obtenidos durante esta etapa del proceso minero es el que permite definir si se continúa con las tareas correspondientes a la siguiente etapa denominada exploración. Según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua, “Prospección” se define como exploración del subsuelo basada en el examen de caracteres del terreno y encaminada a descubrir yacimientos minerales, petrolíferos, aguas subterráneas, etc.

### **1.1.2.2 Exploración**

En términos generales se considera exploración al conjunto de operaciones o trabajos dirigidos a evaluar cualitativa y cuantitativamente el recurso minero con el objeto de definir la factibilidad técnico-económica de la explotación de un yacimiento. Se lleva a cabo mediante labores mineras superficiales (calicatas, pequeños pozos, etc.) y labores subterráneas (pozos profundos o piques y túneles) con las cuales se reconoce el cuerpo mineral en sus tres dimensiones. Las labores subterráneas suelen reemplazarse por perforaciones con herramientas que permiten obtener muestras del cuerpo mineral a todo lo largo del sondeo, ya sea en forma de testigos (cilindros de roca) o de triturados y polvo.

Se realiza exploración en superficie, mediante pozos o zanjas, denominadas destapes, calicatas o trincheras. Se abren con pico y pala, barrenos y explosivos, excavadoras o topadoras, entre otros equipos.

El conjunto de trabajos consiste en observaciones geológico-mineras, interpretación de afloramientos, ejecución de planos a escala minera, labores superficiales, toma de muestras, geoquímica de detalle, geofísica. También existen métodos de exploración subterránea, para estudiar la tercera dimensión: profundidad, realizado con labores mineras o perforaciones. Es decir, con pozos y túneles subterráneos, o mediante sistemas de perforación. De esta manera se obtienen muestras: recuperación de polvo, detrito o cutting, o testigos. La exploración determinará la cantidad y calidad del

mineral del yacimiento, en relación con la calidad comercial de dicha sustancia. Para ello se determina la forma del yacimiento, el volumen y el peso específico de la sustancia. La calidad del mineral se determina mediante minuciosos análisis, ensayos y estudios, realizados sobre muestras que se extraen del cuerpo mineral de acuerdo a técnicas de muestreo que varían según el tipo de yacimiento.

### **1.1.2.3 Explotación**

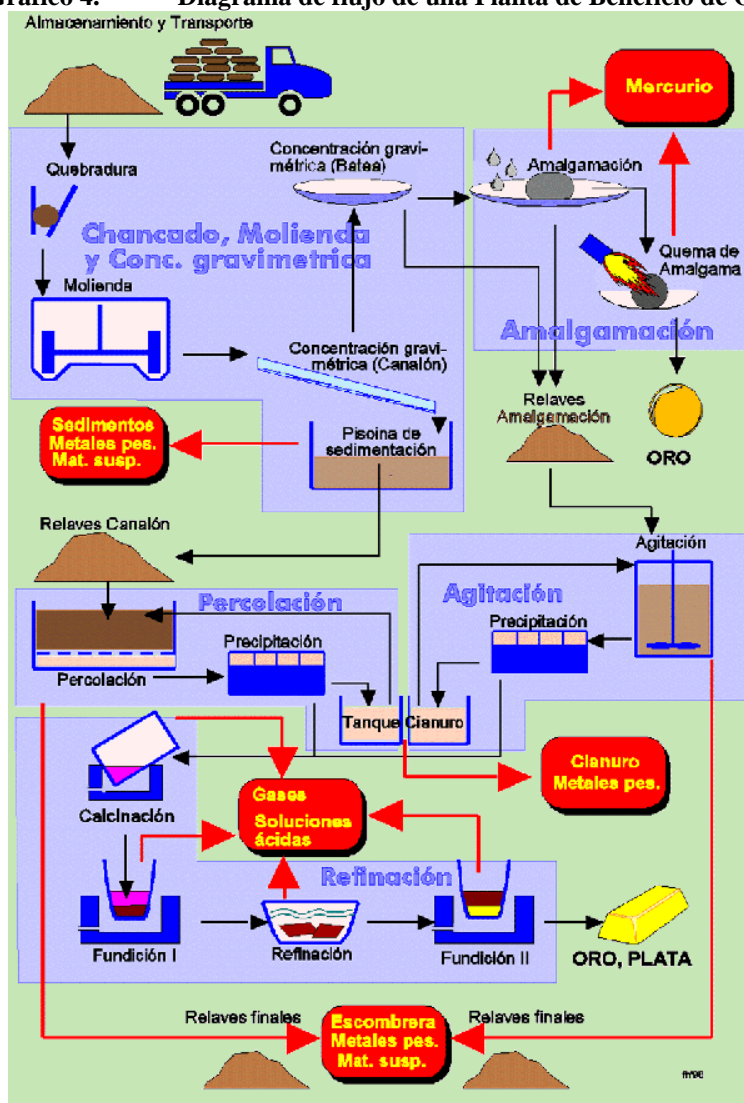
La explotación minera es el conjunto de las actividades socioeconómicas que se llevan a cabo para obtener recursos de una mina (un yacimiento de minerales). Dependiendo de la forma y de la localización de la mina, esta etapa se desarrolla en forma subterránea o a cielo abierto. En ambos casos, dicha etapa consiste en la extracción efectiva de mineral contenido en el yacimiento y de los estériles acompañantes. En minería metalífera a cielo abierto, implica la voladura de rocas con explosivos y remoción con palas y camiones gigantes, construcción de diques de colas, escombreras, asentamientos humanos permanentes, instalaciones para manejo de residuos de todo tipo, caminos más amplios, tendido eléctrico, transporte de gran cantidad de insumos, entre los cuales se destacan un gran volumen de combustibles y lubricantes, neumáticos y repuestos, y explosivos.

Las actividades involucradas en esta etapa del proceso minero son: Extracción del mineral por medios mecánicos (como explosivos o palas cargadoras en el caso de material suelto); Separación de las rocas consideradas mineral y los desechos no mineralizados; Trituración del mineral; Clasificación por tamaños del mineral por medio de rejillas; Re-trituración del mineral en caso de que el tamaño no sea el adecuado para las tareas de tratamiento; Extracción y transporte al lugar de depósito; y Transporte hacia la planta de tratamiento. Dentro de esta etapa fundamental del proceso minero aparecen tareas esenciales como la molienda, concentración y refinamiento del mineral extraído.

### **1.1.2.4 Beneficio del mineral**

Esta etapa busca, por distintos medios, lograr que el mineral pueda ser comercializable. Para esto se recurren a distintos métodos de beneficio de minerales, los cuales no solo dependen del tipo de mineral, sino también del yacimiento, ya que cada yacimiento tiene características propias. Para el caso de los minerales metalíferos, normalmente es necesario concentrarlo. Esto consiste en una primera etapa, en liberar el mineral de la roca en donde está inserto, valiéndose de medios mecánicos como la trituración, la molienda y la clasificación. Luego de la liberación, posiblemente el mineral deba ser concentrado. Esto consiste en elevar el grado de concentración del mineral (que puede estar dado en gramos/tonelada, o en porcentaje). Para ello se aprovechan distintas técnicas como la lixiviación (para el caso del oro, por ejemplo), la flotación (para el caso de ciertos yacimientos de cobre, zinc u otros) o la electro obtención (para el caso de algunos yacimientos de cobre).

**Gráfico 4. Diagrama de flujo de una Planta de Beneficio de Oro**



Fuente: <http://www.hruschka.com/pmsc/ecoplus-flow.gif>

### 1.1.2.5 Molienda, concentración y refinamiento

Se muele o tritura el mineral extraído, que luego puede ser concentrado con utilización de ácido sulfúrico, o lixiviado con cianuro en grandes pilas o en tanques. El refinamiento o fundición puede realizarse en el complejo de la mina, o bien en otras regiones o países que importan el mineral concentrado. Tanto la explotación como la molienda, concentración y refinamiento requieren grandes cantidades de energía, tanto en forma de combustibles como de energía eléctrica. La molienda es una operación que

permite la reducción del tamaño de la materia hasta tener una granulometría final deseada, mediante los diversos aparatos que trabajan por choques, aplastamiento o desgaste. En esta operación, es donde se realiza la verdadera liberación de los minerales valiosos y se encuentra en condiciones de ser separados de sus acompañantes. (SEGEMAR, 2016)

Por lo general, la molienda está precedida de una sección de trituración y por lo tanto, la granulometría de los minerales que entran a la sección molienda es casi uniforme.

#### **1.1.2.6 Cierre de mina**

El Cierre de Minas es la actividad que busca rehabilitar las áreas utilizadas por la minería una vez concluidas todas las operaciones de exploración y explotación, para que el terreno tenga condiciones similares a las que existían antes del desarrollo de la actividad minera. Es la etapa final de un yacimiento y consiste en la ejecución de un programa que garantice el cierre de la mina en armonía con el medio ambiente, asegurando la sustentabilidad de las comunidades cercanas. A partir de estudios y análisis geológicos, hidrológicos, geotécnicos y ambientales a cargo de especialistas, el objetivo es establecer los procesos y acciones a desarrollar, que se enmarcan dentro del Plan de Cierre, previsto previamente en la Declaración de Impacto Ambiental. Es decir, es un trabajo estrecho que debe realizarse con la autoridad ambiental y con representantes de las comunidades de la zona.

El concepto es dejar el área impactada por las operaciones mineras en condiciones similares a las naturales, para lo cual el cierre se centra básicamente en tres iniciativas: Restituir las geoformas de la zona; Asegurar su estabilidad física y química de las instalaciones, posterior al cierre; y Asegurar la calidad y cantidad de agua de río, que cruza por la zona.

El proceso de Cierre de Minas puede tomar muchos años, ya que se estiman períodos de por lo menos 5 años para la observación de las áreas restauradas después del cierre (monitoreo post cierre). En algunos casos estos periodos de observación pueden ser



permanentes hasta asegurar la estabilidad física y química de estas áreas. Luego de este periodo de observación, se determina si el cierre tuvo éxito. Esto se da cuando las áreas restauradas o cerradas pueden mantenerse estables en el tiempo sin necesidad de acción humana alguna y si se dan las condiciones necesarias para mantener la armonía y equilibrio con el ambiente natural y social del lugar.

## **1.2. Marco teórico de la investigación**

### **1.2.1. Impacto ambiental de la industria minera**

La industria minera provoca diversos cambios en el medio ambiente en el que se desarrolla. Desde las labores de exploración, en las que se llega a destruir caminos rurales, así como cercos y bardas con las que los comuneros fijan los límites de sus propiedades, e incluso se derriban árboles y se contaminan las aguas necesarias para las diversas actividades mineras, hasta la explotación y comercialización, cuando se altera significativamente el suelo y las aguas circundantes, esta industria puede tener un alto impacto en el ecosistema y las comunidades humanas en que se da (Gutiérrez, 2010).

Ante esta situación, son diversas las respuestas que generan tanto el Estado, con la regulación y un mayor control de las actividades mineras, como la población, que periódicamente denuncia la presencia de explotaciones ilegales, y las propias empresas, que se comprometen y ejecutan actividades tendentes a mitigar los efectos de las diversas fases y procesos que ejecutan. Desde el ámbito académico, también se generan nuevas estrategias que permitan reducir de forma significativa los efectos en el medio ambiente.

En síntesis, las actividades mineras pueden provocar daños ambientales en los siguientes elementos (Lillo, 2014):

- Atmósfera: emisiones sólidas, gases, aerosoles, ruido, onda aérea.

- Suelo: deforestación, erosión, pérdida de suelo fértil, modificación del relieve, impacto visual, peligros geotécnicos, variaciones en la textura, pérdida de la estructura edáfica, entre otros efectos.
- Agua: alteraciones en la dinámica fluvial, pérdida de masa del agua, de masas glaciares, contaminación por metales pesados y metaloides, variaciones del pH, entre otros efectos.
- Alteraciones en la flora y la fauna local, como resultado de los factores antes anotados.

La minería aurífera se caracteriza por la falta de responsabilidad ambiental y cuenta con escasa tecnificación, lo que deriva en una baja recuperación del mineral, inferior al 40%, y los desechos se vierten en los ríos y quebradas del cantón, lo que afecta de forma seria el ecosistema y las condiciones de salud de la población local. (Guerrero, 2013).

Al carecer de sistemas adecuados de almacenamiento de efluentes sólidos y líquidos, las plantas de amalgamación generan contaminación permanente en el suelo y las aguas del cantón. La mayor fuente de contaminación en esta zona minera son las colas de amalgamación y procesamiento del mineral, tanto en el lavado como en la quema final, especialmente por el uso de mercurio que se pierde por evaporación, es decir, en la fase de beneficio del mineral (Guerrero, 2013).

Ante esta situación, se busca desarrollar una propuesta concreta, clara y viable para el mejor desarrollo de la industria minera en el cantón Portovelo. La Ecología Industrial es una disciplina técnica, pero los fuertes elementos de interdisciplinariedad y el carácter multidimensional implican que en esta práctica, solo el componente tecnología no es suficiente para garantizar el éxito de una iniciativa de Ecología Industrial.

### 1.2.2. **Ecología Industrial**

Cuando se trabaja a nivel territorial (2° y 3° nivel) siempre hay que considerar dos componentes:

- Técnica – tecnológica
- Relacional

**Gráfico 5. Vista panorámica de la planta industrial de Kalundborg-Dinamarca.**



Fuente: (Ecología Verde, 2014).

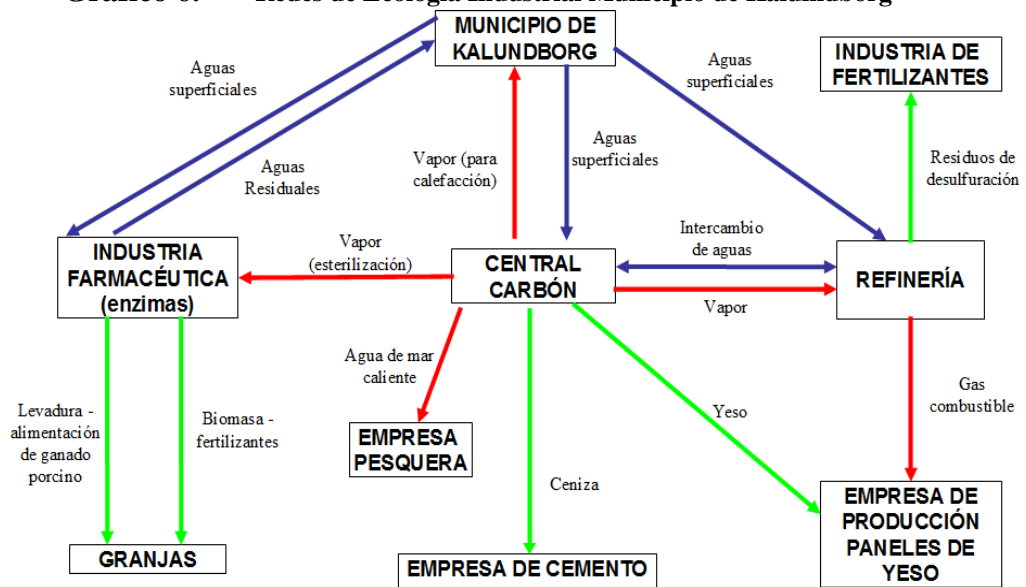
La experiencia de Kalundborg es el más famoso ejemplo de simbiosis industrial en el mundo, y se desarrolló en torno a tres temas: residuos, agua y energía.

Entre las empresas y la comunidad local se ha establecido un sistema de simbiosis industrial, donde "un subproducto de una empresa se convierte en un recurso importante para una o más de las empresas que participan en la red".

La experiencia danesa ha demostrado que la adopción de un sistema de manejo ecológico de una zona de producción puede generar importantes ahorros de costos y recursos:

- 75 millones \$ de inversión han generado ahorros de 160 millones \$ (datos 2002); la proyección al 2015 es de más de 350 M\$
- Promedio anual de ahorro de 15 M\$
- Reducción del consumo total de agua en un 25%
- Un servicio de calefacción para 5000 familias

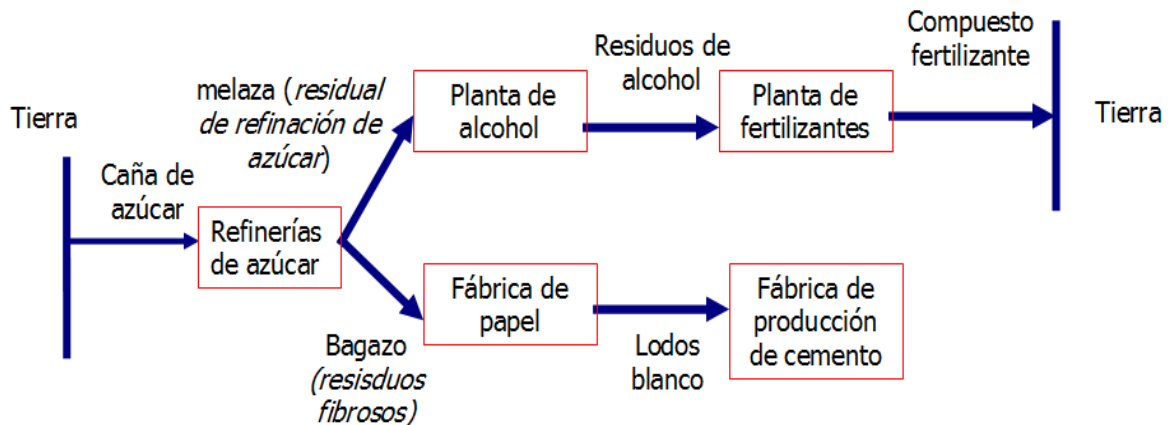
**Gráfico 6. Redes de Ecología Industrial Municipio de Kalumborg**



Fuente: Seminario internacional la ecología industrial para el desarrollo de una economía circular en Ecuador

### 1.2.2.1. Aplicación de la ecología industrial en la actividad de un grupo empresarial

**Gráfico 7. Grupo Guitang Ciudad de Guigang - Región Autónoma de Guangxi, China**



Fuente: seminario internacional la ecología industrial para el desarrollo de una economía circular en Ecuador

El cluster eco-industrial ha incrementado la competitividad del GuitangGroup a través (Fang et al, 2007):

- reducción de los costos de adquisición de las materias primas
- reducción de los costos de tratamiento y eliminación de los desechos
- limitación de los gastos atados al funcionamiento de los procesos productivos
- simplificación de los procedimientos de adecuación a la normativa ambiental
- mayor control sobre la calidad de las materias trabajadas
- repercusiones positivas sobre la imagen de la empresa

#### **1.2.2.2. La cooperación entre empresas para mejorar el uso de recursos**

Los “Business Circles” en el Parque Industrial de Vreten (Suecia)

Área industrial en el condado de Estocolmo dónde son instaladas 80 empresas por un total de 5000 trabajadores. La Administración Municipal involucró las empresas en el proceso de Agenda 21 Local con el fin de integrar también el sector productivo en una estrategia de desarrollo sostenible a escala local.

25 empresas decidieron participar activamente en la iniciativa constituyendo unos “círculos de negocio" sobre las temáticas ambientales y en particular:

- Energía
- Cadenas de suministro
- Gestión de residuos
- Limpieza
- Transporte
- Construcción (recuperación de edificios, demolición y reutilización)

Los resultados conseguidos han sido numerosos, entre los que:

- Reducción de la cantidad de residuos producida y optimización de la cadena de suministro a través de la puesta en común de algunos materiales.

- Ahorro promedio del 20% en el consumo de agua y mejoría del sistema de calefacción por algunas empresas con reducción de los costes del 10%.
- Evaluación de la calidad de los edificios (ambiente interior, exterior y consumos energéticos) con indicación de las soluciones óptimas para la mejora de las características de los edificios.
- Optimización del sistema de transporte público para los trabajadores y la reorganización del sistema de transporte de mercancías en el área (con reducción del tráfico vehicular y la compra colectiva de medios)

### 1.2.2.3. La simbiosis industrial a escala regional

**Gráfico 8. Simbiosis industrial en la región de Estiria (Austria)**



Fuente: seminario internacional la ecología industrial para el desarrollo de una economía circular en Ecuador

Con el tiempo se ha construido - naturalmente - una red de intercambio de subproductos entre más de 50 empresas de diferentes sectores (metalurgia, textiles, cemento, alimentos, madera, plástico, etc.).

Un estimación en el año 1992 (Schwarz and Steininger, 1997) calculó los ahorros anuales generados por esta red:

- 34.000 t de yeso

- 200.000 t de chatarra
- 43.900 t de aserrín
- 445.000 t de otros residuos de madera
- 130.000 t de residuos de metales no tratados
- 5.500 t de neumáticos usados y virutas de neumático
- 310 t de residuos textiles
- 4.500 t de aceites usados
- 5.400 t de residuos de matadero

**Gráfico 9. Diagrama de redes de simbiosis industrial en la región de Estiria (Austria)**



Fuente: seminario internacional la ecología industrial para el desarrollo de una economía circular en Ecuador

#### **1.2.2.4. La simbiosis industrial a escala nacional**

El programa nacional de simbiosis industrial (Inglaterra - NISP) fue el primer programa nacional en el mundo en ocuparse de la promoción de la simbiosis industrial en gran escala a través de un enfoque innovador capaz de apoyar a las empresas en la reducción de los costos de gestión de los desechos, incrementar la productividad en el uso de los recursos y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

El programa inició en el 2005 y en el periodo 2005-2013 ha conseguido resultados impresionantes (*International Synergies, 2014*):

- 47 millones de toneladas de desechos no más llevados al basurero
- reducción global de más de 42 millones de toneladas de CO2 equivalente
- incremento de la facturación de \$1.500 millones para las empresas implicadas
- reducción de los costos para las empresas por más de \$1.500 millones
- ahorro de 60 millones de toneladas de materias primas
- ahorro de 73 millones de toneladas de agua para procesos industriales
- reutilización de 1,8 millones de toneladas de desechos peligrosos
- 10.000 puestos de trabajo (engendrados y salvaguardados)

El NISP es compuesto por una estructura técnica central y 12 grupos de trabajo regional con funciones de empalme e interacción con las empresas.

