

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS  
CARRERA DE ECONOMÍA



**TESIS DE GRADO**

DESARROLLO DE LA MINERÍA ESTATAL A PARTIR DE LA INVERSIÓN EN  
LA EXPLOTACIÓN DE YACIMIENTOS MINERALES NO TRADICIONALES DE  
ESTAÑO Y PLATA

**POSTULANTE** : MOLLINEDO SOTOMAYOR CARLOS JARDIEL

**TUTOR** : LIC. PASTOR YANGUAS

**RELATORA** : LIC. TERESA PANIAGUA VALDA

**LA PAZ – BOLIVIA**  
**2016**

---

**DEDICATORIA:**

*A mi papá, quien allá desde su descanso eterno en el cielo iluminó y guió mi camino para perseverar en la conclusión del presente trabajo de investigación.*

*A mi madre, porque su fuerza, amor y ternura hicieron que las muchas caídas y tropiezos afrontados por mi persona en la Universidad y en la vida se convirtan en oportunidades para forjar carácter y alimentar el espíritu de lucha y triunfo.*

*A mis hijos, que son mi inspiración de vida y a quienes con este trabajo quiero enseñar que la perseverancia y el esfuerzo van de la mano para conseguir tus metas en cualquier ámbito y que el sabio aprende de los errores de los demás y no de sus propios errores.*

*A mis amigos y mis seres queridos.*

---

---

### *AGRADECIMIENTOS:*

*A Dios, quien es el dueño y señor de mi vida y rige mis designios y mis pesares.*

*A toda mi familia que me formó y me vio crecer por inculcarme valores éticos, morales y por sobre todo amor.*

*A todos mis docentes de la carrera de economía de la Universidad de San Andrés por su tolerancia y apoyo en mi formación profesional.*

*A todas las personas que me apoyaron con la información y documentación sustento del presente trabajo. En particular al Señor Edgar Ramirez Santiesteban - Director Nacional del Sistema de Archivo de COMIBOL.*

---

# ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b>				
<b>INTRODUCCION</b>				<b>1</b>
<b>CAPITULO I MARCO METODOLÓGICO</b>				<b>4</b>
1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA			4
1.1.1	Identificación del Problema			4
1.1.2	Formulación del Problema			6
1.2	JUSTIFICACION			6
1.2.1	Justificación Económica			6
1.2.2	Justificación Técnica			7
1.2.3	Justificación Ambiental			7
1.2.4	Justificación Social			7
1.3	DELIMITACIÓN DEL TEMA			7
1.3.1	Delimitación temporal			7
1.3.2	Delimitación espacial			8
1.3.3	Restricción de la categoría económica y variables económicas			8
1.4	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION			8
1.4.1	Objetivos Generales			8
1.4.2	Objetivos Específicos			8
1.5	PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS			9
1.5.1	Elección de la Hipótesis			10
1.6	METODOLOGÍA			11
1.6.1	Tipo de Estudio			11
1.6.2	Método de Investigación			11
1.6.3	Fuente y Tecnicas de Informacion			12
1.6.3.1	Fuentes Secundarias			12
1.6.3.2	Fuentes Primarias			12
1.6.4	Tratamiento de la informacion			12
1.6.4.1	Técnicas Estadísticas			12
1.6.4.2	Presentación de la Información			12

<b>CAPITULO II MARCO TEÓRICO</b>				<b>13</b>
2.1	PENSAMIENTO ECONÓMICO			13
2.1.1	Teoría Keynesiana de la Inversión			13
2.1.1.1	Complemento a la teoría Keynesiana de inversión Leibenstein			14
2.1.1.2	Teoría neoliberal de la inversión			15
2.1.1.3	Importancia de las innovaciones tecnológicas de Schumpeter			17
2.1.1.4	Teoría Económica Neoliberal vs. Economía Minera			18
2.2	COLAS, RELAVES Y DESMONTES, ORIGEN Y DEFINICION			20
2.2.1	Origen de las Colas y Relaves			20
2.2.2	Definición de Colas y Relaves			21
2.2.3	Definición de Desmontes			21
<b>CAPITULO III MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL</b>				<b>22</b>
3,1	MARCO LEGAL			22
3.1.1	Ley del Medio Ambiente - Minería y Sus Reglamentos			23
3.2	MARCO INSTITUCIONAL			24
3.2.1	Características de la minería nacional del estaño y la plata y la crisis de producción de estos minerales.			24
3.2.1.1	Reservas Nacionales			24
3.2.1.2	Evolución Histórica de la Producción Nacional del Estaño, la Plata y Otros Minerales			25
<b>CAPITULO IV ANÁLISIS TÉCNICO - ECONÓMICO, PRODUCCION Y RECURSOS MINERALES CONTENIDOS EN LAS COLAS, RELAVES Y DESMONTES DE ESTAÑO Y PLATA</b>				<b>29</b>
4.1	IMPORTANCIA ECONOMICA DE LAS COLAS, RELAVES Y DESMONTES ESTATALES			29
4.2	ANÁLISIS TECNICO - ECONÓMICO DE LAS COLAS RELAVES Y D			29
4.2.1	Relaves San Miguel - Potosí			29
4.2.1.1	Ubicación Geográfica			30
4.2.1.2	Recursos Minerales de los Relaves San Miguel			30
4.2.1.3	Aspectos Medioambientales			31
4.2.1.4	Impactos Ambientales			31
4.2.1.5	Características Mineralógicas			32
4.2.1.6	Minerales con valor económico			32
4.2.1.7	Características Metalúrgicas			34

4.2.1.8	Composición Mineralógicas del depósito		34
4.2.2	Relaves Arenas Catavi - Norte de Potosí		35
4.2.2.1	Origen		35
4.2.2.2	Ubicación Geográfica		35
4.2.2.3	Estudios y Evaluaciones		36
4.2.2.4	Características Mineralógicas		36
4.2.2.5	Características Metalúrgicas		37
4.2.3	Colas Lamas y Desmontes Catavi		37
4.2.3.1	Origen y Localización		37
4.2.4	Colas de Estaño Caracoles		38
4.2.4.1	Origen		38
4.2.4.2	Ubicación Geográfica		39
4.2.4.3	Medio Ambiente		39
4.2.4.4	Estudios y Evaluaciones		39
4.2.5	Relaves Telamayu		39
4.2.5.1	Origen		39
4.2.6	Colas de Plata Telamayu		40
4.2.6.1	Origen		40
4.2.6.2	Características Mineralógicas		40
4.2.7	Relaves Itos Centro Minero San José		40
4.2.7.1	Origen		40
4.2.7.2	Estudios y Evaluaciones		41
4.3	BREVE DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE LAS PRINCIPALES COLAS Y RELAVES ESTATALES DE ESTAÑO		41
4.3.1	Colas y Relaves San Miguel - Potosí		41
4.3.1.1	Configuración del proceso		41
4.3.1.2	Descripción del proceso de concentración		42
4.3.1.3	Operaciones unitarias de concentración		42
4.3.1.4	Descripción del proceso de lixiviación ácida		45
4.3.1.4.1	Operaciones unitarias de concentración		45
4.3.1.5	Descripción del proceso de lixiviación básica		46
4.3.1.5.1	Operaciones de lixiviación Básica		46
4.3.1.5.2	Dique de Colas		47

4.3.1.5.3	Dique de Colas Sulfuros de lixiviación ácida			47
4.3.1.5.4	Dique de colas Óxidos de Lixiviación Básica			47
4.3.1.5.5	Recirculación de Aguas			48
4.3.2	Relaves y Colas Telmayu			48
4.3.2.1	Descripción del Tratamiento Metalúrgico			48
4.3.3	Colas de Estaño Caracoles			49
4.3.3.1	Descripción del tratamiento metalúrgico			49
4.3.4	Tratamiento Metalúrgico Colas Arenas Catavi			49
4.3.4.1	Consideraciones Metalúrgicas			49
4.3.4.2	Tratamiento Metalúrgico			50
4.3.4.3	Capacidad e índices metalúrgicos de la Planta			51
4.3.5	Tratamiento Metalúrgico Colas Lamas el kenko Catavi			51
4.3.5.1	Localizacion			52
4.3.5.2	La Planta			52
4.3.5.3	Capacidad y Rendimientos			52
4.4	RECURSOS MINERALES DE ESTAÑO Y PLATA CONTENIDOS EN LAS COLAS, RELAVES Y DESMONTES ESTATALES			54
4.4.1	Colas San Miguel			54
4.4.2	Relaves y Colas Arenas			55
4.4.3	Colas Caracoles			59
4.4.4	Colas Telmayu			59
4.4.4.1	Relave Antiguo			59
4.4.4.1.1	Periodo de Acumulación			59
4.4.4.1.2	Recursos Minerales			59
4.4.4.1.3	Características Mineralógicas			60
4.4.4.2	Relave Nuevo			61
4.4.4.2.1	Origen y Periodo de Acumulación			61
4.4.4.2.2	Recursos Minerales			61
4.4.4.2.3	Características Mineralógicas			62
4.4.5	Relaves Itos Centro Minero San José			62
4.4.5.1	Características del Mineral			62
4.5	CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS ESPECÍFICOS			63