#### *¿Cómo funciona el NISP?*

Los grupos de trabajo regionales tienen la tarea de identificar las empresas en el territorio y involucrarlas en el Programa, principalmente a través de talleres de información y facilitación - eventos dirigidos a la discusión de buenas prácticas – y reuniones con las empresas. Los facilitadores regionales con el apoyo técnico de la estructura nacional, ayudan las empresas interesadas a identificar los proyectos simbióticos que mejor satisfacen las problemáticas y exigencias empresariales.

La participación de las empresas en la red del NISP y en los proyectos de la simbiosis se realiza exclusivamente en forma voluntaria.

#### **1.2.2.5. Los biosistemas integrados**

Es una alternativa para incrementar la productividad, mediante la implementación de este modelo para las fincas productoras como una estrategia de tecnología, a fin de que los pequeños productores obtengan una mayor eficiencia de sus cultivos y mejoren su competitividad. El modelo propone encontrar nuevas alternativas a dar valor agregado a los desperdicios en nuevos productos y fuentes de ingreso.

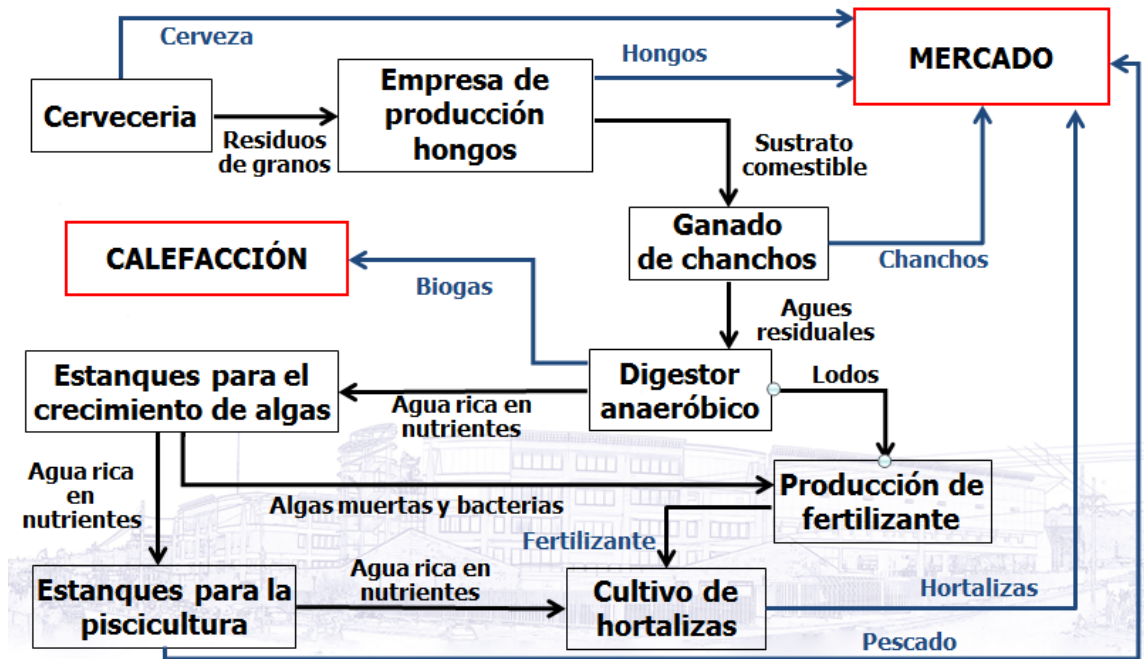


Gráfico 10. Biosistema Integrado De MontfordBoys' Town (Fiji)



Fuente: seminario internacional la ecología industrial para el desarrollo de una economía circular en Ecuador

Gráfico 11. Diagrama de redes Biosistema Integrado



Fuente: seminario internacional la ecología industrial para el desarrollo de una economía circular en Ecuador

### 1.2.3. Simbiosis Industrial

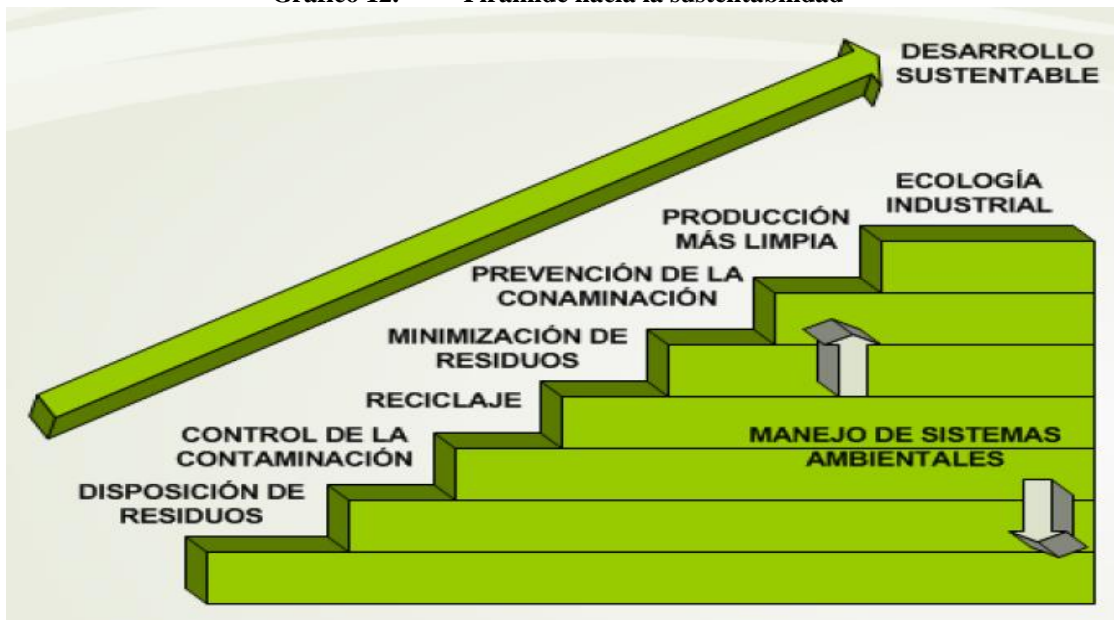
La economía ecológica se caracteriza por ver a los sistemas natural y económico como un solo sistema conexo donde uno depende del otro, desde este enfoque es fundamental contabilizar los ciclos de la materia y los flujos de la energía, es decir,

va más allá de lo estrictamente monetario. Por su parte, la ecología industrial es una propuesta cuya base teórica se desprende de la economía ecológica. Aparece explícitamente a finales de la década de 1980, y durante las últimas dos décadas surge una importante producción bibliográfica, resultado de trabajos académicos y empíricos. Los principales teóricos de la ecología industrial provienen de distintas áreas del conocimiento que van desde la ingenieril, la biológica y la económica, cada una de ellas marca algunas diferencias y sugiere formas de funcionamiento específicas de las empresas industriales para que operen de acuerdo con los principios de la naturaleza, se busca resaltar algunas diferencias en el énfasis que le dan los distintos autores a esta propuesta exclusivamente desde el plano teórico.

Basu y Dirk (2006) encadenan todos los conceptos a través de una pirámide mostrada en la figura, la cual está encaminada hacia el desarrollo sustentable, donde el escalón más alto es ocupado por el concepto de Ecología Industrial.

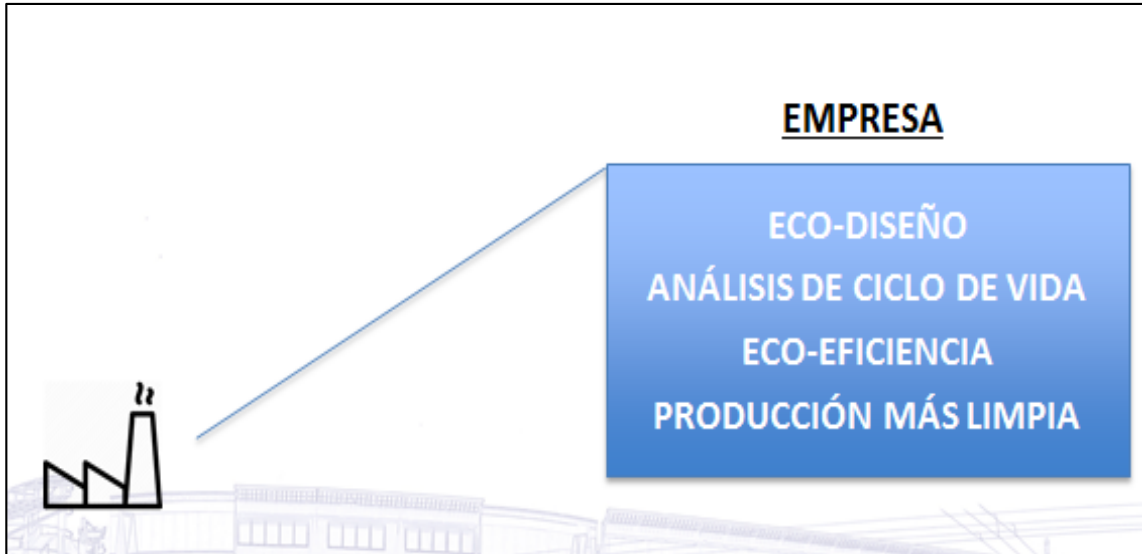
Es por ello, que la Ecología Industrial es la puerta hacia una nueva forma de pensar y actuar que nos conduzca hasta la meta del desarrollo sustentable (Ehrenfeld, 1997).

**Gráfico 12. Pirámide hacia la sustentabilidad**



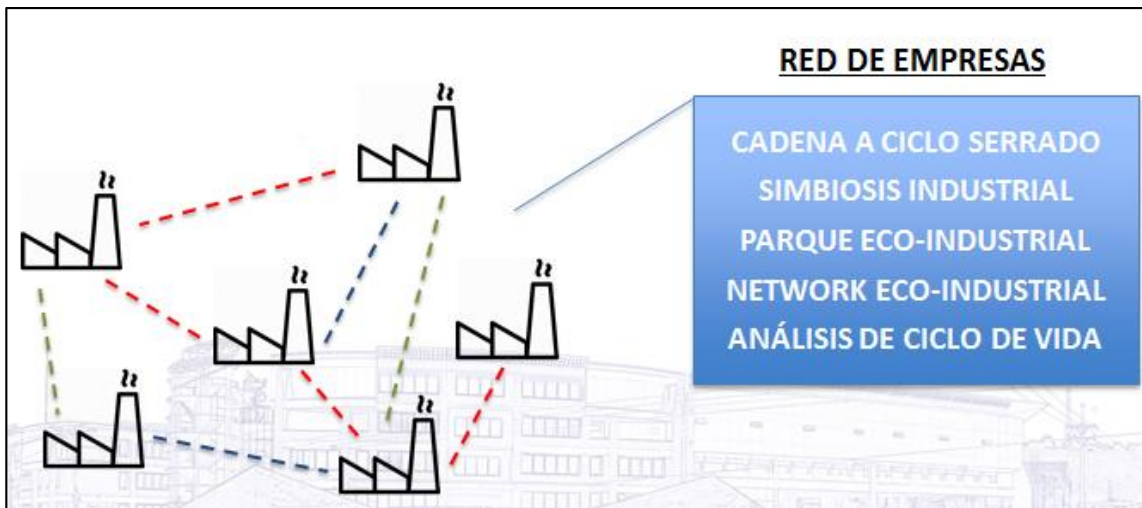
Fuente: Pirámide hacia la sustentabilidad (Modificada de Basu y Dirk, 2006).

**Gráfico 13. LOS NIVELES DE LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL – 1° NIVEL**



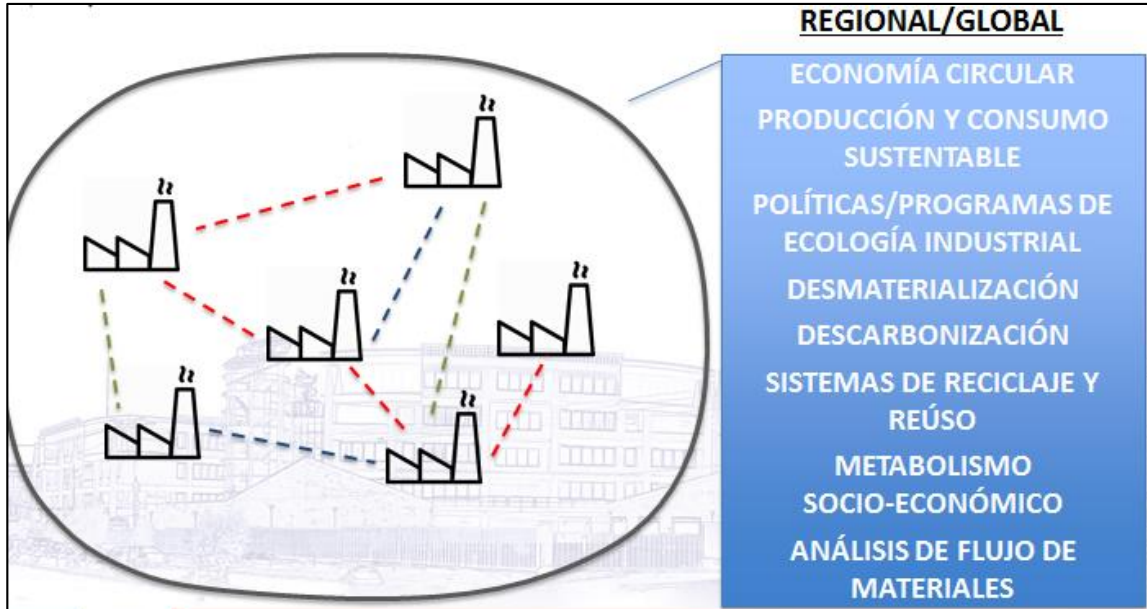
Fuente: seminario internacional la ecología industrial para el desarrollo de una economía circular en Ecuador

**Gráfico 14. LOS NIVELES DE LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL – 2° NIVEL**



Fuente: seminario internacional la ecología industrial para el desarrollo de una economía circular en Ecuador

**Gráfico 15. LOS NIVELES DE LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL – 3° NIVEL**



Fuente: Seminario internacional la ecología industrial para el desarrollo de una economía circular en Ecuador

#### 1.2.4. Producción más limpia

La aplicación continúa de una estrategia integrada de prevención ambiental en los procesos, los productos y los servicios, con el objetivo de reducir riesgos para los seres humanos y para el medio ambiente, incrementar la competitividad de la empresa y garantizar la viabilidad económica.

En los procesos de producción, la Producción Más Limpia aborda el ahorro de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas y la reducción en cantidades y toxicidad de desechos y emisiones.

En el desarrollo y diseño del producto, la Producción Más Limpia aborda la reducción de impactos negativos a lo largo del ciclo de vida del producto: desde la extracción de la materia prima hasta la disposición final.

En los servicios, la Producción Más Limpia aborda la incorporación de consideraciones ambientales en el diseño y entrega de los servicios.

### 1.2.5. **Objetivos de Desarrollo Sostenible**

Los nuevos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), u Objetivos Mundiales, orientarán la política de desarrollo y financiamiento durante los próximos 15 años con 2030 como fecha límite, con diecisiete objetivos mundiales. El tema del presente estudio se encuentra enmarcado en los objetivos:

Objetivo 6. Garantizar la disponibilidad de agua y su ordenación sostenible y el saneamiento para todos

Objetivo 7. Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos

Objetivo 8. Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos

Objetivo 9. Construir infraestructura resiliente, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación

Objetivo 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles

Objetivo 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos

Objetivo 14. Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible

Objetivo 15. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, efectuar una ordenación sostenible de los bosques, luchar contra la desertificación, detener y revertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica.

Los objetivos de desarrollo sostenible van acompañados de metas y se elaborarán con mayor detalle mediante indicadores centrados en resultados mensurables. Están orientados a la acción y son de carácter mundial y de aplicación universal. Tienen en cuenta las diferentes realidades, capacidades y niveles de desarrollo nacionales y

respetan las políticas y prioridades de cada país. Se basan en los cimientos sentados por los Objetivos de Desarrollo del Milenio, tienen por objeto terminar la tarea incompleta de los Objetivos de Desarrollo del Milenio y responden a los nuevos desafíos. Constituyen un conjunto integrado e indivisible de prioridades mundiales para el desarrollo sostenible. Las metas se definen como objetivos mundiales ambiciosos y cada gobierno establece sus propias metas nacionales guiado por el nivel de ambición a escala mundial, pero teniendo en cuenta las circunstancias nacionales. Las metas y los objetivos integran los aspectos económicos, sociales y ambientales y reconocen los vínculos que existen entre ellos para lograr el desarrollo sostenible en todas sus dimensiones.

#### **1.2.6. Matriz productiva y energética**

El Ecuador es, actualmente, autosuficiente en términos totales de energía, lo que le permite exportar sus excedentes energéticos. Sin embargo, el país es también importador de energía secundaria, principalmente de diésel, gasolina, naftas y gas licuado de petróleo. Esto se refleja en un índice decreciente de suficiencia de energía secundaria, lo que significa que cada año el país importa una mayor cantidad de derivados de petróleo para suplir su demanda. (FIESP-OLADE, 2010).

#### **1.2.7. Sectores Estratégicos**

Los Sectores Estratégicos son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social.

En el Ecuador se consideran Sectores Estratégicos la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el espectro radioeléctrico, el agua y los que determine la ley.

Los sectores estratégicos son de rectoría, control y manejo exclusivo del Estado. La visión del Gobierno Nacional es la recuperación de la soberanía y manejo de los sectores estratégicos para beneficio de todos los ecuatorianos.

Es así que la creación de Ecuador Estratégico responde a la necesidad de una empresa pública creada con la finalidad de planificar, diseñar, evaluar y ejecutar los planes, programas y proyectos de desarrollo local en las zonas de influencia de los proyectos en los sectores estratégicos.

A través del Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, el Gobierno Nacional impulsa un Plan Integral para el desarrollo de Industrias Estratégicas en el país. Estas parten del aprovechamiento responsable de los recursos naturales (materia prima), que se transforman en productos intermedios, los mismos que luego son requeridos por las demás industrias que elaboran productos finales.

Para el Ecuador estas materias provienen principalmente de los siguientes sectores: hidrocarburos (petróleo y gas), minería (metálica y no metálica) y recursos forestales. Las Industrias Estratégicas que integran este plan son: Siderúrgica (acero), Metalúrgica (refinería de cobre y aluminio), Petroquímica (compuestos intermedios para fabricar: plásticos, jabones, detergentes, pinturas, revestimientos, fibras sintéticas, entre otros), Pulpa (papel y cartón), y astilleros.

Estas industrias generarán varias actividades en el sector de la manufactura, comercial y de servicios, que dinamizan el desarrollo del país, como una palanca productiva, social y económica con valor agregado.

Los principales retos socio-económicos son reducir la pobreza y mejorar la calidad de vida, a través del fomento a la inversión, aumento y distribución de la renta, creación de puestos de trabajo, mejoramiento de la calificación y calidad del mercado laboral, crecimiento directo de la industria manufacturera, sustitución de importaciones, fomento de exportaciones con nuevos productos y nuevos mercados, desagregación y transferencia tecnológica y desarrollo de nuevas tecnologías.

Este plan se constituye en uno de los pilares dentro de la estrategia para el cambio de la matriz productiva. Su implementación generará un aceleramiento en el crecimiento económico y apoyará a superar los principales desafíos sociales del país.

### 1.3. Fundamentación de la investigación

La presente investigación tiene como objetivo principal, promover una estrategia preventiva integrada que se aplica a los procesos, productos y servicios a fin de aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente para el sector minero ecuatoriano, específicamente la fase de beneficiado. Además, incluye un uso eficiente de materias primas e insumos, generando un ahorro económico, enmarcado en el desarrollo sostenible.