<b>CAPITULO V ANÁLISIS Y PERSPECTIVAS DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL Y NACIONAL DEL ESTAÑO Y LA PLATA</b>				<b>64</b>
5,1	ANÁLISIS DE MERCADO			64
5.1.1	El Mercado Mundial y Nacional del Estaño y la Plata			64
5.1.2	Descripción de los productos y propiedades			64
5.1.2.1	Estaño			64
5.1.2.2	La Plata			65
5.1.3	Identificación del Mercado Consumidor			66
5.1.3.1	Identificación de los Consumidores			66
5.1.3.2	Identificación Geográfica del Mercado Consumidor			67
5.1.4	Demanda			68
5.1.4.1	Demanda Proyectada del estaño y plata			70
5.1.5	Oferta			72
5.1.5.1	Oferta Mundial			72
5.1.5.2	Proyección de la Oferta del Estaño y Plata			74
5.1.6	Balance de la Demanda y Oferta del Estaño y Plata			76
5.2	PRODUCCION NACIONAL DE ESTAÑO Y PLATA			77
5.3	PRECIO			79
5.3.1	Precios Históricos			79
5.3.2	Precios de los minerales para el presente documento			80
5.4	PRODUCTO INTERNO BRUTO MINERO			80
5.5	INGRESOS ESTATALES POR LA PRODUCCION DE MINERALES			82
5.6	IMPUESTOS			83
5.7	CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS ESPECÍFICOS			85
<b>POTENCIAL DE LOS RECURSOS MINERALES</b>				
<b>CONTENIDOS</b>				
<b>EN LAS COLAS, RELAVES Y DESMONTES ESTATALES DE</b>				<b>86</b>
<b>ESTAÑO Y PLATA</b>				
6.1	COMPORTAMIENTO DE LAS INVERSIONES EN EL SECTOR MINE			86
6.2	INVERSIONES REQUERIDAS EXPLOTACIÓN DE LAS COLAS RELAVES Y DESMONTES			88
6.2.1	Colas Relaves San Miguel - Potosí			88
6.2.1.1	Inversiones Fijas			88
6.2.1.2	Inversiones Diferidas			89

6.2.1.3	Capital de Trabajo			89
6.2.1.4	Estructura de la Inversión total			90
6.2.1.5	Costos de Operación Planta			90
6.2.1.6	Balance de Ingresos y Egresos Colas San Miguel			91
6.2.2	Colas Arenas Catavi			92
6.2.2.1	Parámetros de Diseño e índices metalúrgicos de la Planta Colas Are			92
6.2.2.2	Cuantificación de la Inversión Colas Arenas Catavi			92
6.2.2.3	Balance de Ingresos y Egresos proyectados Colas Arenas Catavi			93
6.2.3	Inversiones en el Tratamiento Metalúrgico Colas Antiguas Telamayu			93
6.2.3.1	Parámetros de Diseño			93
6.2.3.2	Cuantificación de la inversión estimada			94
6.2.3.3	Balance de Ingresos y Egresos			94
6.2.4	Colas de Estaño Caracoles			95
6.2.4.1	Parámetros de Diseño			95
6.2.4.2	Inversión Estimada			95
6.2.4.3	Balance de Ingresos y Egresos			95
6.2.5	Inversiones Rehabilitación Planta de Tratamiento Metalúrgico Colas Lamas Catavi			96
6.2.5.1	El proceso metalúrgico			96
6.2.5.2	Inversión Requerida			97
6.2.5.3	Balance de Ingresos y Egresos			97
6.3	RESUMEN GENERAL DEL BALANCE DE INGRESOS Y EGRESOS			98
6.4	VALOR ECONÓMICO POTENCIAL DE LOS RECURSOS MINERALES CONTENIDOS EN LAS COLAS, RELAVES Y DESMONTES ESTATALES DE ESTAÑO Y PLATA			98
<b>CAPITULO VII IMPACTO EN LOS INGRESOS ESTATALES DE LAS INVERSIONES EN LOS RECURSOS MINERALES DE LAS COLAS, RELAVES Y DESMONTES</b>				<b>100</b>
7.1	MODELADO ECONOMÉTRICO			100
7.2	DEFINICIÓN DE VARIABLES			102
7.3	ESTIMACIÓN Y RESULTADOS			104
7.4	PRONÓSTICO DEL MODELO			110

<b>CAPITULO VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>				<b>113</b>
8.1	CONCLUSIONES DE LOS OBJETIVOS			113
8.1.1	Conclusiones del Objetivo General			113
8.1.2	Conclusiones de los Objetivos Específicos			113
8.1.2.1	Estaño			113
8.1.2.2	Plata			113
8.2	CONCLUSIONES DE LA HIPÓTESIS			114
8.3	RECOMENDACIONES			114
<b>BIBLIOGRAFIA</b>				<b>115</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1	Reserva de Minerales Metálicos de Bolivia				24
Cuadro N° 2	Cantidad y valor de producción de minerales concentrados de Bolivia				25
Cuadro N° 3	Características del Mineral Colas San Miguel				55
Cuadro N° 4	Producto Interno Bruto Minero y Participación en el PIB Nacional				80
Cuadro N° 5	Evolución de los Ingresos Estatales por la Venta de Concentrados de Estaño				82
Cuadro N° 6	Regalías e Impuestos por Subsectores				83
Cuadro N° 7	Inversiones en Minería				87
Cuadro N° 8	Inversiones Fijas Requeridas en las colas, relaves y desmontes				89
Cuadro N° 9	Inversiones Diferidas Requeridas en las Colas Relaves San Miguel				89
Cuadro N° 10	Inversión Total Colas San Miguel				90
Cuadro N° 11	Costos de Operación de la Planta San Miguel				91
Cuadro N° 12	Resumen de los Costos de Operación de la Planta San Miguel				91
Cuadro N° 13	Balances de Ingresos y Egresos proyectados Colas San Miguel				92
Cuadro N° 14	Diseño e Índices Metalúrgicos Planta Colas Arenas Catavi				92
Cuadro N° 15	Inversión Requerida Planta Colas Arenas Catavi				92
Cuadro N° 16	Balances de Ingresos y Egresos proyectados Colas Arenas Catavi				93
Cuadro N° 17	Diseño e Índices Metalúrgicos Planta Colas Antiguas Telamayú				93
Cuadro N° 18	Inversión Requerida Planta Colas Antiguas Telamayú				94
Cuadro N° 19	Balances de Ingresos y Egresos proyectados Colas Antiguas Telamayú				94
Cuadro N° 20	Diseño e Índices Metalúrgicos Planta Colas de Estaño Caracoles				95
Cuadro N° 21	Inversión Requerida Planta Colas de Estaño Caracoles				95
Cuadro N° 22	Balances de Ingresos y Egresos proyectados Colas de Estaño Caracoles				95

Cuadro N° 23	Balance de Ingresos y Egresos proyectados Colas Lamas y Desmontes Catavi	97
Cuadro N° 24	Balance General de Ingresos y Egresos Tratamiento de Colas Relaves y Desmontes	98
Cuadro N° 25	Valor Económico Potencial In Situ de las Colas, Relaves y Desmontes	99

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1	Estudios existentes considerados por la investigación				8
Tabla N° 2	Volumen de Producción de Minerales de Bolivia				27
Tabla N° 3	Resultados de los procesos de Pre - Concentración Colas Arenas Catavi				50
Tabla N° 4	Recursos Minerales Sulfuros Colas San Miguel				55
Tabla N° 5	Recursos Minerales Óxidos Colas San Miguel				55
Tabla N° 6	Recursos Minerales contenidos en Relaves Arenas Catavi				56
Tabla N° 7	Recursos Minerales contenidos en Colas Lamas Catavi				57
Tabla N° 8	Recursos Minerales en los Desmontes Acumulados de Catavi				57
Tabla N° 9	Recursos Minerales de Desmontes Extraídos de Catavi				58
Tabla N° 10	Recursos Minerales Totales Contenidos en las Colas, Arenas Catavi				58
Tabla N° 11	Estadísticos Descriptivos de las variables continuas				104
Tabla N° 12	Correlación entre las variables del modelo				106
Tabla N° 13	Coeficientes Ajustados del modelo planteado				108
Tabla N° 14	Coeficientes corregidos por el operador exponencial				109
Tabla N° 15	Coeficientes ajustados del modelo con inversiones potenciales				111
Tabla N° 16	Coeficientes corregidos por el operador exponencial de inversiones potenciales				112

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>ÍNDICE DE GRÁFICAS</b>		
Grafica N° 1	Demanda Mundial de Estaño Agregada y por Continentes	68
Gráfica N° 2	Tendencia de la Demanda Mundial Agregada de Estaño	69
Grafica N° 3	Demanda Mundial de la Plata Agregada y por Continentes	69
Grafica N° 4	Demanda Mundial Agregada de Plata	70
Grafica N° 5	Proyección de la Demanda Mundial de Estaño	71
Grafica N° 6	Proyección de la Demanda Mundial de Plata	71
Grafica N° 7	Oferta Mundial de Estaño Concentrado	72
Grafica N° 8	Oferta Mundial Agregada de Estaño Concentrado	73
Grafica N° 9	Oferta Mundial de la Plata	73
Grafica N° 10	Oferta Histórica Mundial Agregada de Estaño	74
Grafica N° 11	Proyección de la Oferta Mundial de Estaño	75
Grafica N° 12	Proyección de la Oferta Mundial de la Plata	75
Grafica N° 13	Demanda Insatisfecha del Estaño	76
Grafica N° 14	Demanda Mundial Insatisfecha de la Plata	76
Grafica N° 15	Producción Nacional de Estaño	77
Grafica N° 16	Participación de la Producción Nacional de Estaño en la Producción Mundial	77
Grafica N° 17	Producción Nacional de Plata	78
Grafica N° 18	Participación de la Producción Nacional de Plata en la Producción Mundial	78
Grafica N° 19	Evolución Histórica de los Precios del Estaño y Plata	79
Grafica N° 20	Esquema de Demostración de la Hipótesis	100
Grafica N° 21	Bolivia: Inversiones en Relaves potenciales, 1980-2015	101
Grafica N° 22	Definición de las variables del Modelo Econométrico	102
Grafica N° 23	Series Intervinientes en el modelo econométrico	105
Grafica N° 24	Correlación grupal de las variables del modelo	106
Grafica N° 25	Diagrama de cajas de las variables intervinientes	107
Grafica N° 26	Ajuste Polinomial de las series intervinientes	107
Grafica N° 27	Inversiones Efectivas e inversiones efectivas más in versiones potenciales	110
Grafica N° 28	Valor de los ingresos de COMIBOL estimados por ambos modelos	112

## RESUMEN

El presente trabajo es un aporte al sector real de la economía boliviana, específicamente en el sector minero estatal, el cual no obstante la actual coyuntura económica en los precios de los minerales de Estaño y Plata y la implementación de las políticas orientadas a la destrucción de su capacidad productiva en la década de los años 80, pudo sobrevivir.