Entre las principales razones que motivan este estudio están las variables económicas relativas a la minería en el Ecuador, así como los minerales existentes y el uso que se hace de los mismos. Las siguientes tablas permiten tener una visión global de estas cuestiones:

**Cuadro 4. Producción minera anual productos principales en Ecuador 2005-2014.**

SECTOR MINERO								
PRODUCCION ANUAL PRINCIPALES PRODUCTOS								
	ORO	PLATA	ARCILLA	CALIZA	CAOLIN	FELDESPAT O	SILICE	POMEX
	KILOGRAMO S	KILOGRAMO S	TONELADA S	TONELADA S	TONELADA S	TONELADAS	TONELADA S	TONELADA S
2005	5337,68	283,20	1318356,13	4854958,36	25078,26	38249,69	37789,55	636777,74
2006	5168,20	158,83	1309343,06	5456546,18	11504,21	67843,54	36208,37	707864,08
2007	4587,71	448,96	1413418,92	6326616,42	18617,69	63557,39	33907,40	941652,78
2008	4132,89	304,78	1577932,61	5366498,39	42613,90	86888,86	24799,13	1024896,04
2009	5392,19	115,60	1276529,28	4956671,94	28775,00	111985,07	73920,57	924527,44
2010	4592,76	1168,90	1414852,68	3862307,61	41089,40	156888,06	60018,80	718907,82
2011	4923,33	1589,06	2016027,00	5309485,09	95061,60	103498,36	83274,64	802397,32
2012	5138,94	2934,24	1949509,49	6283972,10	42563,90	152590,17	136806,40	951356,00
2013	8676,42	1198,39	1412989,66	6838391,04	100194,74	210142,38	90564,77	1735449,49
2014	7322,11	577,05	770936,72	6319428,21	40236,36	183259,13	80868,95	1728949,27

Fuente: (Banco Central del Ecuador, 2015)



Como se aprecia en esta tabla, los metales preciosos y minerales empleados en la construcción son los principales rubros de la producción minera ecuatoriana, teniéndose una clasificación en kilogramos para el primer caso, y en toneladas, para el segundo. De los minerales metálicos, se observa que mientras el oro tuvo un comportamiento estable, la plata muestra cambios abruptos de año a año en su producción. Los minerales metálicos y no metálicos son obtenidos tanto de explotaciones mineras como de procesos de reciclaje (Banco Central del Ecuador, 2015).

En términos macroeconómicos, el sector minero aportó con USD 1.041 millones al PIB nacional, lo que representa el 1,5% de dicho indicador, específicamente en los rubros de explotación de minas y canteras y fabricación de productos minerales no metálicos (Ministerio de Minería del Ecuador, 2016).

Es decir, la minería no es un rubro que aporte significativamente a la economía nacional, pero su desarrollo genera diversos impactos ambientales, de forma especial la minería informal o ilegal, carente de regulación y control por las instituciones públicas correspondientes. Los efectos ambientales se dan principalmente en el agua. Esto, debido principalmente a prácticas tales como “la construcción de escombreras y diques para relaves, manejo de explosivos y sustancias químicas, cierre técnico de minas, entre otros que requieren la realización de rigurosos estudios técnicos y estricto cumplimiento de sus planes de manejo ambiental” (Ministerio de Minería del Ecuador, 2016, pág. 12).

Con estos argumentos iniciales, se plantea el desarrollo de los antecedentes del estudio, que permitirán una mejor ubicación, descripción e interpretación del objeto central de esta investigación.

#### **1.4. Determinación de variables**

En el presente estudio se han definido las siguientes variables:

- **Independiente.** Estudio de factibilidad de un modelo innovador de simbiosis industrial
- **Intermedia o interviniente.** Fase de beneficio del mineral en el distrito Zaruma-Portovelo
- **Dependiente.** Proyecto estratégico del sector minero

### 1.3.1. Operacionalización de variables

Cuadro 5. Matriz de Variables

Variable	Dimensiones	Indicador	Técnica	Instrumento
<b>Independiente</b> Estudio de factibilidad de un modelo innovador de simbiosis industrial	Medio ambiente	Estrategias productivas	Lista de chequeo	Registro
		Estrategias de protección ambiental		
	Sociedad	Calidad de vida para el individuo, su familia y la comunidad		
	Economía	Desarrollo económico sostenible, basado en las prácticas económicas eficientes		
<b>Intermedia</b> Fase de beneficio del mineral en el distrito Zaruma-Portovelo	Procesos técnicos	Físicos	Lista de chequeo	Registro
		Químicos		
		Físico-químicos		
	Prácticas amigables con el ambiente en los procesos de la fase de beneficio	Lavado		
		Conminución		
		Homogeneización		
		Clasificación		
Viabilidad económica	Concentración			
	Costos			
	Rentabilidad			
<b>Dependiente</b> Proyecto estratégico del sector minero	Identificación del impacto ambiental	Componente ambiental biótico	Lista de chequeo	Registro
		Componente ambiental abiótico		
		Componente ambiental social		
	Valoración de la	Atributo cualitativo		
		Caracterización del atributo		

<b>Variable</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicador</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
	magnitud del impacto ambiental	Efecto que produce la actividad en el atributo		
	Relación de Actividades, Impactos y Fichas de Manejo	Actividades que generan impacto		
		Impactos		
		Medidas de manejo en las fichas		

**Elaborado por:** Roberto Logroño (2017)

## CAPÍTULO II

### 2. METODOLOGÍA Y ESTRUCTURACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

#### 2.1. Paradigma o enfoque epistemológico

El presente trabajo investigativo se ubica en el paradigma socio crítico porque parte de un análisis crítico de la realidad, contribuyendo al mejoramiento de las condiciones de seguridad, salud y ambiente de las condiciones en que trabaja el sector minero dentro de sus diferentes fases de su actividad.

Según los objetivos establecidos la metodología aplicada es la Investigación Descriptiva, de campo para realizar el diagnóstico real del problema; se realizará una investigación bibliográfica y documental para apoyarnos en la información existente, luego de lo cual se diseñará un modelo de simbiosis industrial.

#### 2.2. Modalidades básicas de investigación.

El diseño de la investigación está acorde a las siguientes modalidades de investigación:

##### a) **Bibliográfica documental:**

La investigación tiene esta modalidad porque se asiste a fuentes de información secundaria en tesis de posgrado, libros, revistas especializadas, publicaciones, módulos, internet. También se acude a fuentes primarias obtenidas a través de documentos válidos y confiables, que sirven de soporte para el desarrollo del marco lógico.

##### b) **De campo:**

Se trabaja con la modalidad de investigación de campo porque se acude al lugar exacto en donde se producen los hechos para interactuar y recabar información de la realidad y contexto de estudio. Se utiliza primero la observación en el lugar para luego crear

fichas de recolección de datos que se ajusten a la realidad estudiada y que permiten obtener información clara y concreta del tema investigado.

**c) De intervención social o proyecto factible:**

A demás de las modalidades anteriores el trabajo de grado toma la modalidad de proyecto factible porque se plantea una propuesta de solución al problema investigado, buscando cubrir la necesidad que se detecta.

**2.3. Población y muestra**

La población que se utiliza en esta investigación, son las 73 plantas de beneficio del sector minero regularizadas que se encuentran en el distrito Zaruma – Portovelo, ubicadas en los cantones Zaruma y Portovelo, Provincia del Oro, de las cuales se realizó un muestreo aleatorio de diez muestras de suelo y agua considerando la similitud de los procesos productivos dentro de la fase de beneficio, aplicando como criterio de selección de esta muestra a plantas de beneficio de minerales metálicos de pequeña minería.

**2.4. Técnicas para la obtención de información**

Para la evaluación cuantitativa y cualitativa de los procesos productivos se utilizó la matriz de Leopold, matriz de causa-efecto, misma que evalúa los componentes ambientales en relación a las actividades de la fase de beneficio de la industria minera caracterizando a los impactos ambientales como: bajos, moderados, altos que se producen como consecuencia de las actividades.

**2.5. Procedimientos de la investigación**

El procedimiento que se seguirá para la presente investigación es: Recopilación bibliográfica relacionando con el tema a desarrollar, planteamiento del problema, diseñar los objetivos general y específicos, justificación e importancia, construcción del Marco Teórico, el diseño de las preguntas directrices, realizar la operacionalización de las variable, fichas de observación, aplicación de los instrumentos en el campo

para la recopilación de la información, esto ayudará obtener la información para el desarrollo del presente trabajo, análisis e interpretación de los resultados obtenidos, conclusiones y recomendaciones, elaboración de la propuesta y todo el documento del trabajo.

## **2.6. Procedimiento para validar los datos**

Se describirá acerca del nivel y diseño de la investigación, sobre el presente trabajo realizado bajo la modalidad de proyecto factible, sobre el estudio de factibilidad, sobre la metodología de desarrollo, población y muestra, unidad de análisis, las técnicas y los instrumentos de recolección de datos, validez del cuestionario y por último sobre las técnicas de procesamiento y análisis de datos.

## **2.7. Procedimiento para procesamiento y análisis**

Para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos de la investigación, como producto de la aplicación de los instrumentos, se recopilaron, tabularon y elaboraron cuadros y gráficos, se utilizó estadística descriptiva (distribución de frecuencia) que en el desarrollo del trabajo ameritaron ser utilizados.

## **2.8. El plan de análisis e interpretación de resultados**

El análisis e interpretación de los datos debe proporcionar las bases para la toma de decisiones, y al mismo tiempo ser utilizada para su difusión.

Si bien el análisis e interpretación de los resultados es la última etapa del proceso de investigación, todas las anteriores, comprendidas en el diseño, concurren hacia la realización de esta importante operación.

El propósito del análisis es resumir las observaciones llevadas a cabo de forma tal que proporcionen respuesta a las interrogantes de la investigación

La relación entre análisis e interpretación y la forma específica que toman, tanto separada como conjuntamente, varían de un estudio a otro, dependiendo de los distintos esquemas o niveles de investigación y, fundamentalmente, del diseño propuesto.

## **CAPÍTULO III**

### **3. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Descripción general del sector de estudio**

##### **3.1.1. Ubicación**

Los cantones de Portovelo y Zaruma se ubican al sureste de la Provincia de El Oro. La zona de estudio da origen a la cuenca perteneciente a las provincias de Loja y El Oro al sur del Ecuador; la hidrográfica del río Puyango-Tumbes ocupa una extensión aproximada de 5.500 km<sup>2</sup> compartidos entre el Ecuador y Perú, con 4.400 km<sup>2</sup> y 1.100 km<sup>2</sup>, respectivamente, con una orientación de norte a sur. Los cauces principales del eje denominado Puyango en Ecuador y Tumbes en Perú son: Ambocas, Luis, Amarillo y Calera. (Pineda, 2010).

El sector minero El Pache se encuentra al sureste de la provincia de El Oro en el distrito minero Portovelo – Zaruma siguiendo el río Calera y Amarillo. Las características geográficas y topográficas del sector de estudio, forman diferentes microclimas. En general el régimen climático se puede caracterizar como subtropical semihúmedo, su temperatura es 22 °C promedio (Pineda, 2010).

##### **3.1.2. Actividades económicas**

La principal actividad existente en la zona de estudio corresponde a la minería. El producto principal que se comercializa es el oro. Pero la actividad socioeconómica de Zaruma y Portovelo no depende solamente de su riqueza aurífera, sino también de la fertilidad de sus suelos. Hoy en día la agricultura constituye la segunda fuente de ingreso para los habitantes de éstas zonas. Los principales productos que aquí se dan



son: caña de azúcar, maíz, café, yuca y piña. Otra base importante en su economía es la actividad ganadera y turística (Sánchez, 2011, pág. 12).

### 3.1.3. Geomorfología

Centrándose en la zona donde se ubican las plantas procesadoras de mineral, se presenta un relieve de los valles tipo V en referencia aguas arriba del río Calera desde el puente de Buza. Aguas abajo presenta un relieve tipo valle de fondo plano hasta la unión con el río Amarillo formando un pequeño valle que se extiende en dirección Norte-Sur.

En las márgenes se localizan pequeñas terrazas por acumulación de material aluvial, que han sido aprovechadas para instalar las plantas de beneficio de minerales y algunas piscinas para acumulación de relaves. La pendiente es entre (1 y 5) % (El Pache), mientras que a sus alrededores podemos encontrar pendientes inclinadas entre el (20 al 50) % y pendientes fuertes mayores al 50%. Las pendientes fuertes son más evidentes hacia la margen derecha del río donde se puede notar fuertes escarpes como la Nariz del Diablo (frente al puente del Pache) y cerca de la unión con el río Amarillo (Puente Negro) donde el valle se cierra, con colinas de montañas redondeadas. Las alturas del valle del Calera están entre (586 y 1 549) metros sobre el nivel del mar (Sánchez, 2011).

## 3.2. Descripción de la fase de beneficio en el sector de estudio

En este subtítulo se detalla la infraestructura básica para la recuperación de minerales auríferos en los diferentes sectores mineros correspondientes al distrito minero Portovelo- Zaruma. La siguiente tabla contiene una descripción básica de la información requerida:

**Cuadro 6. Plantas de Beneficio Distrito minero Portovelo- Zaruma.**

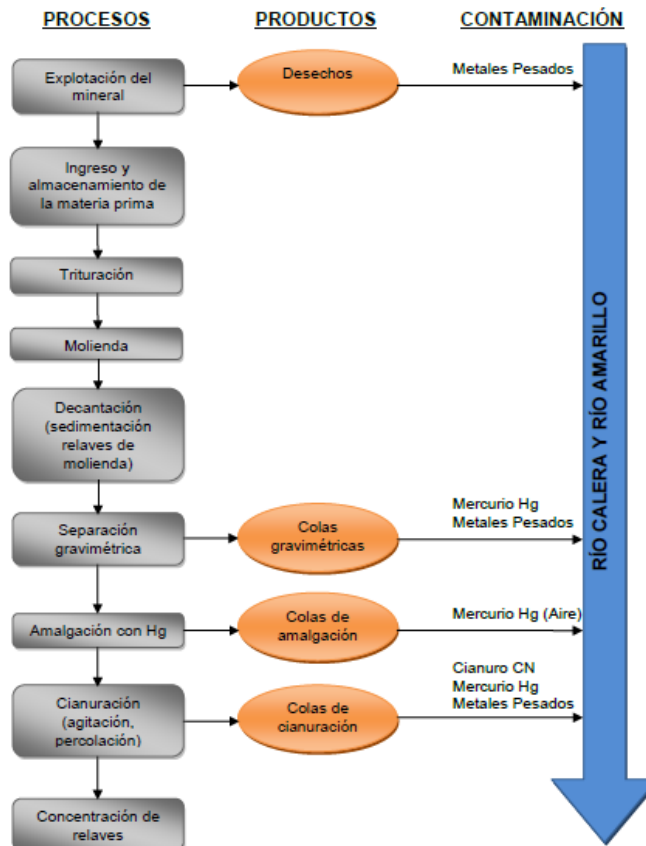
SECTOR	UNIDADES DE PROCESAMIENTO				
	Molinos		Cianuración		Chanchas
	Ruedas	Bolas	Percolación	Agitación	
Arcapamba	13	1	0	8	4
Pache	50	5	34	92	17
El Salado	23	0	31	33	0
Malvas	3	0	2	2	1
Puente Negro	4	1	6	4	0
Huertas	2	0	4	1	2
El Paraíso	4	0	0	0	0
Curipamba	6	0	0	0	1
Buza	1	2	1	0	0
Portovelo	6	0	0	0	0
Quebrada del Banco	0	0	1	0	0
San Antonio	6	0	0	0	0
Malvas Arcapamba	1	0	1	0	0
Muluncay Grande	1	0	0	0	0
Malvas Muluncay	5	0	0	0	0
La Florida	7	0	0	0	0
Zaruma	1	0	0	0	0
Roma	3	0	0	0	0
Minas Nuevas	1	0	0	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>137</b>	<b>9</b>	<b>80</b>	<b>140</b>	<b>26</b>

Fuente: (Sánchez, 2011, pág. 17).

Al observar la anterior tabla, es evidente que los sectores El Pache y El Salado tienen el mayor porcentaje de unidades de molienda. El sector el Pache destaca con más unidades. La capacidad es directamente proporcional al volumen de mineral procesado, al gasto de energía, la mano de obra, reactivos e insumos utilizados.

En la siguiente figura se muestra las formas de procesamiento del mineral que se realizan en las plantas de beneficio:

Gráfico 16. Formas de procesamiento del mineral en la minería



Fuente: (Marín, 2011, pág. 34)

Quebrantadura.- Reducción de las rocas grandes, a pequeñas partículas del mineral, sometido a una chancadora.

Molienda.- Reduce los productos suministrados por la trituración a granos de tamaño más pequeños con la finalidad de liberar el oro libre. Los molinos utilizados en el sector son los de tipo trapiche “chilenos” y los de “Bolas”.

Concentración Gravimétrica.- El material obtenido de los molinos chilenos pasa a unas canaletas, que contienen bayetas o lonas. Su función es retener el mineral con mayor densidad como el oro.

Amalgamación.- Permite la recuperación de oro a partir del material capturado en las bayetas (concentrado). El proceso consiste en la formación de aleaciones entre el mercurio y los metales contenidos en el concentrado (amalgamas).

Cianuración de Relaves.- La arena aurífera es sometida a un proceso de lixiviación con cianuro, ya sea de sodio (NaCN) o potasio (KCN), con la finalidad de solubilizar el Oro y la Plata.

Piscinas de Percolación.- Las arenas son cargadas a las piscinas que generalmente son de cemento con fondo falso de guadua con bayeta. Luego se adiciona cal para obtener un pH básico (10 a 11). La concentración de la solución de cianuro varía de (1 a 1.5) gr/L. El proceso es bastante lento, dependiendo de la porosidad del material, el tiempo promedio en el sector es de 30 días.

Cianuración por Agitación.- Se emplean tanques de agitación con una capacidad de (5 a 18) toneladas. El tiempo de lixiviación del metal va de (8.24 y 48) horas. En la zona se trabaja con el proceso CIP (carbón en pulpa).

Recuperación de metales nobles.- Una vez obtenida la solución de cianuro áurico, se utilizan varios procesos de recuperación como la cementación con zinc y la adsorción con carbón activado.

Precipitación con virutas de zinc.- El oro y la plata disueltos en la solución de cianuro están en forma de complejos cianurados de oro y plata. El oro y la plata pura se pueden recuperar fácilmente por la adición o contacto con zinc.

Adsorción por carbón activado.- El carbón adsorbe al oro contenido en la solución cianurada por la alta porosidad en su superficie interna. Una vez que el carbón está cargado con los metales preciosos, se lo lava en una criba o tromel para luego pasarlo a las torres de desorción. En las torres se descarga el oro y la plata en una solución térmica.

Calcinación, Fundición y Refinación de Oro y Plata.- Los precipitados que contienen los metales como Zinc, Oro, etc., se funden para la obtención de barras. Al final las barras son tratadas con ácido nítrico para purificarlas.

Calcinación de los precipitados de Cianuración.- Este proceso tiene por finalidad eliminar agua, cianuros, materia orgánica presente en los precipitados y zinc que no reaccionó con la solución.

Fundición.- El principal objetivo de la fundición es obtener los metales nobles con el mayor grado de pureza. Este proceso se lo realiza con el oro derivado después de la amalgamación y de la Cianuración con tetraborato de sodio (conocido comercialmente como bórax).

Refinación.- La finalidad de este proceso es obtener el oro y la plata por separado. Se utiliza ácido nítrico, el cual ataca las barras que contienen los metales para disolverlos. Especialmente es atacada la plata, separando al oro puro.

Flotación.- Este proceso utiliza un conjunto de reactivos los cuales ayudan a que los minerales sean hidrofóbicos. Se hace atravesar una corriente de aire para formar espuma en la cual flotan los minerales. Luego son extraídos y recogidos en un canal para su transporte. (Sánchez, 2011)

### **3.3. Almacenamiento de productos y secuencia de procesos**

La producción dentro de una planta de extracción minera en la zona de Portovelo-Zaruma, es en su mayoría materia prima, existe un promedio de 10 toneladas diarias, es un proceso realizado semanalmente.

Tomando en cuenta los datos que se tienen sobre la producción es fácil resolver que dentro de la misma existirán gran cantidad de desechos, ya sean: comunes, de alto riesgo, tóxicos, etc. La falta de información se ve reflejada en la mala implementación de manuales de procesos, provocando la evacuación y movilización indiscriminada de los desechos, así como también el mal almacenamiento de los productos obtenidos, que

a largo plazo pueden generar un impacto ambiental de la misma manera que los desechos.

Se puede evidenciar que no existe el control adecuado, el déficit de infraestructuras correctamente instaladas que cumplan con normas establecidas por programas de certificación, y la mala administración de las productoras mineras.

El almacenamiento de minerales es un conjunto de actividades destinadas a resguardar la producción minera de un determinado tiempo, generalmente de 10 días o 200.00 TM, antes de su traslado a los centros de aprovechamiento. Los puntos de almacenamiento se hallan en sectores contiguos al área de beneficio (Pineda, 2010).

### **3.4. Residuos mineros**

En el distrito minero Portovelo – Zaruma existen alrededor de 109 plantas de beneficio mineral que enfocan su esfuerzo a la recuperación de metales preciosos especialmente Oro (Au) y Plata (Ag), maneándose de manera inadecuada, y así, generando más de 500.000 toneladas de residuos o relaves mineros por año. Durante la realización del proceso de extracción del mineral se generan tres tipos de residuos: líquidos, sólidos y de gases, que se describen a continuación.

Entre los años 2011 y 2013, el Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INIGEMM) realizó una investigación de los pasivos ambientales del distrito minero Zaruma-Portovelo.