Sin embargo, en la actualidad la minería estatal afronta el problema de su dependencia para la generación de ingresos concentrada en yacimientos mineros tradicionales en minas y canteras saturadas, aspecto que no coadyuva en la perspectiva de mejorar su situación actual, por lo que en el presente trabajo de investigación se presenta una nueva alternativa para la generación de ingresos estatales, dicha alternativa se constituye en las Colas, Relaves y Desmontes estatales con contenidos de Estaño y Plata, acumulados desde la década de los 50 a la fecha, siendo que su reprocesamiento constituye un factor muy importante en el progreso de cada país, pues, adicionalmente a su valor económico, el control y mitigación de las mismas, coadyuva a la eliminación de los pasivos ambientales generados por la actividad minera, por lo cual son grandes fuentes de recursos minerales y fuente de recursos monetarios frescos para el Estado.

El documento abarca un análisis importante y concreto de las colas relaves y desmontes estatales de Estaño y Plata, desde sus características técnicas, económicas, mineralógicas, hasta la cuantificación de las inversiones requeridas para su tratamiento y explotación.

Adicionalmente se incluyen un análisis de mercado del Estaño y la Plata identificando la demanda insatisfecha con base a proyecciones de la oferta y demanda mundial.

Como valor agregado, el presente trabajo de investigación incluye el cálculo del valor económico potencial de los recursos minerales contenidos en las colas, relaves y desmontes estatales de Estaño y Plata así como también el importe requerido para invertir en su tratamiento y explotación y un Balance de Ingresos y Egresos emergentes de dicha explotación. Todo esto sustentado con un modelo econométrico que estima el impacto directo de las inversiones en las colas, relaves y desmontes estatales de Estaño y Plata en los ingresos de la minería estatal.

Asimismo, el presente trabajo identifica el origen, la importancia económica y características generales de las colas, relaves y desmontes estatales de Estaño y Plata e incluye una cuantificación de la inversión requerida para su tratamiento.

Por ello, la investigación coadyuva y sirve de base para impulsar la explotación de las colas, relaves y desmontes estatales con contenido de Estaño y Plata, sienta las bases económicas para emprender proyectos de inversión y aprovechar los recursos en su integridad no solo como materia prima sino con valor agregado.

Se demuestra que existe la necesidad de implantar una política minero metalúrgica de inversión o atracción a la Inversión, orientado al desarrollo y explotación de las colas, relaves y desmontes estatales, la Inversión es fundamental para obtener un impacto económico positivo en la generación de ingresos frescos y soberanos, lo que impulsará la actividad económica integral de cada región donde se encuentran dichos pasivos ambientales.

Se determina la relación directa que existe entre las variables analizadas, estableciendo una vez más que el determinante para la producción en el campo de la minería tradicional y no tradicional estatal es la Inversión, puesto que las inversiones promueven la producción y a mayor producción habrá mayores ingresos estatales.

Finalmente, el presente trabajo establece que es muy importante promover a corto plazo el desarrollo de la minería estatal mediante la ejecución de proyectos de inversión pública para el desarrollo y explotación de las colas, relaves y desmontes estatales para el aprovechamiento INTEGRAL de las riquezas minerales contenidas en dichos pasivos ambientales, y que la política minera estatal debe estar orientada a la posibilidad de obtener ventajas comparativas en la generación de ingresos frescos, para su reinversión en el ámbito nacional; lo cual impulsará el principio de fortalecimiento sucesivo de todos los complejos industriales que resulten técnica y económicamente viables.

---

# *Introducción.*

---

## INTRODUCCION

Dada la actual coyuntura económica en los precios de los minerales de Estaño y Plata y no obstante de las políticas orientadas a la destrucción de la capacidad productiva estatal en el sector minero, la minería estatal pudo sobrevivir. Por tanto, ahora debe recobrar su rol histórico en un proceso como el que vivimos, en el que el Nuevo Estado debe contar, entre sus pilares económicos, a este sector.

En este proceso de recobrar protagonismo, la minería estatal afronta el problema de la dependencia de yacimientos mineros tradicionales en minas y canteras saturadas para la generación de ingresos económicos, aspecto que no coadyuva en la perspectiva de mejorar la situación actual de la minería estatal representada por la Corporación Minera de Bolivia.

Es así que el presente trabajo de investigación presenta una nueva alternativa a la explotación minera tradicional concentrada en socavones y canteras de yacimientos saturados como una nueva fuente de ingresos para la minería estatal.

Dicha alternativa se constituye en las colas, relaves y desmontes estatales con contenidos de Estaño y Plata, mismas que se han acumulado desde la década de los 50 hasta los 80, siendo que después de la producción tradicional de minerales en socavones y canteras, el reprocesamiento de relaves, colas y desmontes, constituye un factor muy importante en el progreso de cada país, pues, el control y mitigación de las mismas, coadyuva a la eliminación de los pasivos ambientales generados por la actividad minera. Son grandes fuentes de recursos minerales y fuente de recursos monetarios frescos para el Estado. Por lo que nuestro país necesita una política intensiva en el aprovechamiento de estos recursos.

Centros de investigaciones, servicios científicos y universidades del país, se han preocupado ampliamente por minas metálicas; sin embargo, el grado de evaluación está muy lejos de alcanzarse en el reprocesamiento de relaves colas y desmontes. Lo cual requiere de investigaciones básicas y aplicadas, principalmente de carácter económico y tecnológico. Motivación que persigue el presente trabajo.

El documento abarca un análisis importante y concreto de las colas relaves y desmontes estatales de Estaño y Plata, desde sus características técnicas, económicas, mineralógicas, hasta la cuantificación de las inversiones requeridas para su tratamiento y explotación.

Adicionalmente se incluyen un análisis de mercado del Estaño y la Plata identificando la demanda insatisfecha con base a proyecciones de la oferta y demanda mundiales.

Como valor agregado, el presente trabajo de investigación incluye el cálculo del valor económico potencial de los recursos minerales contenidos en las colas, relaves y desmontes estatales de Estaño y Plata así como también el importe requerido para

invertir en su tratamiento y explotación y un Balance de Ingresos y Egresos emergentes de dicha explotación. Todo esto sustentado con un modelo econométrico que estima el impacto directo de las inversiones en los ingresos de la minería estatal.

Consecuentemente, la estructura del presente documento obedece a la siguiente descripción:

Capítulo I. Marco Metodológico, en el cual se detalla el contexto específico de la minería estatal, se identifica y formula el problema sujeto de la presente investigación, plantea los objetivos generales y específicos, detalla las categorías y variables económicas, propone la hipótesis y justifica en los ámbitos económico, técnico, social y ambiental el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Capítulo II. Marco Teórico, que incluye los conceptos principales que se utilizan en la presente investigación, la teoría económica a la cual obedece el trabajo,

Capítulo III. Marco Legal e Institucional, que incluye el marco legal que rige a la minería estatal representada por la Corporación Minera de Bolivia retribuyéndole su rol productivo; y el marco institucional de la minería estatal en lo referente a su evolución histórica de la producción nacional del Estaño, la Plata y otros minerales.

Capítulo IV. Análisis Técnico, Económico, de Producción y Recursos Minerales de las Colas Relaves y Desmontes estatales de Estaño y Plata, que describe las características técnicas, económicas, mineras y los recursos minerales contenidos en los siguientes pasivos ambientales:

- Relaves San Miguel – Potosí
- Relaves Arenas Catavi
- Colas Lamas y Desmontes Catavi
- Colas de Estaño Caracoles
- Relaves Telamayu
- Relaves Itos Centros Minero San José

Asimismo, este capítulo incluye una breve descripción del tratamiento y explotación de las principales Colas y Relaves Estatales de Estaño y Plata.

Finalmente incluye el detalle y cuantificación de Recursos Minerales contenidos en la Colas, Relaves y Desmontes estatales de Estaño y Plata.

Capítulo V. Análisis y Perspectivas de la Producción Mundial y Nacional del Estaño y Plata, que incluye el análisis del mercado mundial y nacional del Estaño Y Plata, mercado consumidor, demanda, oferta, demanda proyectada, oferta proyectada, balance de la oferta y demanda, precios de los minerales de Estaño y Plata, ingresos e impuestos generados por subsectores.

Capítulo VI. Inversiones Requeridas y Valor Económico Potencial de los Recursos Minerales contenidos en las Colas, Relaves y Desmontes estatales de Estaño y Plata donde se incluye y cuantifica las inversiones requeridas para cada una de las colas, relaves y desmontes estatales de Estaño y Plata descritos en el presente trabajo. Asimismo contiene un Balance de Ingresos y Egresos emergentes de la explotación y tratamiento de los pasivos ambientales mencionados.

Finalmente, este capítulo incluye un cuadro que contiene un resumen general de: la cuantificación en Toneladas Métricas Brutas de los Recursos Minerales existentes en las colas, relaves y desmontes estatales de estaño y plata, el valor económico potencial de dichos recursos minerales y la inversión total requerida para su tratamiento y explotación.

Capítulo VII. Impacto en los Ingresos Estatales de las Inversiones en los Recursos Minerales contenidos en las colas, relaves y desmontes estatales de estaño y plata. Este capítulo expone el modelo econométrico que estima el impacto directo de las inversiones en los ingresos de la minería estatal.

Capítulo VIII. Conclusiones y Recomendaciones donde se expresan los resultados obtenidos al finalizar la investigación.

---

*Capítulo 1.*

*Marco Metodológico*

---

**CAPITULO I****MARCO METODOLÓGICO****1.1 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA****1.1.1 Identificación del Problema**

“En las últimas décadas, el sector minero ha atravesado una serie de dificultades, las más forzadas por una visión política que pretendió dejar al Estado al margen de esta actividad, trayendo como resultado una paulatina declinación de su importancia, no sólo en el ámbito de la economía, sino también en lo social y cultural, provocando una ruptura en la evolución de este sector que, sin duda, marcó el rumbo de la historia económica de nuestro país desde su nacimiento como república”<sup>1</sup>.