En relación a la contaminación del suelo en el distrito minero Zaruma-Portovelo el documento técnico publicado por INIGEMM indica que se registraron trece (13) lugares donde se depositan los relaves procedentes de las plantas de beneficio, y que constituyen fuentes de contaminación del suelo en la zona. Adicionalmente, el estudio indica que los acopios de relaves no están dispuestos de manera técnica, sino que están expuestos sin impermeabilización de su lecho, con el riesgo de causar drenaje ácido e

infiltraciones que causan contaminación de suelo con elementos químicos peligrosos y pueden afectar el nivel freático.

El estudio incluyó un análisis de muestras de suelos contaminados con relaves de esos sitios, que identificó la presencia de metales de alto riesgo sanitario y en especial de riesgo para uso agrícola del suelo. Los metales identificados fueron plata, arsénico, cadmio, cromo, cobre, níquel, plomo, antimonio, selenio, estaño, vanadio y zinc. Otro grupo de elementos que se encontraron fueron metales no regulados en la legislación nacional tales como aluminio, oro, bromo, calcio, hierro, potasio, magnesio, manganeso, radio, rubidio, estroncio, titanio, tulio, itrio y zirconio.

**Cuadro 7. Parámetros monitoreados**

COORDENADAS		PARÁMETROS												
X	Y	Ag	Al	As	Au	Ba	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
651465	958748	43.8	642.06	19.54	<0.1	25.21	4964.4	42.51	<0.2	<0.2	<0.2	147.7.2	903.89	0.01
651016	9586805	8.2	702.25	22.63	<0.1	53.13	1900.38	13.47	<0.2	<0.2	15.3,4	140.0	617.05	0.02
650914	9586435	30.9	489.00	34.37	<0.1	17.15	<30.000	<0.1	<0.2	<0.2	<0.2	123.2.2	101.389	0.26

COORDENADAS		PARÁMETROS												
X	Y	k	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Sc	Sr	V	Zn	Zr	
651465	958748	208.40	10485.15	1126.38	<0.6	<0.5	1954.1	<3	3.7.6	57.1	<6	36.35	<3	
651016	9586805	284.04	23432.81	1557.10	79.56	<0.5	389.4	<3	14.68	139.9	<6	12.03	<3	
650914	9586435	167.35	<1500	164.2.0	<0.6	<0.5	2876.2	<3	3.8.8	36.4	<6	40.9	<3	

Fuente: INIGEMM (2013)

Otro estudio realizado por la Universidad de British Columbia (UBC) de Canadá y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) en 2014, concentró los análisis de suelos en el sector El Pache, a lo largo de 2 km de distancia considerando la presencia de plantas de beneficio.

Las muestras de suelo fueron tomadas, en sitios donde no existía acumulación de relaves (suelo puro), y de alguna manera diferente a las muestras de suelos que fueron reportadas por el INIGEMM en el estudio de pasivos ambientales.

Se analizaron metales pesados usando el ICP-MS con adaptación de método OIA 1677 y, para mercurio, se utilizó el espectrofotómetro de absorción atómica con digestión previa de la muestra.

**Cuadro 8. Los resultados de estos análisis parámetros monitoreados.**

COORDENADAS			PARÁMETROS									
X	Y	Altura	Sitio	Características	As	Cd	Cu	Hg	Pb	Sb	Zn	
650832	9601145	933	Buza	Suelo arenoso. color negro. espesor 8 cm	96,73	0,05	120,4	0,03	195,4	11,16	382	
650639	9585152	568	Portovelo . terrenos del ex PREDES UR	Suelo arenoso. color negro. espesor 5 cm	146,5	8,51	578,9	0,03	422	8,46	718,4	
651569	9588049	623	Margen del río La Calera	Suelo arenoso. color negro. espesor 7 cm	0,05	0,05	217,5	0,03	19,1	2,87	703,2	
652283	9588169	621	Margen del río Amarillo	Suelo arenoso. color negro. espesor 25 cm	20,87	0,05	163,6	0,03	61,41	0,05	183,1	

Fuente: ONUDI (2014)

### 3.4.1. Residuos líquidos

Aguas residuales altamente contaminadas que son vertidas directa o indirectamente al río Calera y Amarillo que en su composición contienen diferentes metales pesados: Mercurio (Hg), Arsénico (As), Plomo (Pb) y Cianuro (CN) como compuesto químico, casos de estudio en la presente investigación. (Marín, 2011, pág. 35)



**Gráfico 17. Confluencia del río Amarillo (contaminado) con el río Pindo.**



Fuente: PRODEMINCA, 2008 – 2009.

**Gráfico 18. Vertido de residuos líquidos a los ríos Calera y Amarillo (A la izquierda tonalidad marrón del río Calera, a la derecha descargas de cola).**



Fuente: Roberto Logroño (2016)

### **3.4.2. Residuos sólidos**

Llamados también relaves o cola son desechos tóxicos, subproductos finales de procesos mineros y concentración de minerales para la extracción especialmente de Oro y Plata, usualmente son una mezcla de tierra, minerales, agua y rocas. Se define como el desecho mineral sólido de tamaño entre arena y limo provenientes del proceso de concentración que son producidos, transportados o depositados en forma de lodo en las relaveras para su secado (Marín, 2011).

**Gráfico 19. Vertido de residuos sólidos: depósito de relaves**



Fuente: Roberto Logroño (2016)

**Gráfico 20. Vertido de residuos sólidos: depósito de relaves**



Fuente: Roberto Logroño (2016)

### **3.4.3. Residuos por gases**

Son el resultado del proceso de combustión de los combustibles fósiles (petróleo) producidos por las maquinarias y equipos durante el procesamiento y extracción; éstos gases son emitidos inmediatamente a la atmósfera a altas temperaturas en forma de compuestos gaseoso como CO<sub>2</sub> (Marín, 2011).

## **3.5. Gestión de desechos y control ambiental**

### **3.5.1. Desechos generados en una producción minera**

En años anteriores los desechos sólidos eran arrojados directamente al río Amarillo lo cual producía un alto índice de contaminación, en Enero del 2009 se firmó un acta de Compromiso entre los cuatro cantones de la Parte Alta; Piñas, Portovelo, Zaruma y Atahualpa, para poder darle un mejor tratamiento a la basura.

Tras una reunión efectuada entre autoridades de Gobierno y locales se resolvió que la basura de los municipios de Portovelo, Zaruma y Atahualpa se depositará en un predio de dos hectáreas, en el sitio El Pache, a pocos metros de la vía que conduce a Zaruma y a 50 metros del río Amarillo.

Es importante mencionar que los cantones de la Parte Alta se comprometieron en reubicar dichos botaderos en uno solo, para esto contrataron la consultoría encargada de encontrar un lugar estratégico dentro del cantón Piñas.

Es notorio que ha habido un descuido en este aspecto por parte de algunos cantones pero también es importante comentar que tienen una manifiesta voluntad de mejorar y preservar el ambiente. Ya que vivimos en el siglo XXI donde está demostrado que el Cambio Climático y la devastación medio ambiental es un hecho, sobre todo los ríos que son fuente de vida.

Debemos tener cambios y proyectos realizables que no se queden en simples textos si no que realmente produzcan mejoras para la vida de los pueblos del País y porque no decirlo del MUNDO.

Portovelo produce un promedio de 7 toneladas de basura al día, que es recogida del sector urbano por un recolector, para luego desecharla al botadero provisional que existe en el Cantón hasta que se construya el nuevo sistema de tratamiento de desechos sólidos.

Las características del basurero son; 2 Celdas de 80x50= 4000m<sup>2</sup> con tanques de tratamientos de lixiviados. Su costo bordea los \$ 450.000,00. Fuera de la maquinaria para su Operación y funcionamiento

### **3.5.2. Proceso de gestión de desechos**

Para desfogue de desechos líquidos existen generalmente uno o dos lugares de desagüe. Varios terminan en cursos naturales y en otros casos no tienen conducto de desfogue, por lo que puede ser que exista lixiviación, infiltración o/y evaporación.

En el caso de desechos líquidos, una vez que los relaves se han sedimentado se extraen las arenas y se acumulan en la Planta o son llevadas a otros sitios considerados como cementerios de relaves, ya sean propios o de uso común (Sánchez, 2011, pág. 30).

## **3.6. Impacto, control ambiental y medidas de prevención**

### **3.6.1. Consideraciones generales**

El mayor problema ambiental que soporta Portovelo es la contaminación del agua, aire y suelo por la actividad minera formal e informal, siendo la informal, por su difícil acceso a los controles, la más perjudicial para sí mismos, el ambiente y la población. No existe medida para mitigar el medio ambiente.

En estos últimos días, en las plantas de beneficio aurífero y molinos, están realizando un Estudio de Impacto Ambiental, para implementar el manejo y mitigar la contaminación. Pues, en la Cuenca del Río Puyango, se consume el agua contaminada del Río Amarillo, con consecuencias legales y médicas.

La minería como tal, es degradadora del medio ambiente, y se ha convertido 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 (Amalgamación y lixiviación de relaves.)
- Deforestación y daño a la escasa cobertura vegetal.
- Incremento de la turbidez y contenido de sólidos suspendidos en la red hídrica.
- Incremento de los contenidos de metales pesados en la red hídrica.
- Excesiva sedimentación de los cauces de los 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 Educativo, Bajo nivel de conciencia social y medio ambiental.

El actual control ambiental es muy deficiente. Los problemas que generalmente han causado alarma entre la población son los efectos drásticos en la salud humana, causados por el uso de mercurio y cianuro (Sánchez, 2011, pág. 30).

La minería genera diversos impactos ambientales dependiendo las diversas fases del proceso minero, la variedad de sustancias minerales explotadas, la tecnología de extracción y concentración empleada y la localización de las instalaciones mineras. (Marín, 2011).

Las descargas de aguas residuales de las minas, que contaminan el suelo y agua son fundamentalmente de las empresas mineras y de la minería artesanal.

Los principales efectos del deterioro del medio ambiente como consecuencia de la explotación inadecuada de los recursos naturales renovables y no renovables son:

- Contaminación del ecosistema en donde habitamos.
- Destrucción de los suelos haciéndolos estériles

- Impactos en la Salud humana, por la contaminación de los recursos hídricos, que se utilizan a diario.
- Extinción de peces y más especies vegetales y acuáticas.
- Deforestación de bosques para la utilización de la actividad minera (sostenimiento de túneles), ampliación de las zonas agrícolas y ganaderas.
- Permanente conflicto por el uso del espacio y los recursos naturales entre las empresas mineras con los mineros artesanales.
- Las características topográficas del cantón, propician fenómenos naturales como: deslizamientos, hundimientos, etc. Particularmente se ubican en áreas geográficas empinadas muy susceptibles a la erosión de tierras; se han registrado casos de deslizamiento de tierras en las localidades en todos los sectores del cantón y más aun con los asentamientos humanos por la construcción de vías o de cualquier tipo de obra.
- La aptitud general del territorio o el uso actual de suelo está definida por las actividades mineras, agrícolas, ganaderas.

### 3.6.2. Impacto en el suelo y agua

La contaminación del suelo es causada por la presencia de metales pesados Mercurio, Plomo, Arsénico y Cianuro casos de estudio; sea en la materia prima, en el procesamiento o en el transporte hacia las relaveras de los residuos mineros. Los residuos mineros ocupan grandes áreas de suelo que son inutilizables para otros fines como para la agricultura, ganadería; los residuos de cola producen impactos mayores al suelo al no estar bien manejados, contaminando considerablemente el terreno cercano a los depósitos de las arenas. (Marín, 2011).

La minería es una actividad que por su naturaleza requiere de mucha agua y sus fuentes generalmente se encuentran con intereses enfrentados con respecto de otros usuarios.

-Conforme la excavación se profundiza en la mina, las aguas subterráneas afloran dentro del túnel; esto seca las corrientes aguas abajo de la mina, y

desestabiliza el régimen de aguas en la roca y provoca un descenso considerable del nivel freático. Esta agua puede estar contaminada con metales pesados constituyentes de la roca (ELAW, 2010).

-La reducción del nivel de aguas subterráneas puede incluir la reducción eliminación de flujos de aguas superficiales; degradación de la calidad de aguas superficiales y del beneficio de sus usos; degradación del hábitat; se reduce también o se elimina la producción en pozos de abastecimiento doméstico; problemas de calidad/cantidad de agua asociados con la descarga de agua subterránea bombeada hacia aguas superficiales. Mientras ocurre el bombeo para retirar el agua, la descarga del agua bombeada, después de tratamiento adecuado, puede por lo general ser usada para mitigar efectos adversos en las aguas superficiales. Sin embargo, cuando cesa el bombeo de agua, los conos de depresión pueden tomar décadas en recargarse y pueden continuar reduciendo los flujos de agua (MINEO, 2000).

- Después del proceso de cianuración, las colas de desecho se depositan en piscinas de relaves cuyas geomembranas se encuentran en mal estado o simplemente no se utilizan; en otras ocasiones se desmoronan, consecuentemente el cianuro y metales pesados contenidos en las colas son vertidos a las aguas superficiales.

- De producirse infiltración de contaminantes hacia los acuíferos subterráneos se necesitaría mucho tiempo para que se renueve el agua contenida en ellos debido a que su flujo es lento y el volumen grande (Sánchez, 2011).

- En la ciudad de Portovelo, el río Amarillo acarrea los residuos sólidos y químicos de varios establecimientos dedicados a la actividad minera aguas arriba de ambos lados del río, dándole al agua un color grisáceo y olor objetable. A esto se suman las aguas servidas domiciliarias que los pobladores desechan directamente al río.

-Los proyectos mineros pueden contaminar los suelos con potencial actividad agrícolas, sea con derrames y fugas de materiales peligrosos y la sedimentación del material particulado de los diferentes procesos.

-Se puede producir erosión acelerada e inestabilidad del suelo, debido a los desmontes, deforestación y construcción de relaveras.

-El uso potencial del suelo para actividades agrícolas o recreacionales se ve afectado debido a que se utiliza este espacio para la construcción de escombreras, diques de colas, piscinas de lixiviación y la misma planta de beneficio (Albuja, 1994).

### 3.6.3. Impactos en el aire

La contaminación del aire en su calidad y composición se produce por sustancias extrañas a su constitución normal; en el distrito minero Portovelo – Zaruma para la obtención de metales preciosos se utilizan diferentes tipos de equipos mecánicos los mismos que generan una contaminación a la atmósfera de los cuales se citan los siguientes: el humos de vehículos (volquetas, tractores, etc.), las emanaciones gaseosas de las plantas de procesamiento de Oro y Plata (molinos, trituradoras) que contaminan el ambiente con CO<sub>2</sub>, polvo al remover arenas y triturar las rocas, ruido, malos olores de los compuestos químicos utilizados; siendo los habitantes del sector los más afectados (Marín, 2011, pág. 40).

En la etapa de voladura existe la presencia de polvos de sílice, que al ser inhalados por los trabajadores, puede llegar a los pulmones y a largo plazo podría causar alteraciones irreversibles como la silicosis, una enfermedad progresiva y degenerativa (Albuja, 1994).

- Las plantas de concentración gravimétrica al estar instaladas cerca de zonas pobladas, causan molestias a los habitantes por el excesivo ruido generado por los molinos, que incluso funcionan en horas de la noche; a esto se suma el tránsito



vehicular de camiones que transportan el material desde las minas a los molinos, que circulan por vías generalmente estrechas.

- Durante el proceso de amalgamación, platoneo y quema de la amalgama los trabajadores están expuestos a vapores de mercurio.

#### 3.6.4. **Impactos en la fauna y flora**

En la cuenca baja del río Amarillo, las colas al ser evacuadas al río generan turbidez que impide el ingreso de la luz en el río, generando la muerte del zooplancton y fitoplancton que al no poder realizar fotosíntesis simplemente desaparece, por otra parte los residuos químicos también se diluyen en el agua y elimina cualquier presencia de biota (INIGEMM, 2011).

#### 3.6.5. **Lista de Chequeo**

Para la evaluación cuantitativa y cualitativa de los impactos ambientales se utilizó la matriz de Leopold, matriz de causa-efecto, misma que evalúa los componentes ambientales en relación a las actividades de la fase de beneficio de la industria minera caracterizando a los impactos ambientales como: bajos, moderados, altos que se producen como consecuencia de las actividades.

Los factores ambientales analizados son: medio abiótico, biótico y antrópico.

##### Medio Abiótico

- Aire .- Producción de material particulado, producción de olores y vapores, generación de gases de combustión, vibraciones, ruido
- Agua.- Calidad de las aguas superficiales, Calidad de las aguas subterráneas, Modificación de caudales
- Suelo.- Uso del suelo, estabilidad, cambios en la calidad de los suelos

##### Medio Biótico

- Flora.- Diversidad y abundancia, extinción de especies (Árboles, arbustos, herbáceas, cultivos, microflora, especies en peligro.
- Fauna.- Diversidad y abundancia, migración o pérdida de especies, alteración del hábitat (terrestre, acuático, aéreo)

#### Medio Antrópico

- Seguridad y Salud Ocupacional
- Arqueológico/histórico
- Cambios en la cultura y tradiciones
- Generación de empleo
- Dinamización de la economía

#### Paisaje

- Cambios en el paisaje

Las actividades que se van a llevar a cabo para el funcionamiento de la fase de beneficio, han sido consideradas dentro de la identificación, evaluación y jerarquización de los impactos ambientales.

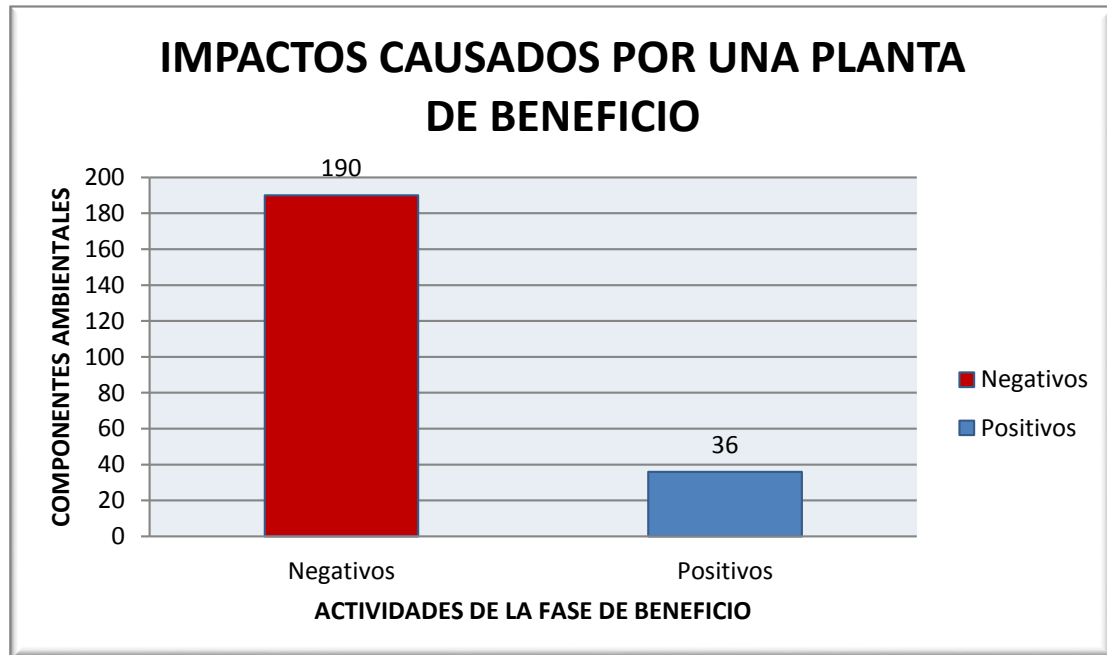
A continuación se detalla cada una de las actividades:

- Transporte del mineral al stock
- Almacenamiento del mineral
- Recepción del mineral
- Trituración Primaria
- Trituración Secundaria
- Alimentación del mineral
- Molienda
- Gravimetría
- Lixiviación por cianuro
- Desorción
- Flotación por espumas
- Espesado
- Filtrado de concentrados
- Fundición
- Refinación
- Comercialización
- Manejo de Relaves
- Sistema de tratamiento de efluentes

### 3.6.5.1. Resultados

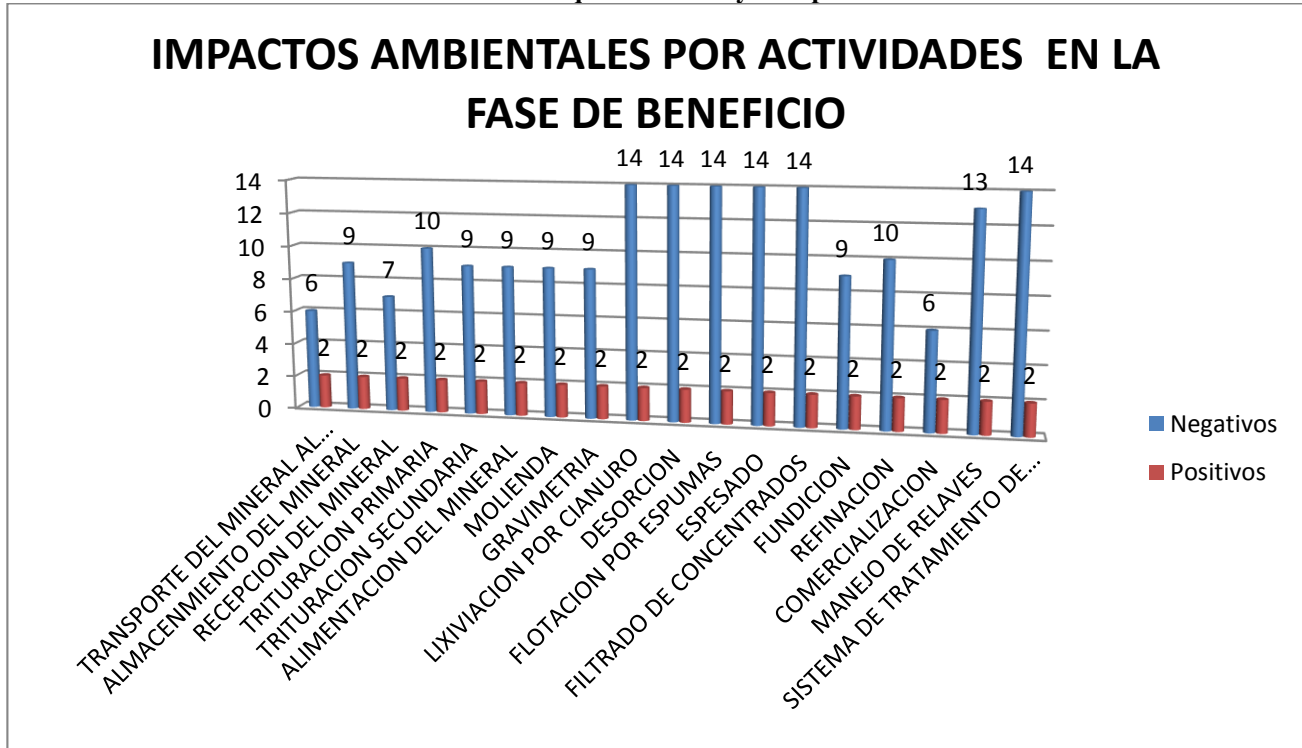
En la etapa de funcionamiento 190 de interacciones que corresponden al 84% generan impactos negativos y las 36 interacciones que equivalen al 16% generan impactos positivos.