Una de las manifestaciones de este aspecto ha sido el Decreto Supremo 21060 cuyo principal objetivo central en el sector minero ha sido transferir actividades mineras estatales, al sector privado, a fin de encarar en la producción de otros minerales que no fuera el estaño, lo cual desembocó en una pronunciada reducción de la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL), con la consiguiente redefinición de sus políticas de organización. Asimismo, se ejecutó el cierre de las minas menos rentables, y las minas estatales rentables fueron transferidas a sus empleados que se agruparon en Cooperativas.

Las minas privadas recibieron apoyo y estímulo mediante la aplicación de la antigua Ley de Minería, reformada a fines de agosto de 1985, y del Código Minero y las leyes de inversión que actualmente están en revisión, también resultaron beneficiadas con el permiso para operar en zonas anteriormente reservadas exclusivamente para exploración y explotación por COMIBOL y por la Corporación de las Fuerzas Armadas para el Desarrollo Nacional (COFADENA).”

De esta manera, la actividad minera estatal es desmembrada estratégicamente a fin de que el sector privado, cooperativizado (emergente de dicho desmembramiento) sea sujeto de capitales externos, cuyo fin era el de encontrar un nuevo patrón de acumulación. Lo cual sin la participación política de los partidos de turno, no hubiese sido posible.

El D.S. 21060, ha concluido con la privatización y transnacionalización de toda la actividad económica. Su efecto mostró a una actividad minera que no logró llenar el vacío dejado por la producción de COMIBOL y con índices desalentadores, como es la disminución de su producción que ha llegado a cero. Con el antiguo Código de Minería promulgado por la Ley 1777 de 17 de marzo de 1997, se frena la actividad minera estatal, dando prioridad al sector cooperativista que dependía esencialmente de la

---

<sup>1</sup> Estadísticas del Sector Minero – Metalúrgico 1980-2008. Presentación. Ing. Luís Alberto Echazu.2009

inversión privada. Sin la posibilidad de ejecutar algún proyecto que proponga cambio en la estructura de exportación minera. Incorporando tecnología de punta.

Por otra parte, el 2 de Junio de 1985 se suscribe el Convenio de Crédito de Fomento con la Agencia Internacional de Fomento (una de las agencias del Banco Mundial). Este Convenio es convertido en Ley de la Republica el 2 de septiembre de 1986.

La sección 3.05 de dicho “convenio” textualmente establece lo siguiente:

“Sección 3.05. El prestatario: i) A más tardar el 31 de agosto de 1986 presentará a la Asociación para su examen, su programa con respecto a las reducciones de personal en COMIBOL: ii) ejecutará el programa de reducción de personal en una fecha aceptable para la Asociación: iii) a más tardar el 31 de agosto de 1986 presentará el calendario para el cierre de las minas e instalaciones que sean de propiedad de COMIBOL o funcionan bajo su dirección que no estén técnica ni financieramente en condiciones de funcionamiento y iv) Ejecutará tal calendario de cierres sobre la base y en una fecha aceptables para la Asociación.”

No obstante de las políticas orientadas a la destrucción de la capacidad productiva estatal en el sector minero, la minería estatal pudo sobrevivir. Por tanto, ahora debe recobrar su rol histórico en un proceso como el que vivimos, en el que el Nuevo Estado debe contar, entre sus pilares económicos, a este sector.

Para este efecto, después de la producción tradicional de minerales en socavones y canteras, el reprocesamiento de Relaves, Colas y Desmontes constituye un factor muy importante en el progreso de cada país, porque el control y mitigación de las mismas, coadyuva a la eliminación de los pasivos ambientales generados por la actividad minera; son grandes fuentes productoras de minerales y fuente de recursos frescos para el Estado. En ese sentido, nuestro país necesita una política intensiva en el aprovechamiento de estos recursos.

Centros de investigaciones, servicios científicos y universidades del país, se han preocupado ampliamente por minas metálicas; sin embargo, el grado de evaluación está muy lejos de alcanzarse en el reprocesamiento de relaves colas y desmontes. Lo cual requiere de investigaciones básicas y aplicadas, principalmente de carácter económico y tecnológico.

Por otra parte, existe un desconocimiento de la tecnología moderna necesaria para el tratamiento y beneficio de los recursos que hay en el país, ya sea para mejorar las prácticas tradicionales o para incursionar en nuevas actividades. Por tanto, es urgente conocer el potencial mineralógico que existe en otras espacios físicos tales como son las Colas, Relaves y Desmontes, al mismo tiempo repudiar el no trabajarlas y mantenerlas como pasivos ambientales y fuente de contaminación regional, siendo que las alternativas de generación de recursos económicos no son suficientes para reactivar la minería estatal.