**Gráfico 21. Impactos Ambientales Planta de Beneficio**



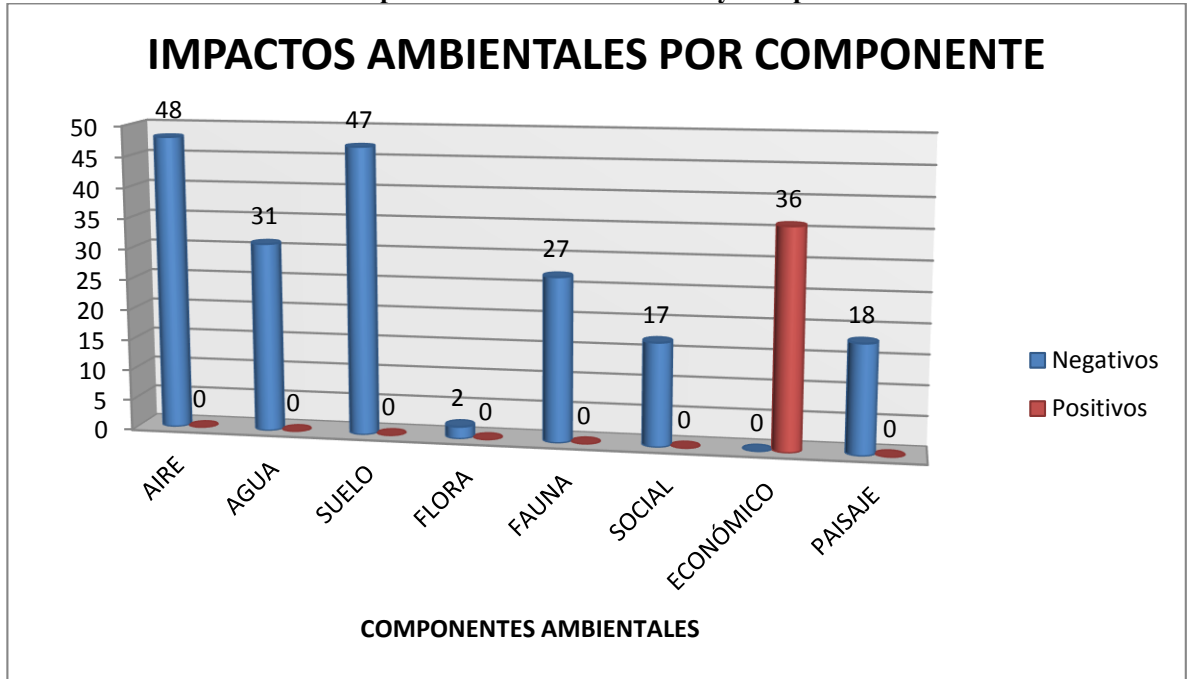
El mayor número de impactos negativos se generan durante los procesos de lixiviación (14) desorción (14), flotación (14), espesado (14), filtrado de concentrados (14), por ser actividades en las cuales se emplean sustancias químicas, mientras que en procesos como la trituración primaria (10), trituración secundaria (9), alimentación del mineral (9), molienda (9), gravimetría (9) la generación de impactos es menor por ser procesos físicos, actividades como el almacenamiento del mineral (9), recepción del mineral (7) y transporte del mineral (6) tienen el menor número de impactos por ser actividades que tienen el carácter de temporales, puntuales, de baja probabilidad de ocurrencia, magnitud baja y reversibles en su mayoría .

Gráfico 22. Actividades que causan mayor impacto



Según la agregación de impactos el mayor número de impactos negativos repercute sobre el componente aire (48) por la generación de ruidos, vibraciones, gases y olores que se generan de los diferentes procesos, en segundo lugar está el recurso suelo (47) por los cambios de uso de suelos que sufrirá, movimientos de suelos y estabilidad, seguido esta el recurso agua (31) por las afectaciones que puede sufrir si las aguas industriales no son manejadas correctamente, al igual que los desechos sólidos y líquidos peligrosos y no peligrosos que se generan de los diversos proceso, el recurso fauna (27) por la alteración que se generara a su hábitat, el componente socioeconómico (17) por sus múltiples afectaciones que puede sufrir si no se cumplen con normas de seguridad y lo establecido en el PMA , el paisaje (18) que de una u otra manera cambiara, y finalmente el recurso flora (2) en el cual el impacto es relativamente bajo porque el mismo ha sido alterado desde años atrás.

**Gráfico 23. Componentes Ambientales con mayor impacto ambiental**



En la etapa de funcionamiento el menor número de impacto de magnitud baja se reflejan sobre el componente socio-económico (45) porque las actividades se efectuaran cumpliendo normas de seguridad industrial y tratando en lo posible que el ser humano sea el menos afectado, en segundo lugar está el recurso suelo, seguido por el recurso aire, la flora y la fauna, el recurso agua será el menos afectado porque los procesos disponen de un sistema de recirculación de agua lo que de alguna manera incidirá para que los impactos ambientales negativos que se van a generar sean de baja probabilidad de ocurrencia, baja magnitud e intensidad, puntual, temporal y reversibles en su mayoría. Este componente también se ve beneficiado con impactos positivos que se reflejan en la generación de fuentes de empleo para los habitantes del lugar, acciones que se traducen en impactos de baja magnitud, intensidades bajas, temporales, regionales, puntuales y reversibles en su mayoría

En segundo lugar está el recurso suelo (35) porque todas las actividades que se realicen cumplirán con normas de seguridad y las establecidas en la normativa ambiental es decir las bodegas de productos químicos, insumos, materiales, desechos y demás infraestructuras dispondrán de cerramientos, techos, pisos impermeabilizados,

ventilación, seguridades y señalización estará acorde a la actividad, el área de las piscinas de relaves tendrán la estabilidad necesaria y deberán ser impermeabilizadas completamente para evitar filtraciones, sumando todas estas acciones, los impactos ambientales se traducen en negativos, de moderada probabilidad de ocurrencia, baja magnitud e intensidad, puntuales, temporales y reversibles en su mayoría, en tercer lugar está el recurso aire (32), cuarto lugar el recurso agua (11), la fauna (10) y finalmente la flora (2)

Mientras que mayor número de impactos altos repercuten sobre el recurso agua (14) el mismo que puede verse afectado sino se recircula el agua o si los relaves, sustancias y productos químicos no son manejados correctamente, acciones que de una u otra forma pueden ocasionar impactos negativos de carácter local, magnitud alta, alta probabilidad de ocurrencia, alta intensidad y reversibles en su mayoría.

### **3.7. Formas de vertidos de relaves**

Los residuos de los procesos mineros pueden ser vertidos en las relaveras o depósitos de tres formas fundamentales: húmedos, secos y lodos; siendo este último el más utilizado actualmente y el más ampliamente conocido. En los vertidos de forma seca y húmeda, la masa de residuos no se satura para evitar la generación de lixiviados por lo que en la industria minera no son utilizados (Marín, 2011).

Las relaveras son conocidas como piscinas de acumulación. Las relaveras para depósitos de lodos y arenas actualmente se hallan ubicadas en el sector de El Pache, El Salado, Arcapamba; son excavaciones de 3 a 8 metros de profundidad y de 10 a 50 metros de longitud aproximadamente, tienen una forma trapezoidal; sólo las plantas que utilizan el sistema de molienda para procesar el mineral Oro (Au) y Plata (Ag) necesitan relaveras (Marín, 2011).

Las relaveras para depositar lodos y arenas se ubican en El Pache, El Salado y Arcapamba. Se trata de excavaciones de 3 a 8 m de profundidad por 10 a 50 m de longitud. Su construcción requiere un área considerable de suelo, que tenga topografía

plana. Las relaveras tienen forma trapezoidal, y sólo están presentes en las plantas que utilizan el sistema de molienda para procesar oro y plata (Marín, 2011).

## **CAPÍTULO IV**

### **4. PROPUESTA**

#### **4.1. Título**

Diseño de un modelo innovador de simbiosis industrial para un proyecto estratégico del sector minero, en la fase de beneficio del mineral en el distrito Zaruma-Portovelo

#### **4.2. Datos informativos**

**LUGAR:** Zaruma-Portovelo

#### **4.3. Destinatarios o beneficiarios**

Los beneficiarios de esta propuesta serán:

- 1) Capacitadores de la población, que pueden ser profesionales externos al distrito, o los científicos que desarrollan sus actividades dentro de la misma.
- 2) Socios y trabajadores de las empresas mineras artesanales asentadas en el distrito Zaruma-Portovelo.

#### **4.4. Justificación**

Esta propuesta se basa en la necesidad de controlar los factores de riesgo ambiental en el distrito Zaruma-Portovelo, originado en las operaciones mineras del sector.

#### **4.5. Introducción**

El propósito general de este trabajo se encuentra enfocado en diseñar un modelo innovador/amigable dentro de la fase beneficio en una producción minera en el área Zaruma-Portovelo.

Es un tema que está estrechamente relacionado con la química industrial, ya que la gran mayoría de procesos dentro de una producción minera son basados en análisis químicos, tanto la extracción como principal enfoque y el tratamiento de desechos o productos de la misma manera.

La problemática existente en torno al impacto medio ambiental y la falta de procesos correctos dentro de una producción minera ha ocasionado pérdidas para ambos sectores, hablando de sector productor como sector consumidor/ambiente.

El interés principal de este proyecto es poder infundir una manera distinta de generar beneficio dentro del sector minero.

El impacto ambiental ocasionado por la minería es notablemente creciente ya que la naturaleza quien es la principal afectada en este caso, habla por sí sola, durante mucho tiempo no se ha tenido la consideración adecuada.

Lograr una manera correcta de producción, depósito y tratamiento de desechos es el principal objetivo de este trabajo, es primordial crear conciencia

#### **4.6. Objetivo general**

Reducir el impacto ambiental en el distrito Zaruma-Portovelo en la fase de Beneficio del sector minero.

#### **4.7. Estructura de la propuesta**

El modelo innovador de simbiosis industrial para un proyecto estratégico del sector minero, en la fase de beneficio del mineral en el distrito Zaruma-Portovelo permite



desarrollar diversas estrategias que contribuyan a mitigar el impacto ambiental de las actividades mineras en el sector elegido.

#### **4.8. Desarrollo de la propuesta**

##### **4.8.1. Manejo de Minerales y Productos**

El alcance de estas operaciones incluye: el acopio, carga y transporte que se realiza con los minerales que se extraen de una mina o con los productos que se obtienen en una planta de tratamiento.

Los minerales y productos de planta llegan inicialmente a las llamadas canchas donde deben ser preparados previamente, para la carga y transporte. En pequeña minería, es normal un proceso de selección manual para asegurar una determinada calidad; por su parte, como los productos de planta provienen normalmente de procesos realizados en húmedo, es común que estos sean sometidos a un proceso de secado natural.

En relación al transporte, se realiza con camiones a una planta de tratamiento (minerales) o a fundición (concentrados y precipitados) en este caso en específico se utiliza la fundición como tratamiento, para eliminar cualquier tipo de material que esté presente dentro del producto y no sea necesario y a su vez no sea de fácil eliminación ya que son muy pesados. Esto significa transporte a mayor distancia, utilizar vías públicas y, en ocasiones, transitar por zonas urbanas.

##### **4.8.1.1 Medidas Generales**

- Sólo podrán conducir los vehículos personas que cuenten con licencia vigente para la clase de vehículo que manejan, solicitada por la autoridad vigente.

Solo podrán manejar/manipular los equipos requeridos las personas que tengan la capacitación correspondiente, expuesta por autoridades y los directivos de las compañías.

- Se deberá realizar una comprobación del buen estado mecánico y eléctrico de las máquinas.

- Los conductores de los vehículos deberán cumplir con todas las normativas internas de seguridad de la empresa y reglamento general de tránsito, en cuanto: al respeto de las velocidades máximas, señaléticas generales y preferencias de vía.

#### **4.8.1.2 Medidas Específicas**

- Los conductores y operadores deben utilizar los elementos de seguridad correspondientes: zapatos, casco y lentes de seguridad, además, protectores auditivos, respirador facial y ropa de trabajo con cintas reflectivas.

- Las maniobras para la posición de carga deberán efectuarse cuando exista plena visibilidad en el área involucrada; los vehículos deberán tener luces o focos faeneros de retroceso, ubicados de tal forma que permitan efectuar las maniobras con seguridad.

- El conductor del camión debe esperar las instrucciones del operador para ubicarse en la zona de carga, con el balde cargado y arriba, indica con un pitazo cuando debe detenerse.

- Una vez cargado el camión, el conductor debe esperar la señal del operador para retirarse.

- Al abandonar la zona de carga, el conductor del camión debe hacerlo con la mayor atención a las condiciones tránsito.

- Los camiones con productos deben ser cubiertos (con carpas) para evitar la acción eólica.

#### **4.8.2. Disposición de Material Estéril de Mina**

La disposición de material estéril se realiza por descarga desde camión o cargador hacia un desnivel topográfico (quebrada/minería subterránea) o rajo (minería a rajo abierto).

El lugar que se construye de cierta manera se denomina botadero de estéril. Un botadero de estéril debe estar previsto y planificado de tal manera que: la forma de llenar el desnivel topográfico, resulte una obra estable.

Las medidas generales de seguridad son las siguientes:

- El borde del botadero debe estar implementado con un cordón de seguridad que indique el tipo de obra que se está realizando y de la misma manera sea del mismo material para que no influya como factor externo dentro del mismo.
- El suelo aledaño al borde del botadero debe inspeccionarse frecuentemente, para verificar que el sector donde se está trabajando no esté quebrado.
- Se procurará mantener lo más parejo y compacto posible el piso del botadero, de tal forma que no queden desniveles pronunciados que puedan producir el volcamiento del camión o cargador mientras maniobran y vacían la carga.
- Al llegar al lugar donde se encuentra ubicado el botadero, el conductor debe hacerlo a una velocidad prudente y teniendo como guía el cordón de seguridad, que no debe usarse como freno.
- La operación de descarga, debe hacerse de manera lenta hasta la descarga total del material estéril.

#### 4.8.3. Disposición de Relaves

##### 4.8.3.1 General

En una planta de concentración, una cantidad superior al 95% del mineral procesado pasa a constituir el relave, que es la parte del mineral que se desecha en forma de pulpa, que es una suspensión de sólido y agua.

Los embalses son similares a un embalse de agua, construidos con un muro resistente hecho totalmente de material de empréstito, compactado e impermeabilizando.

Los relaves se depositan completos en la cubeta sin necesidad de clasificación, y a través, de un sistema interior de evacuación se eliminan las aguas cristalinas de la laguna que se forma dentro de la obra. Los depósitos tipo tranques son los más comunes, y son aquellos que utilizan la parte gruesa de los relaves (arenas) para la construcción del muro que perimetrariza.

#### **4.8.3.2 Ubicación de un Depósito de Relaves**

Las mejores condiciones se presentan cuando:

- El suelo posee excelentes características de impermeabilidad (ayudara en la absorción y paso de agua en especial).
- No hay viviendas, centros poblados, escuelas o cualquier tipo de lugar que atañe directamente a personas.

#### **4.8.3.3 Depósito de Relaves con Crecimiento del Muro Aguas Abajo**

La construcción se inicia con una especie de muro de material de empréstito compactado, con la arena del relave.

Es de suma importancia tener muy en cuenta la impermeabilización del suelo ya que la consistencia del muro de partida está directamente relacionada para evitar infiltraciones en la base del muro de arenas y ayudar así a la estabilidad del mismo. La forma más eficiente de separar las arenas de las lamas, es utilizando un hidrociclón, a donde debe llegar la pulpa de relave de manera continua y con una cierta presión. Cuando el muro se ha peraltado lo suficiente, se efectúa el levante del muro, elevando el hidrociclón, comenzando una nueva descarga de arenas.

En este método se utiliza una gran cantidad de volumen de arenas, pero garantiza construir los muros más resistentes y estables físicamente.

#### **4.8.3.4 Forma de Operar el Depósito**

Es indispensable registrar las medidas establecidas para el manejo de material, transporte; etc. Se debe tener sumo cuidado en el momento de operar el depósito ya que no deben existir movimientos que pongan en riesgo la seguridad del operador así como de la misma manera la seguridad del producto ya que pueden existir filtraciones, entre otras.

Las precauciones básicas de operación son las siguientes:

- La pulpa de relave desde la planta debe ser lo más estable posible en flujo y
- Se debe controlar la cantidad y calidad de las arenas.
- Dentro del depósito se debe crear un conjunto (playas) de arenas lo más extensa posible, manteniendo la laguna de aguas claras alejada del muro.
- El agua pura por así llamarla de la fuente de agua debe recircular a la planta de tratamiento, a través de torres de captación o bombas de superficie.
- Se debe realizar un control rutinario para detectar posibles deformaciones, filtraciones anormales en el muro, presencia de grietas, etc.

Durante la operación se debe reparar todas las anomalías o grietas que existan, ya que si no son cerradas constituyen puntos débiles que afectan la estabilidad de la obra, y arriesgan pérdidas extensas tanto de material como de tiempo.

- Es importante mantener la práctica de compactar el talud exterior a lo largo del muro de arenas, usando rodillos lisos vibratorios o algún equipo pesado, para mantener en este una compactación adecuada.
- Cuando la compactación falla y es deficiente, el depósito tiene mayor probabilidad de colapsar ante un movimiento de tipo sísmico.

#### **4.8.3.5 Depósito de Relaves con crecimiento del eje Central**

Una vez completado el vaciado de arenas y lamas correspondiente, el levantamiento del hidrociclón sigue el mismo plano vertical del muro de partida.

Este método ocupa una menor cantidad de arenas, pero esto no afecta de manera directa a los muros y estos quedan con suficiente estabilidad.

El proceso de lixiviación en pilas de minerales contempla dos técnicas: pilas permanentes y pilas dinámicas.

El primer sistema se realiza en terrazas que una vez lixiviadas sirven como base para la colocación de las siguientes pilas.

El segundo consiste en remover los ripios lixiviados, por medio de cargador frontal y camiones a un sector adyacente a las pilas de lixiviación denominado “Botadero de Ripios”.

Para depositar los ripios de lixiviación se utilizan sitios preparados e impermeabilizados, para evitar el escurrimiento de soluciones ácidas.

- El terreno elegido debe estar libre de sustancias orgánicas.
- Se protegerá con una capa impermeable de arcilla en la base.
- Sobre la capa de arcilla se instalarán tuberías corrugadas de conducción, para captar posibles filtraciones.
- Los canales de conducción y pozos recolectores deben ser impermeabilizados con geotextil, para asegurar que no se presenten fugas.

#### **4.8.4. Opciones de Ecología Industrial primer nivel de aplicación**

Las plantas de Beneficio para la obtención de oro emplean procesos similares; sin embargo dentro del mismo proceso productivo se pueden implementar proyectos de

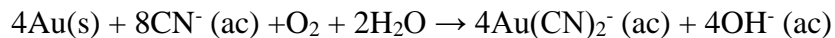
producción más limpia que ayudan a la optimización de recursos, disminución de la contaminación y un mejor desempeño ambiental.

La METALURGIA es el área industrial que se ocupa de la extracción de los metales desde las fuentes naturales y su posterior refinación a un grado de pureza comercial.

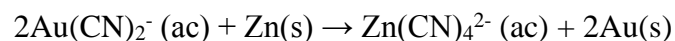
Tiene tres áreas:

1. Pirometalurgia: fundición de metales a altas temperaturas.
2. Hidrometalurgia: solubilización de metales en soluciones acuosas
3. Electrometalurgia: Aplicación de energía eléctrica a soluciones acuosas para obtener metales puros.

El oro de menas de baja calidad se concentra colocando la mena triturada sobre grandes planchas de concreto, donde se rocía una solución de NaCN. En presencia de  $\text{CN}^-$  y aire, el oro se oxida y forma el ion estable  $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ , que es soluble en agua:



Una vez que ha lixiviado selectivamente la mena, el ion metálico se precipita de la disolución en forma de metal libre o de un compuesto iónico insoluble. El oro por ejemplo, se obtiene de su complejo de cianuro por reducción con polvo de zinc:



#### **4.8.4.1 Producción más limpia**

Dentro de las opciones para una producción más limpia, se detalla el siguiente proceso:

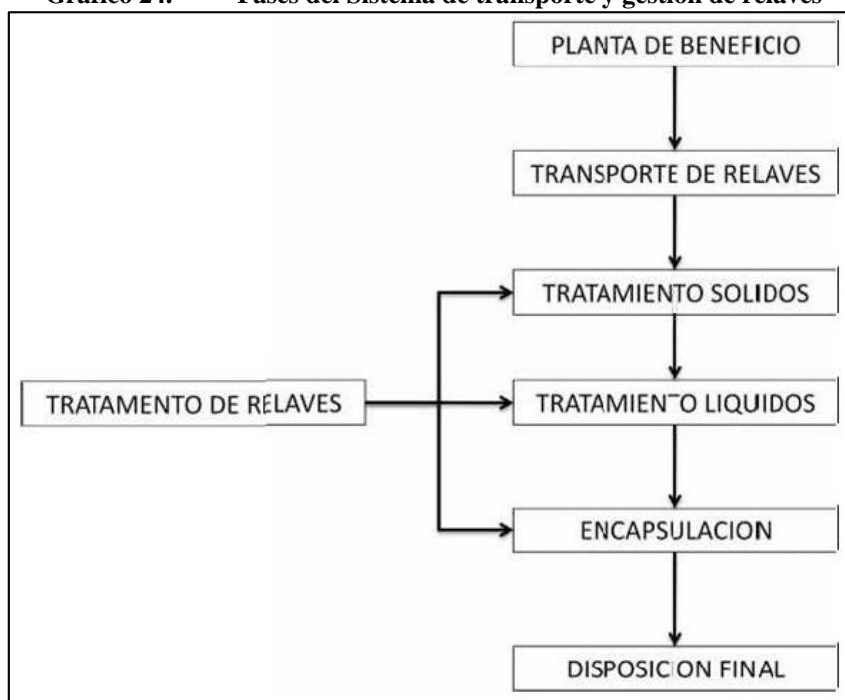
1. Trituración de la Roca hasta obtener un diámetro de 8 plg.

2. Molino de bolas para obtener un material pulverizado.
3. Cianuración, mediante la cual, las partículas de oro se asocian con el cianuro en un tiempo de retención de 16 horas.
4. Precipitación con polvo de Zinc (Merril-Crowe), el mismo que previo a este proceso debe utilizarse sedimentadores, posteriormente, debe aislarse de oxígeno, precipitándose de esta manera el oro y la plata.
5. Carbón activado, debido a que posee gran área superficial y se generan fuerzas intermoleculares formando el orocianuro, el mismo que se adhiere a la superficie del carbón.
6. Desorción, que consiste en que el carbón adsorbe al oro en circuito cerrado. Posteriormente la solución de oro y plata pasa por una celda electrolítica y estos metales precipitan en los cátodos.
7. Fundición, en donde se obtiene las barras de aleación de oro-plata/oro-cobre, en presentaciones de 10 kg. Durante el proceso de obtención de oro no se utiliza Mercurio.

Como subproducto de los procesos mineros se producen los relaves que son desechos tóxicos que son tratados mediante un sistema de separación de líquidos los cuales son enviados a una planta de tratamiento de aguas y sólidos mediante un sistema de confinación; de esta manera generando un ciclo cerrado del proceso productivo.



**Gráfico 24. Fases del Sistema de transporte y gestión de relaves**



Fuente: Roberto Logroño (2017)

La Adsorción de Oro sobre Carbón Activado mediante una solución de cianuro de sodio es un proceso de innovación dentro de la industria minera el cual genera menos residuos ayudando a prevenir la contaminación ambiental. Sirviendo como ejemplo para otras industrias y se podría considerar proyectos de P+L dentro de su proceso productivo.

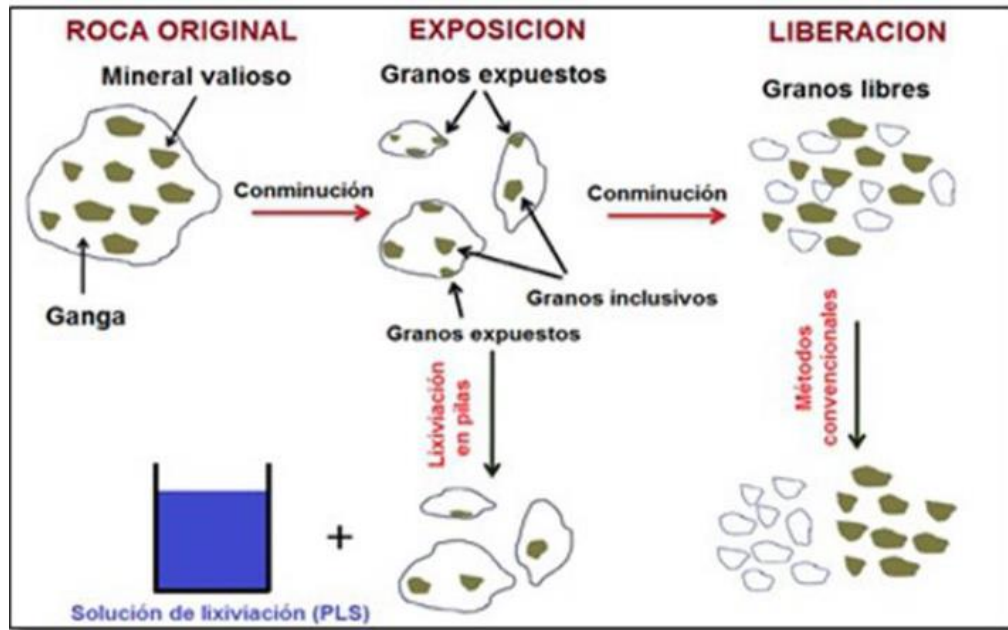
#### **4.8.4.2 Pilas de Lixiviación**

Es el proceso metalúrgico que permite extraer un sólido de otro sólido por la disolución y/o oxi-reducción de los metales contenidos en las especies mineralógicas, mediante la acción de las soluciones lixiviantes.

En metalurgia extractiva se conoce como lixiviación al proceso de extraer desde un mineral una especie de interés por medio de reactivos que la disuelven o transforman en sales solubles. En otras palabras, en la lixiviación se recuperan especies útiles desde una fase líquida, correspondiente a la sustancia o una sal de esta en disolución acuosa.

Los minerales que usualmente son lixiviados son aquellas menos oxidadas (óxidos, carbonatos, sulfatos, silicatos, etc.).

Gráfico 25. Lixiviación

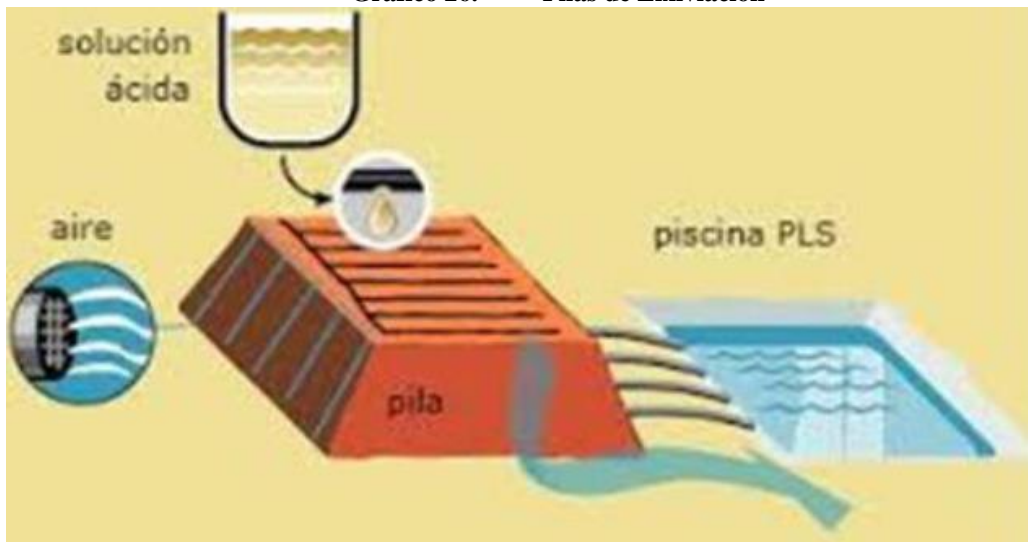


Fuente: Fuente: Ing. Abdel ARROYO AGUILAR

Se basa en la percolación de la solución lixivante a través de un mineral, volado y/o chancado y apilado, el que está formando una pila sobre un terreno previamente impermeabilizado.

- La pila se riega por aspersión o goteo.
- Se aplica a minerales de media y alta ley debido a los costos de operación y transporte.
- Existen dos tipos de pila según su operación.
  - Pila Permanente (capas múltiples)
  - Pila Renovable o Reutilizable.

Gráfico 26. Pilas de Lixiviación



Fuente: Fuente: Ing. Abdel ARROYO AGUILAR

#### 4.8.4.3 Buenas Prácticas Ambientales

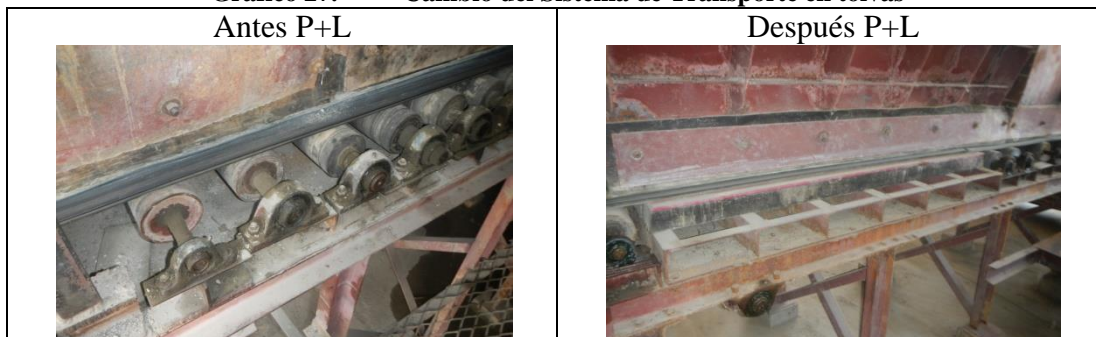
Además de grandes opciones de proyectos implementados, también se pueden implementar una serie de buenas prácticas ambientales que se enmarcan dentro del primer nivel de Ecología Industrial, generan varios beneficios, como:

1. Cambio en el sistema de transporte de bandas en las tolvas que reciben el material de mayor diámetro de la Mina.

Antes se utilizaba un sistema de rodillos bajo las tolvas debido al impacto de descarga y el peso del material, se generaba un desgaste muy rápido de los rodillos.

El sistema fue cambiado por planchas horizontales de un tipo de caucho que sirven como un sistema de amortiguación de impacto de descarga y peso del material, de esta manera se generó una reducción en el consumo de materias primas y/o residuos.

**Gráfico 27. Cambio del Sistema de Transporte en tolvas**



Fuente: Roberto Logroño (2017)

## 2. Cambio de maquinaria (Zaranda vibratoria)

Antes se utilizaba una zaranda para separar el material grueso del más fino, la cual generaba una vibración de todo el equipo completo aumentando el consumo de energía.

El equipo fue cambiado por zarandas que generan vibración solo de una parte del equipo denominada la cama de la zaranda; de esta manera no se genera un movimiento de todo el equipo completo contribuyendo al ahorro de energía.

**Gráfico 28. Cambio del sistema de separación del material**



Fuente: Roberto Logroño (2017)

### 4.8.4.4 Carbón Activado

Actualmente, el sector de Zaruma-Portovelo se encuentra concesionado a diversos grupos mineros, tanto nacionales como extranjeros, quienes realizan una intensa actividad exploratoria. En determinadas zonas se continúa con la explotación artesanal e industrial a

pequeña escala. La producción de oro de este centro minero sigue siendo la más importante del Ecuador, con un total que varía entre 3 y 4 toneladas por año.

Si se demuestra a los pequeños mineros del sector las ventajas del procesamiento mediante carbón activado, se podría cambiar las costumbres para procesar, por lo que en este apartado se describen las características principales del carbón activado.

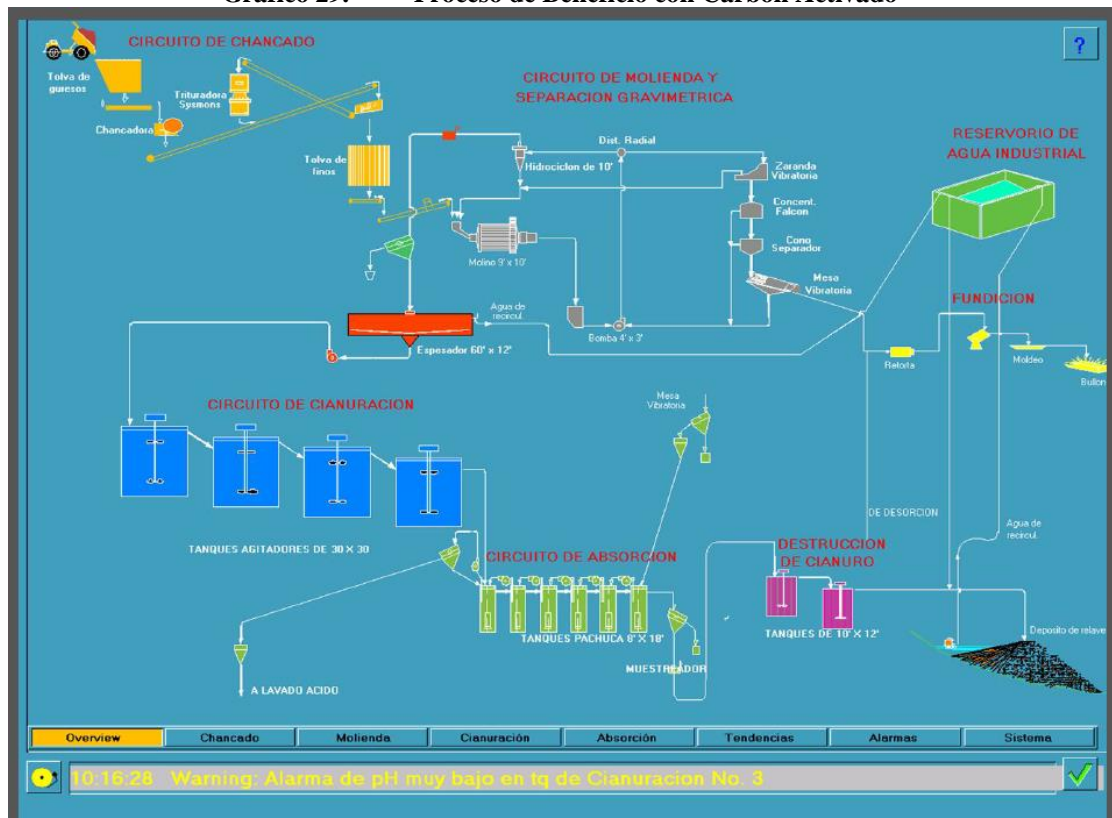
La planta debe procesar el material, que llega de las minas siguen el proceso detallado a continuación (Martín, 2007):

1. El material llega a la planta en volquetas y es almacenado en el patio de molinos.
2. El material es alimentado con una pala manual por los trabajadores a los molinos, estos molinos muelen con el uso de ruedas hasta triturar este material y dejarlo a 150 micrones, es decir lo deja como harina.
3. Este material molido con agua, deja el oro grueso dentro de las canastillas que van al interior del molino.
4. El oro fino y los otros metales es desalojado hacia una artesa que está ubicada a la salida de este molino.
5. La artesa acumula el material y este es puesto en unos saquillos que almacena concentrado. El material pasa por unas valletas que atrapa el concentrado metálico que contiene oro.
6. Una vez que las valletas han atrapado este concentrado se procede a lavarlas en tanques semi-concentradores hasta que se llenen, este proceso se realiza cada media hora y luego se procede a colocar este material en saquillos para su almacenamiento.
7. Cuando se completan mil sacos de concentrado se traslada este material al hombro y se los deposita en 3 piscinas de percolación.
8. Este concentrado sigue un flujo hasta otra piscina acondicionadora donde se lo bombea hasta los tanques agitadores.
9. Una vez en los tanques agitadores se procede a llenarlos de la solución de 40m cúbicos carbón activado y se lo agita. Después de 2 horas de agitación se comienza a titularizar la solución con cianuro de potasio.

10. La mena (mineral) una vez titularizada con cianuro se hace la lectura del contenido de oro de cabeza de entrada y de cola de salida.
11. Después de 24 horas de agitación cuando es carbón activado atrapa más del 95% de su contenido, esta solución enriquecida es mandada a la criba del carbón
12. La solución que no es atrapada y que contiene un 5% de oro, un 80% de plata y cobre es mandada a una piscina o relavera de desechos.
13. La solución enriquecida es enviada a la criba del carbón activado donde se atrapa el carbón preñado en oro y se lo cosecha en sacos de yute que son almacenados al pie de la criba.
14. Los sacos son puestos en un quinche y se lo traslada hasta el pie de las torres de elusión.
15. El carbón es vaciado en las torres de elusión, se le agrega alcohol industrial y es calentado a través de una caldera con diésel.
16. Esta caldera pasa las soluciones calentadas a través de una piscina que contiene celdas con mallas, donde estas mallas atrapan las soluciones enriquecidas.
17. La solución circula por todas estas mallas hasta que atrapa todo el contenido de oro, esto se demora entre 4 y 5 días, después de esto se hace un análisis para comprobar que esta solución ya no contiene oro.
18. Si la lectura de la solución arroja que posee mínimos valores de oro, se procede a apagar el sistema.
19. Una vez que la solución se enfría se procede a sacar las mallas de la piscina y se las lava, luego en una tina recolectora se recopila todas las soluciones enriquecidas de oro.
20. Se procede al secado de la solución y este material es puesto en una paila de hierro para calentarla en un horno hasta secarla.
21. La solución que está seca se le agrega boriaks y soda caustica donde es mezclada en un crisol que está dentro del horno de secado hasta llegar a los 1600 grados centígrados de temperatura donde se vuelve líquido.

22. La solución en liquido es vaciada a una grillera donde se obtiene una barra dore que es rica en oro, plata y cobre y el resto es escoria que se deshace.
23. La barra dore se la ataca con fuego que esta puesta en un crisol, este a su vez se hace liquido y se lo agranalla en una tina con agua.
24. El material que esta agranallado se lo coloca en una paila, donde se lo lleva hasta un horno de recuperación para refinarlo a base de ácido nítrico.
25. Luego es lavado varias veces hasta que queda refinado en forma de arena que se lo coloca en otra paila para secarla.
26. Este material seco se lo coloca en un crisol que es atacado con fuego para fundirlo donde se forma una escoria que es puesta en una grillera de escoria.
27. El material que está puro se lo coloca en otra grillera con fuego y se obtiene una barra de oro con una ley de 99% de pureza es decir un oro de 24 quilates.

**Gráfico 29. Proceso de Beneficio con Carbón Activado**



Fuente: Ing. Abdel ARROYO AGUILAR

#### **4.8.4.5 Plan Cero Mercurio**

Uno de los usos más frecuentes del mercurio metálico en el Ecuador, que originó un relevante impacto en el medio ambiente y en la salud de la población, es en los procesos mineros artesanales de extracción del oro.

El Plan nacional ambiental Cero mercurio, desarrollado por el gobierno, concentra sus acciones en tres componentes (ASGM, 2015):

1. Fortalecimiento del Marco Legal. Se concreta en la formulación de una normativa que restrinja de forma severa el uso del mercurio, específicamente con los siguientes instrumentos jurídicos: Acuerdo Ministerial No. 003 (Registro Oficial No. 909 de fecha 11 de marzo de 2013) del Ministerio de Ambiente sobre el “Listado de Sustancias Químicas Peligrosas de uso severamente restringido en el Ecuador”. La normativa para lograr el control de la transferencia y consumo de mercurio: Acuerdo Ministerial No. 060 Ministerio del Ambiente, publicado en Registro Oficial Nro. 238 el 05 de mayo de 2014; Elaboración de protocolos de control de mercurio, y las capacitaciones sobre identificación y manejo de mercurio.
2. Capacitación y Asistencia Técnica: implementación de tecnología alternativa al mercurio en las Provincias El Oro, Azuay, Zamora y Morona Santiago; talleres de sensibilización y la asistencia técnica a mineros artesanales en las mismas provincias.
3. Seguimiento y Monitoreo Ambiental: control y cumplimiento de las obligaciones establecidas en la normativa ambiental, la actualización de matrices sobre las actividades de minería artesanal por cada provincia del país.

Estas actividades y tareas permitirán reducir de forma progresiva el uso de mercurio en las explotaciones mineras, mitigando así el impacto ambiental por efecto de dicho elemento, hasta su completa supresión.



## **4.9. Programa**

### **4.9.1. Características básicas**

El desarrollo del programa que se propone, será establecido en un tiempo y orden de trabajo.

Las actividades no solo se centran en los aspectos cognitivos sino también en el desarrollo de los aspectos afectivos y de los valores a través de la sensibilización de cada situación real y la reflexión profunda.

De igual manera se presentan actividades no estructuradas donde se plantean Proyectos Factibles y se le dé libertad al participante de diseñar su propio procedimiento, organizar su propia data y llegar a sus propias generalizaciones.

El éxito dependerá del desarrollo apropiado de las habilidades cognitivas y de la adecuada motivación para ayudar al asistente a que se sienta confiado para realizar su proyecto.

Por otro lado, el instructor deberá ser un facilitador y orientador capaz de ayudar a sus estudiantes a través de sugerencias y preguntas realizadas en los momentos apropiados.

Cada fase sigue la idea de un ciclo de aprendizaje donde se presenta una planificación de los diferentes momentos del programa. Se comienza con una exploración que puede consistir en preguntar a los educandos sobre lo que conocen del tema a tratar. Luego continúa la etapa de desarrollo donde preferiblemente los participantes interaccionan y trabajan en equipos y llegan, con la ayuda del educando, a sus conclusiones.

Finalmente, el cierre de la actividad tiene que ver con la valoración de la aplicación de resultados donde pueden plantearse asignaciones diversas en el área de estudio. Estas actividades son motivantes tanto para el estudiante como para el educando, adaptándola a la realidad del área.

Sabemos que la propuesta del diseño del programa de educación ambiental constituye una hipótesis de trabajo y trataremos de comprobarla a partir de la aplicación de la misma.

#### 4.9.2. Modelo básico del contenido de cartillas para capacitadores

Antes de proceder a la capacitación de los habitantes del distrito Zaruma-Portovelo, se debe proveer a los facilitadores de una versión básica de los contenidos a desarrollar, de forma que tengan una guía puntual sobre los contenidos mínimos del programa, pero dejando total libertad para desarrollar las estrategias, así como lograr la participación de los asistentes.

**Cuadro 9. Esquema de desarrollo del programa**

A.- ¿Por qué? Los objetivos y el contexto de la capacitación	B.- ¿Quién? El grupo Meta y las personas capacitadoras
C.- ¿Cuándo? Fechas y tiempo disponible	D.- ¿Dónde? Lugar
E.- ¿Qué? Contenidos	F.- ¿Cómo? Métodos y técnicas
G.- ¿Con que? Medios de apoyo	H.- CONVOCATORIA

#### **A.- ¿Por qué? - Los Objetivos y el contexto de la capacitación**

Los objetivos son generales y deben ser claros y explícitos. Es necesario que los objetivos sean realistas y expresen claramente cuáles son los cambios que la capacitación pretende lograr. Las siguientes preguntas pueden ayudarle.

¿Qué se espera lograr en el curso-taller mismo?

¿Cuáles procesos se van a desarrollar?

¿Qué se espera que los participantes realicen?

¿Cómo se relaciona el curso- taller con otras actividades de capacitación?

### **B.- ¿Quién? - El grupo meta y los facilitadores**

La selección de participantes es crucial para el éxito de un curso o programa de capacitación. La capacitación será más simple si el grupo es más homogéneo, pero en algunos casos la capacitación de un grupo heterogéneo servirá para intercambiar experiencias desde diferentes puntos de vista. En este caso, la capacitación debe ser diseñada específicamente para tomar en cuenta las diferentes necesidades, respuestas y receptividad de persona con diferentes habilidades y experiencias.

Debe contar con la mayor información sobre el grupo para que la capacitación responda a las necesidades de sus miembros. La composición del grupo afectará a la dinámica del mismo, y deberá especificar si quiere igual número de hombres y mujeres, o gerentes y personal subalterno, para evitar que una minoría se sienta aislada e intimidada. En algunos casos será útil hacer cursos separados para grupos donde haya grandes diferencias entre los participantes en conocimientos, estatus, grados de alfabetización o seguridad para hablar en grupo.

Generalmente, las personas aprenden mejor en grupos pequeños, en especial cuando se requiere su participación activa. Los grupos de diez a veinte personas son lo ideal. Las siguientes preguntas pueden ayudar en la identificación de los participantes:

¿Cuántas personas por edad, sexo u otras características comunes, se conocen entre ellos?

¿Tienen los participantes experiencias similares en cuanto a la temática?

¿Expectativas y motivación de los participantes?

¿Habrá un co-facilitador o una persona experta?

### **C.- ¿Cuándo? - Fechas y Tiempo Disponible**

El capacitador puede optar por una variedad de métodos: talleres, clases nocturnas, capacitación por etapas o en el trabajo. Elija el tipo de capacitación que se acomode mejor al grupo y sus planes y responsabilidades que las personas tienen en distintos momentos del año (Cronogramas de Trabajo, rutinas diarias o estacionales, participación en actividades religiosas). Al decidir el horario del taller, recuerde las distintas situaciones de hombres y mujeres (horas de ocupación, responsabilidades familiares, presiones sociales que sancionan que las mujeres salgan de noche. Recuerde que se debe incluir descansos, ejercicios, socialización, visitas a proyectos o grupos. Considera las siguientes preguntas:

¿Cuál puede ser la duración del curso-taller, de acuerdo a la disponibilidad laboral de los participantes?

¿Con cuánto tiempo es posible contar, de acuerdo a la disponibilidad económica?

¿Cómo puede programarse mejor el curso-taller? Es apropiado hacerlo durante varios días seguidos o con días intermedios para efectuar trabajos de campo, durante días laborales o durante fines de semana.

¿Cuándo enseñar?: Se trata de una enseñanza-aprendizaje donde se parte de las ideas previas que los asistentes tienen de esos temas, se va investigando y analizando elementos e información, se introducen actividades principalmente prácticas que den mucha participación al beneficiario y buscando junto con él las posibles soluciones a los problemas planteados. En este aprendizaje es fundamental tener muy en cuenta el entorno más inmediato, las vivencias del participante y su interacción con la realidad que vive.

El facilitador debe saber que no es él quien enseña, sino que el participante es quien aprende, y para que el aprendizaje se produzca, el educador debe diseñar, orientar,

organizar, utilizar técnicas y facilitar el desarrollo de experiencias que estimulen ese aprendizaje para conseguir esa formación sólida e integral.

El educador, por tanto, tiene la valiosa tarea de elegir y poner a disposición de los participantes los procedimientos adecuados que consigan motivarles e implicarles en la conservación de la naturaleza, y que sirva para llegar junto con él a tomar las mejores medidas que signifiquen solucionar los problemas observados. Esta es la forma de conseguir que se desarrollen los hábitos y aptitudes que queremos que florezcan en el participante.

#### **D.- ¿Dónde?**

Lugar

Necesitará considerar la disponibilidad, conveniencia del lugar de reunión. Es recomendable inspeccionar el lugar antes del evento para saber qué infraestructura tiene y qué falta. También necesitará comprobar si el lugar es accesible a todos los que deseen asistir.

#### **E.- ¿Qué? - Contenidos**

Se ordenará el contenido en forma lógica, comenzando siempre con las presentaciones y algunas actividades que estimulen la confianza y cohesión dentro del grupo y termine con una planificación práctica y la evaluación del curso. Calcular el tiempo aproximado y tener listo el borrador del programa. De esta manera se plantea las siguientes preguntas: ¿Cómo se puede estructurar el contenido?, ¿Cuán flexible es el manejo de los contenidos?

#### **F.- ¿Cómo?**

Cualquiera que sea el tipo de capacitación que utilice, los métodos participativos son los más apropiados para el trabajo con los adultos. Son también los más efectivos y agradables. La capacitación participativa se caracteriza por el respeto a los participantes

quienes tienen un rol activo en su propio aprendizaje. La técnica abierta estimula la creatividad, crean conciencia y no tienen un resultado preestablecido, de esta manera se puede diseñar el proyecto.

La estrategia metodológica que se propone aplicar en el Programa de Educación Ambiental, es estableciendo Fases de actividades pedagógicas en los participantes. De esta manera, se vuelve más adaptable la información y permite adecuarse a los procesos reales del pensamiento, las actividades que el educando debe proponer deben ir encadenada al área que va a tratar el programa.

### **G.- ¿Con qué? - Medios de Apoyo**

Es recomendable pensar con anticipación en los medios de apoyo con los cuales se trabajara. Algunos ya se encuentran en el lugar, otros se tienen que elaborar, algunos pueden traer los participantes (como materiales didácticos con los cuales trabajan), etc.

¿Qué, cómo y cuándo evaluar?: Se plantea realizar la evaluación por medio de un portafolio, es decir una selección planificada de los temas que se haya tratado durante el programa de educación, el objetivo fundamental del portafolio es archivar las notas, comentarios, gráficos, etc. El uso de este portafolio permitirá al educando tener una recopilación de la actuación del participante a lo largo del programa, controlar sistemáticamente el cumplimiento de asignaciones de trabajos e investigaciones en el caso que sea necesario. Además, permite a los asistentes construir un historial de lo que aprenden y como lo aprenden. Los portafolios proveen evidencia a los participantes sobre sus conocimientos y promueven un sentido de logro personal.

### **H.- Convocatoria**

En base a la convocatoria la gente decide participar o no en los eventos propuestos. Vale la pena tomarse el tiempo en cómo vamos a realizar la convocatoria para que nuestro grupo meta se interese en el tema y no la deje a un lado.

Los ejes temáticos estructurados según este esquema, serán desarrollados en las siguientes páginas considerando:

<b>Objetivo</b>	<b>Meta</b>	<b>Grupo Meta</b>	<b>Plan de Seguimiento</b>
<p>Mantener buenas relaciones con las comunidades aledañas, involucrándolas en el desarrollo sostenible de la minería artesanal con el fin de que las actividades mineras no afecten tanto a las labores cotidianas del distrito Zaruma-Portovelo como a las de las comunidades.</p>	<p>Difundir en el lapso de 12 semanas el contenido del programa entre las empresas mineras artesanales del distrito Zaruma-Portovelo, logrando el compromiso de las mismas para asegurar la participación de 50 padres y madres de familia en el programa.</p>	<p>Empresas mineras artesanales del distrito Zaruma-Portovelo, comprometiendo su participación en el programa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apoyar y divulgar charlas (temas de conservación ambiental de la zona) con las empresas mineras artesanales.</li> <li>- Favorecer la capacitación y contratación del personal local en las instalaciones del distrito.</li> <li>- Fomentar la fabricación y compra de artesanías y otros productos locales.</li> <li>- Adoptar e implementar políticas específicas para la protección del patrimonio histórico y cultural de sitios visitados.</li> <li>- Sensibilizar a la comunidad a no participar en la venta, tráfico o exhibición de artefactos arqueológicos, a menos que se cuente con los permisos respectivos, para el caso específico de la exhibición.</li> <li>- Adoptar acciones concretas para promover el entendimiento de y el respeto a las culturas y costumbres autóctonas.</li> </ul>

Fuente: Roberto Logroño (2017).

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- La falencia más tangible dentro de la producción minera se encuentra focalizada en el tratamiento de los desechos producidos por la misma; ya que no existe un proceso adecuado ni la supervisión necesaria.
- El modelo innovador de simbiosis industrial para un proyecto estratégico del sector minero (Zaruma-Portovelo) permite desarrollar diversas estrategias que contribuyan a mitigar el impacto ambiental de las actividades mineras.
- Los relaves son la manera en la que se hace el desfogue o a su vez el almacenamiento de los productos y/o desechos que se generan dentro de la producción minera.
- La manera en que se operen o manejen los relaves será crucial para una obtención beneficiosa de minerales, así como también para que el impacto ambiental disminuya de manera notoria.
- Existen varias maneras de construir un relave dependiendo el tipo de minería que se vaya a realizar.
- Siguiendo de una manera adecuada la formación (construcción) de relaves es posible realizar una producción minera de una manera estable, correcta sin ser perjudicial para ninguno de los dos lados, refiriéndonos a la parte producción como a la parte externa (medio ambiente).
- Dentro del Marco de la Ecología Industrial, el presente trabajo estableció opciones de implementación en un primer nivel; es decir dentro del mismo proceso productivo aplicando una producción más limpia; debido a que la principal y única actividad industrial de la zona de Zaruma – Portovelo es la



actividad minera, lo cual limita las opciones de intercambio de subproductos entre empresas y peor aún a nivel regional.

- En el distrito minero Portovelo – Zaruma existen alrededor de 109 plantas de beneficio mineral que enfocan su esfuerzo a la recuperación de metales preciosos especialmente Oro (Au) y Plata (Ag)
- Las estrategias sostenibles de ecología industrial anteriormente aplicadas en la producción minera reporta numerosos resultados, entre los que podemos dar a notar como los más relevantes: Reducción de la cantidad de residuos producidos y optimización de la cadena de suministro a través de la puesta en común de algunos materiales; y Ahorro promedio del 20% en el consumo de agua y mejoría del sistema de calefacción por algunas empresas con reducción de los costes del 10%.
- El mayor problema ambiental que enfrenta Portovelo es la contaminación del agua, aire y suelo por la actividad minera formal e informal. La más nociva es la informal, por la dificultad de ejercer controles. No existen medidas para mitigar el impacto ambiental.
- Las estrategias de ecología industrial en la fase de beneficio en las empresas minero/artesanales en Portovelo-Zaruma, reducirá el impacto ambiental, tomando en cuenta que en esta fase se separa el mineral de interés por procesos metalúrgicos, con procedimientos físicos y químicos.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Instruirse acerca de los métodos utilizados vigentes para una producción correcta de minerales.

- Conocer de manera real cuales son los productos y/o sustancias químicas relacionadas dentro de una producción minera, para con esto tener la certeza de que se está realizando un trabajo consciente.
- Verificar que las normas establecidas para un proceso en la fase de beneficio se estén cumpliendo de la manera más estricta posible.
- Tener muy en claro cada uno de los procesos a seguir, y todas sus medidas de gestión.
- Implementar manuales de procesos para una mejor ejecución de la fase de beneficio en la minería.
- Conocer los pros y los contras del sector a estudiar para la implementación de una nueva gestión industrial fase beneficio.
- Realizar un ordenamiento ambiental minero de todas las plantas de beneficio del Distrito ZarumaPortovelo, con fin de tener un mejor criterio técnico para el tratamiento de relaves, a través de un solo sistema de conducción y disposición final de toda la zona de influencia.
- Ratificar que los resultados obtenidos dentro de la zona de estudio hayan sido beneficiosos, y que la hipótesis planteada de una implementación de medidas geo industriales pueda ser considerada una opción para le mejora con respecto al impacto ambiental que es el que aqueja de manera importante a la zona en cuestión Zaruma-Portovelo.

## CAPÍTULO VI

### 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angelini, R., & Baumgartener, K. (1995). *Temas de Química General*. Buenos Aires: Eudeba.

ASGM. (8 de Octubre de 2015). *Estudio de Caso: Ecuador Plan Cero Mercurio*. Recuperado el 4 de Abril de 2017, de [http://www.briloon.org/uploads/BRI\\_Documents/Tropical\\_Program/ASGM/ASGM\\_Flyer\\_Cero%20Mercurio\\_web.pdf](http://www.briloon.org/uploads/BRI_Documents/Tropical_Program/ASGM/ASGM_Flyer_Cero%20Mercurio_web.pdf)

Atkins, P. (2006). *Principios de Química. Los caminos del descubrimiento*. México: Limusa.

Ayres Robert, L. A. (2002). *A Handbook for Industrial Ecology 2nd edition*. Northampton: Edawar Elgar.

Barros, V. (2005). *EL Cambio Climático Global*. Buenos Aires, Argentina: Libros del Zorzal.

Braga, L. (3 de Junio de 2015). *Dióxido de carbono*. Recuperado el 8 de Marzo de 2017, de <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/DioxiCar.htm>

Brown, S. (1993). *Química, la Ciencia Central*. México: Prentice-Hall.

Cervantes Torre Marín, G. (2009). Ecología industrial y desarrollo sustentable. *Revista Académica la FI-UADY*, 13-1.

Corzo, J. (10 de Mayo de 2014). *Hidrofobicidad*. Recuperado el 8 de Febrero de 2017, de <http://sebbm.es/BioROM/contenido/JCorzo/temascompletos/InteraccionesNC/agua/hidrofobicos.htm>

- De la Torre Chauvin, E. (2000). *Manual de Auditoría Ambiental para las Actividades de Beneficio de Minerales Auríferos*. Quito: Corporación OIKOS.
- GADM Portovelo. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014-2019*. Portovelo: GADM Portovelo.
- Marín, S. (2011). *Aporte dinámico de cianuro, mercurio, plomo y arsénico en los cauces naturales de los ríos Calera y Amarillo en el Distrito minero Portovelo – Zaruma*. Loja: UTPL.
- Martín, F. (2007). *El carbón vegetal propiedades y obtención*. México: Agroguías mundi-prensa.
- Moore, L., Stanitski, O., Wood, M., & Kotz, X. (2000). *El Mundo de la Química. Conceptos y Aplicaciones*. México: Pearson Educación.
- Pineda, E. (2010). *Análisis de la contaminación por Cianuro, Mercurio, Plomo y Arsénico, en los Ríos Calera y Amarillo derivada de la explotación minera*. Loja: UTPL.
- Rosemberg, A. (2006). *Ecología y Simbiosis Industrial. Centro Tecnológico para la Sustentabilidad*.
- Sánchez, J. (2011). *Estudio y evaluación de los flujos ácidos derivados de la minería en las márgenes del río Calera, Distrito Minero Portovelo – Zaruma*. Loja: UTPL.

## CAPÍTULO VII

### 7. ANEXOS

#### 7.1. ANEXOS A

##### 7.1.1. Acuerdo Ministerial 097-A Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria, Publicado en Registro Oficial Edición Especial N° 387 del Miércoles 4 de noviembre de 2015

ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION  
SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD  
AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA

TABLA 9. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmino	Cd	mg/l	0,0
Cianuro total	CN	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl	mg/l	1000,0
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000,0
Color real	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5

Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	100,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,1
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		entre 6 -9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1600,0
Sulfatos	SO4	mg/l	1000,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	oC		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

**ANEXO 2 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO Y CRITERIOS DE REMEDIACIÓN PARA**

**TABLA 2: CRITERIOS DE REMEDIACIÓN**

Parámetro	Unidades*	USO DEL SUELO			
		Residencial	Comercial	Industrial	Agrícola
<b>Parámetros Generales</b>					
Conductividad	uS/cm	200	400	400	200
pH	-	6 a 8	6 a 8	6 a 8	6 a 8
Relación de adsorción de Sodio (Índice SAR)	-	5	12	12	5
<b>Parámetros inorgánicos</b>					
Arsénico	mg/kg	12	12	12	12
Sulfuro	mg/kg	-	-	-	500
Bario	mg/kg	500	2000	2000	750
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	-	-	-	2
Cadmio	mg/kg	4	10	10	2
Cobalto	mg/kg	50	300	300	40
Cobre	mg/kg	63	91	91	63
Cromo Total	mg/kg	64	87	87	65
Cromo VI	mg/kg	0.4	1.4	1.4	0.4
Cianuro	mg/kg	0.9	8	8	0.9
Estaño	mg/kg	50	300	300	5
Fluoruros	mg/kg	400	2000	2000	200
Mercurio	mg/kg	1	10	10	0.8
Molibdeno	mg/kg	5	40	40	5
Níquel	mg/kg	100	100	50	50
Plomo	mg/kg	140	150	150	60
Selenio	mg/kg	5	10	10	2
Talio	mg/kg	1	1	1	1
Vanadio	mg/kg	130	130	130	130
Zinc	mg/kg	200	380	360	200
<b>Parámetros orgánicos</b>					
Aceites y grasas	mg/kg	500	<2500	<4000	<4000
Benceno	mg/kg	0.08	5	5	0.03
Etilbenceno	mg/kg	0.1	20	20	0.1
Estireno	mg/kg	5	50	50	0.1

Tolueno	mg/kg	0.37	0.8	0.8	0.08
Xileno	mg/kg	2.4	11	20	0.1
PCBs	mg/kg	1.3	33	33	0.5
Clorofenoles (cada tipo)	mg/kg	0.5	5	5	0.05
Fenoles (total)	mg/kg	3.8	3.8	5	3.8
Clorinados alifáticos (cada tipo)	mg/kg	5	50	50	0.1
Hidrocarburos totales (TPH)	mg/kg	230	620	620	150
Clorobencenos (cada tipo)	mg/kg	2	10	10	0.05
Tetracloroetilenos	mg/kg	0.2	0.5	0.6	0.1
Tricloroetileno	mg/kg	3	30	30	0.1
Atrazina	mg/kg	0.005	0.005	0.005	0.005
Carbofuran	mg/kg	0.01	0.01	0.01	0.01
Alifáticos no clorinados (cada tipo)	mg/kg	-	-	-	0.3
<b>Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)</b>					
Antraceno	mg/kg	-	-	100	0.1
Benzo(a)antraceno	mg/kg	1	1	10	0.1
Benzo(a)pireno	mg/kg	0.7	10	0.7	0.1
Benzo(b)fluoranteno	mg/kg	1	0.7	10	0.1
Benzo(k)fluoranteno	mg/kg	1	10	10	0.1
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg	1	10	10	0.1
Indeno(1,2,3-cd)pireno	mg/kg	1	10	10	0.1
Fluoranteno;	mg/kg	-	10	100	0.1
Naftaleno;	mg/kg	0.6	-	22	0.1
Pireno;	mg/kg	10	22	100	0.1
Criseno;	mg/kg	-	-	100	0.1
Fenantreno;	mg/kg	5	50	50	0.1
<b>Pesticidas</b>					
Alfa BCH	mg/Kg	0.01	0.01	0.01	0.01
Beta BCH	mg/Kg	0.01	0.01	0.01	0.01
*Gamma	mg/Kg	0.01	0.01	0.01	0.01
Delta	mg/Kg	0.01	0.01	0.01	NA
Heptacloro	mg/Kg	0.01	0.01	0.01	0.01
Aldrin	mg/Kg	0.1	0.1	0.1	0.1
Heptacloro epoxido isomero B	mg/Kg	0.1	0.01	1	0.01
Endosulfan I	mg/Kg	0.1	0.1	0.1	0.1
Endosulfan I	mg/Kg	0.1	0.1	0.1	0.1
4,4 DDE	mg/Kg	0.1	0.1	0.1	0.1



4,4 DDD	mg/Kg	0.1	0.1	0.1	0.1
4,4 DDT	mg/Kg	0.1	0.1	0.1	0.1
Dieldrin	mg/Kg	0.1	0.1	0.1	0.1
Endrin	mg/Kg	0.01	0.01	0.01	0.01
Endosulfan II	mg/Kg	0.1	0.1	0.1	0.1
Endrin aldehido	mg/Kg	0.01	0.01	0.01	0.01
Endosulfan sulfato	mg/Kg	0.1	0.1	0.1	0.1
*Concentración en peso seco de suelo					

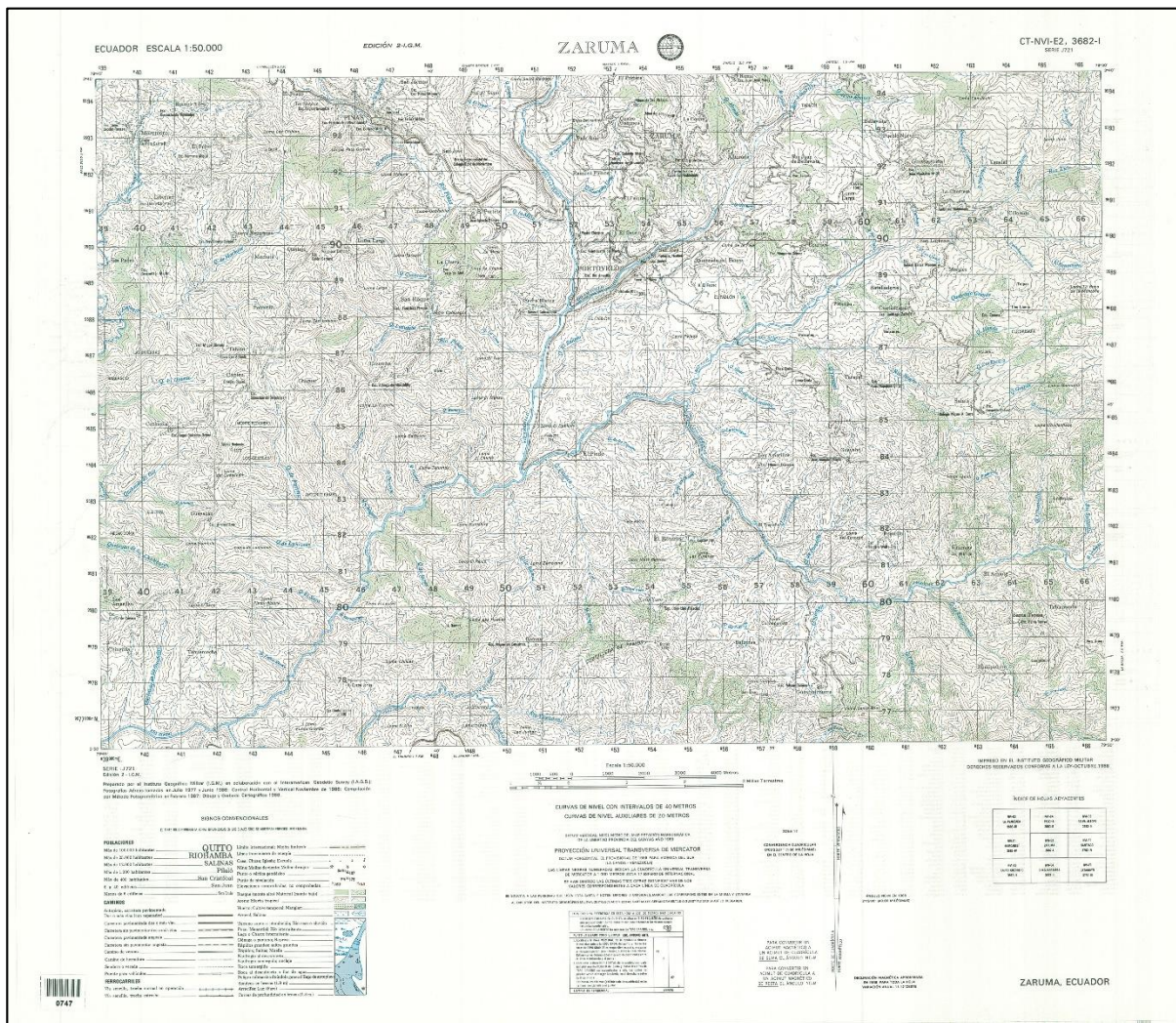
### 7.1.2. Lista de Chequeo – Matriz de Impactos Ambientales

		ACTIVIDADES DE LA PLANTA DE BENEFICIO	TRANSPORTE DEL MINERAL AL STOCK	ALMACENAMIENTO DEL MINERAL	RECEPCION DEL MINERAL	TRITURACION PRIMARIA	TRITURACION SECUNDARIA	ALIMENTACION DEL MINERAL	MOLIENDA	GRAVIMETRIA	LIXIVIACION POR CIANURO	DESORCION	FLOTACION POR ESPUMAS	ESPESADO	FILTRADO DE CONCENTRADOS	FUNDICION	REFINACION	COMERCIALIZACION	MANEJO DE RELAVES	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENT		
Tipo		Factor Socioambiental	Etapa de Operación o Producción de Concentrado																			
Físicos	AIRE	PRODUCCIÓN DE MATERIAL PARTICULADO (POLVO)	X	X	X	X																
		PRODUCCIÓN DE OLORES Y VAPORES										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		GENERACION DE GASES DE COMBUSTION	X	X	X															X		X
		VIBRACIONES		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
		RUIDO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	AGUA	CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	
		CALIDAD DE AGUA SUBTERRANEAS																				X
		MODIFICACION DE CAUDALES					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X
	SUELO	USO DEL SUELO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		ESTABILIDAD		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CAMBIOS EN LA CALIDAD DE LOS SUELOS			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Bióticos	FAUNA	DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA																		X	X	
		DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA										X	X	X	X	X	X	X		X	X	
	FLORA	MIGRACION O PERDIDA DE ESPECIES										X	X	X	X	X	X	X		X	X	
		ALTERACION DEL HABITAT										X	X	X	X	X	X	X		X	X	
Socioculturales	SOCIAL	SEGURIDAD Y SALUD	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	
		GENERACION DE EMPLEO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	ECONÓMICO	DINAMIZACION DE LA ECONOMIA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PAISAJE		CAMBIOS EN EL PAISAJE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

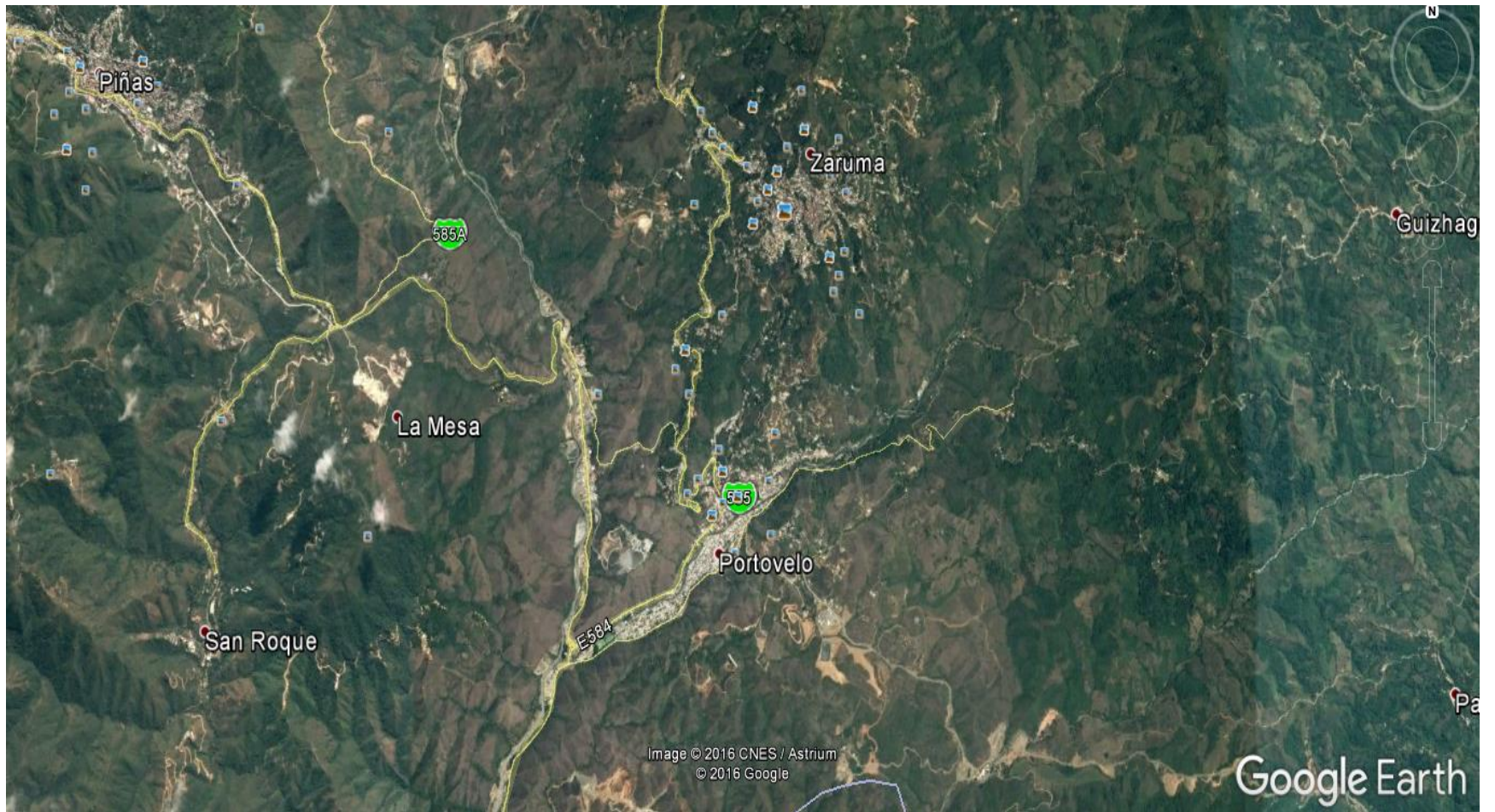


## 7.2. ANEXO B

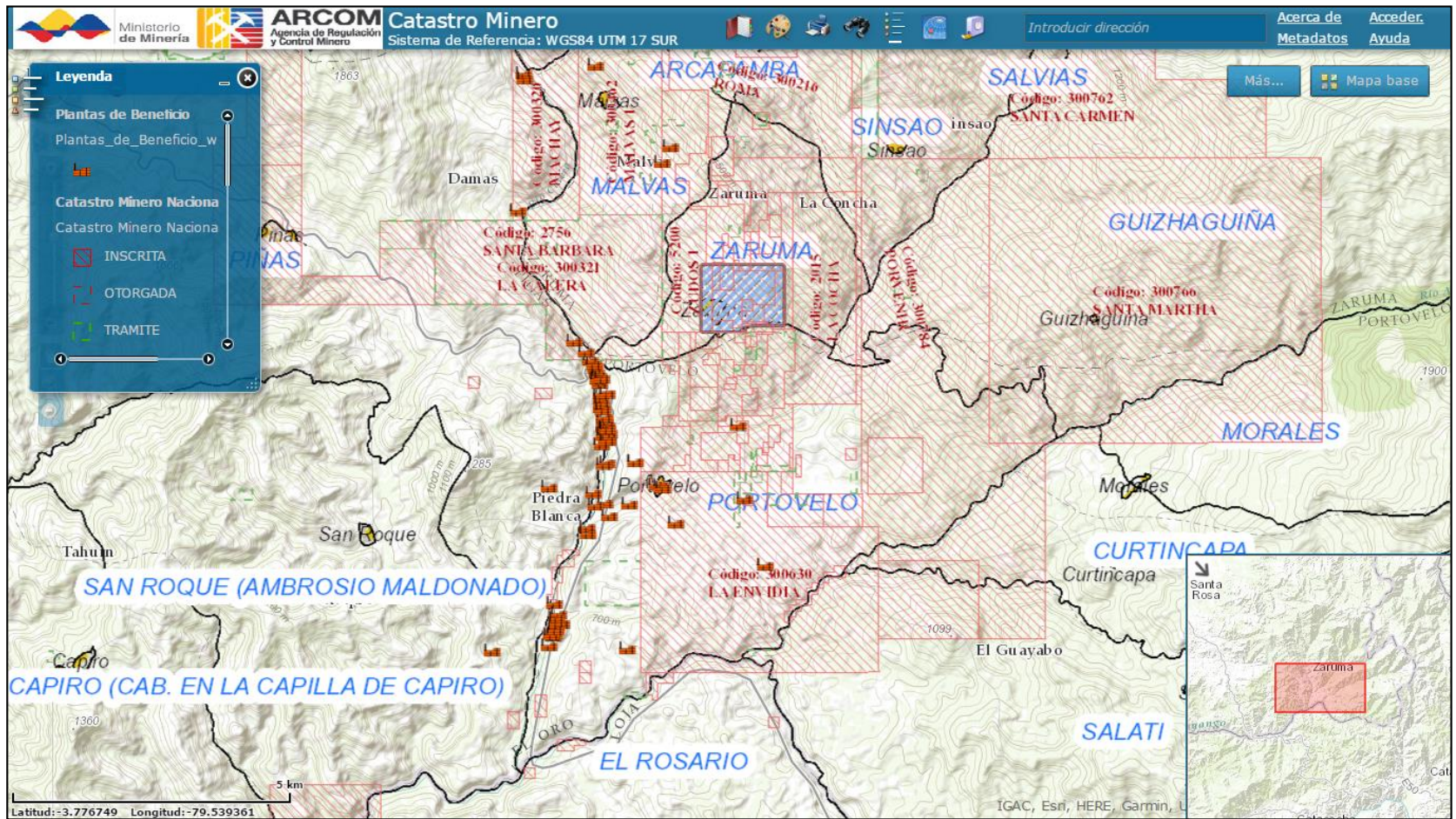
### 7.2.1. Anexo B-1. Carta Topográfica: Zaruma - Portovelo



### 7.2.2. ANEXO B-2. MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



### 7.2.3. ANEXO B-3. CATASTRO MINERO ZARUMA PORTOVELO



### 7.3. ANEXOS C Registro Fotográfico



#### **7.4. Anexo D-1. Glosario**

1. Almacenamiento: Retención temporal de desechos, mientras no sean entregados al servicio de recolección para su procesamiento, reutilización o disposición (Brown, 1993).
2. Carbón activado. es un material en forma de polvo muy fino que presenta un área superficial excepcionalmente alta y se caracteriza porque contiene una gran cantidad de microporos (poros inferiores a 2 nm de diámetro).
3. Carbón. Sustancia sólida, ligera, negra y combustible, que resulta de la destilación o de la combustión incompleta de la leña o de otros cuerpos orgánicos (Moore, Stanitski, Wood, & Kotz, 2000).
4. Cianuración. es un tratamiento termoquímico que se da a los aceros. Cuando se quiere obtener una superficie dura y resistente al desgaste, se debe efectuar un baño de cianuro fundido (Atkins, 2006).
5. CO<sub>2</sub>. Gas incoloro, denso y poco reactivo. Forma parte de la composición de la tropósfera (capa de la atmósfera más próxima a la Tierra) actualmente en una proporción de 350 ppm. (partes por millón). Su ciclo está relacionado con el del oxígeno (Braga, 2015).
6. Eólico. La energía eólica es la energía que se obtiene a partir del soplado del viento; las fuertes corrientes de aire transforman la energía en otras expresiones muy útiles para llevar a cabo las diferentes actividades humanas (Brown, 1993).
7. Filtraciones. proceso por el cual un elemento es colocado a través de un tipo de tamiz o filtro por el cual se separan sus partes, quedando retenidas aquellas partes que no pasan por su tamaño y siendo filtradas aquellas que sí pasan por el espacio del filtro (Brown, 1993).



8. Fundición. Producto obtenido de la primera fusión del hierro en los altos hornos, que contiene más carbono que el acero o que el hierro forjado y se rompe con mayor facilidad (Angelini & Baumgartener, 1995).
9. Grietas. abertura larga y estrecha producto de la separación de dos materiales. En geología se pueden distinguir dos tipos comunes de grietas: las grietas de contracción y las grietas en cuña (Atkins, 2006).
10. Hidrociclón. Los hidrociclones son equipos destinados principalmente a la separación de suspensiones sólido – líquido, y son usados vienen siendo usados industrialmente, en casi todos los sectores (Moore, Stanitski, Wood, & Kotz, 2000).
11. Hidrofóbico. Compuesto no miscible con el agua. La hidrofobicidad sucede cuando la molécula en cuestión es incapaz de interactuar con las moléculas de agua por interacciones ión-dipolo ni por puentes de hidrógeno. Ese es el caso de los hidrocarburos saturados. En esta situación las moléculas de agua en la vecindad del hidrocarburo se orientan y se asocian formando una estructura parecida al hielo, creándose una especie de jaula de moléculas de agua alrededor de la molécula hidrofóbica. Esta estructura se conoce como clatrato(Corzo, 2014).
12. Lixiviar. Tratar una sustancia compleja, como un mineral, con un disolvente adecuado para separar sus partes solubles de las insolubles (Atkins, 2006).
13. Mercurio. Elemento químico de número atómico 80, masa atómica 200,59 y símbolo Hg ; es un metal líquido a temperatura ordinaria, de color blanco plateado, brillante y denso, que se encuentra en la naturaleza en estado puro o combinado con plata, o en forma de sulfuro en el cinabrio; se usa principalmente en termómetros y barómetros, y también en aleaciones llamadas amalgamas (Angelini & Baumgartener, 1995).

14. Mercurio. Elemento químico de número atómico 80, masa atómica 200,59 y símbolo Hg; es un metal líquido a temperatura ordinaria, de color blanco plateado, brillante y denso, que se encuentra en la naturaleza en estado puro o combinado con plata, o en forma de sulfuro en el cinabrio; se usa principalmente en termómetros y barómetros, y también en aleaciones llamadas amalgamas (Moore, Stanitski, Wood, & Kotz, 2000).
15. Oro. Elemento químico de número atómico 79, masa atómica 196,976 y símbolo Au ; es un metal noble de color amarillo brillante, muy blando, el más dúctil y maleable de todos los metales, muy resistente a la corrosión y a la oxidación y buen conductor; se encuentra en estado libre o combinado, principalmente en las vetas de cuarzo, en los depósitos de aluviones secundarios y en el agua marina; se usa, aleado con otros metales, en acuñación de monedas, en joyería, orfebrería, para dorar, etc. (Atkins, 2006)
16. Plata. Elemento químico de número atómico 47, masa atómica 107,870 y símbolo Ag ; es un metal noble del grupo de los elementos de transición, de color gris claro y brillante, más duro que el oro, el más maleable y dúctil después del oro y el mejor conductor de la electricidad y el calor; en la naturaleza suele aparecer asociado con otros elementos, en especial azufre, en menas y minerales; se usa en joyería, servicios de mesa, acuñación de monedas, en circuitos eléctricos y electrónicos, etc. (Brown, 1993)
17. Relaves. Partículas de mineral arrastradas por el agua en el lavado de metales que, al mezclarse con barro, necesitan otro lavado para ser recuperadas (Angelini & Baumgartener, 1995).
18. Tratamiento. Procesos que alteran la estructura química de los componentes de la basura para producir un material inofensivo o menos peligroso. Los procesos químicos son atractivos porque producen emisiones mínimas hacia el aire, ellos se pueden realizar a menudo en el sitio del generador, y algunos procesos se pueden diseñar y construir como unidades móviles (Braga, 2015).