En síntesis, la actual coyuntura económica en los precios de los minerales tradicionales como el Estaño y la Plata, obligan a nuestro país a buscar nuevas fuentes de explotación de estos minerales; las colas, relaves y desmontes son una de ellas; sin embargo, la experiencia de los bolivianos en el reprocesamiento efectivo de estos pasivos ambientales es casi nula, se ha escrito bastante, se han localizado yacimientos, pero no se ha determinado el impacto macroeconómico de esta actividad, debido a que hay un gran desinterés económico nacional, a diferencia con los países vecinos que trabajan intensivamente en este aspecto.

Para cubrir esta brecha, se debe comenzar a incentivar y/o desarrollar proyectos orientados al reprocesamiento y tratamiento mineralógico de estos pasivos ambientales, particularmente en las Colas y relaves estatales de Estaño y Plata, cuya demanda mundial como se observará en el capítulo V, crece mas no en la proporción que incrementa la oferta internacional.

### **1.1.2 Formulación del Problema**

Con todo lo indicado, el problema objeto de estudio de investigación de la tesis es el siguiente:

*La dependencia estatal centrada en los yacimientos mineros tradicionales en minas y canteras saturadas, sin poner atención al potencial productivo y económico de las Colas, Relaves y Desmontes de Estaño y Plata acumulados en diferentes yacimientos de los Departamentos de La Paz, Oruro y Potosí.*

## **1.2 JUSTIFICACIÓN.**

### **1.2.1 Justificación Económica**

Los ingresos de la minería estatal en las 3 últimas gestiones cayeron significativamente, la inversión en la explotación de yacimientos no tradicionales debe ser una prioridad, la presente investigación pretende resaltar la importancia de las colas relaves y desmontes estatales, en la perspectiva de que representa una efectiva alternativa para mejorar los niveles de producción de los minerales tradicionales y dando lugar a la generación de recursos económicos para el sector minero estatal representado por la Corporación Minera de Bolivia.

### **1.2.2 Justificación Técnica**

En el aspecto Técnico, el reprocesamiento de los recursos minerales de las Colas, Relaves y Desmontes, permitirá la aplicación de una tecnología moderna, con procesos mejorados a los conocidos en la actividad minero-metalúrgica.

### **1.2.3 Justificación Ambiental**

Las actividades mineras, se desarrollan de acuerdo a la Ley 1333 del Medio Ambiente, minimizando los impactos que pudieran ocasionar problemas en el entorno ambiental, poniéndose énfasis en el carácter significativo de los impactos y en aquellos que presentan niveles críticos o irreversibles producto de la actividad minera intensa.

Además durante la actividad productiva, en las labores, se deben aplicar normas de Higiene y Seguridad Industrial, que tiene que ver con el sitio del trabajo y el medio ambiente del trabajador.

### **1.2.4 Justificación Social**

Las inversiones ha realizarse cumplirán una función social como la generación de empleo directo e indirecto para las provincias de Tomas Frías, Atocha, Llallagua y Quime; también aportarán con otros beneficios como el mejoramiento urbano de la zona, soluciones a problemas de posibles necesidades básicas insatisfechas (agua, luz) y el mejoramiento de los ingresos económicos y la elevación de su calidad de vida.

## **1.3 DELIMITACIÓN DEL TEMA**

### **1.3.1 Delimitación temporal**

El estudio busca proporcionar información sobre la cuantificación de los recursos minerales de estaño y plata contenidas en las Colas, Desmontes y Relaves con contenido de Plata y Estaño pertenecientes al Estado Boliviano, acumuladas desde el inicio de la explotación minera estatal (1952) hasta el año 2014, la inversión requerida para su desarrollo (explotación) y establecer el valor potencial económico in situ de dichos pasivos ambientales.

Para cuyo efecto, se toma como base la información obtenida de la Dirección de Proyectos de la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL) respecto a los siguientes estudios preliminares orientados al control y mitigación ambiental de las Colas, Relaves y desmontes con contenido de minerales de Estaño y Plata:

**Tabla N° 1**  
**Estudios Existentes considerados por la investigación**

No.	NOMBRE ESTUDIO	LOCALIZACION
1	Remediación ambiental y reprocesamiento de Relaves San Miguel	Cantón Concepción. Prov. Tomás Frías Depto. Potosí
2	Tratamiento Metalúrgico Colas Antiguas Telamayu	Cantón Atocha Prov. Sud Chichas Depto. Potosí
3	Tratamiento Colas Arenas Catavi	Cantón Llallagua Prov. R. Bustillos Depto. Potosí
4	Tratamiento Metalúrgico Colas Caracoles	Cantón Quime Prov. Inquisivi Depto. La Paz
5	Colas Lamas y Desmontes Catavi	Cantón Llallagua Prov. R. Bustillos Depto. Potosí
6	Colas Itos Centro Minero San José	

Fuente: Elaboración Propia

### 1.3.2 Delimitación Espacial.

El ámbito en el cual esta investigación se desarrollará es a nivel Departamental en el sector minero dando prioridad a las colas, relaves y desmontes de la ciudad de La Paz (Cantón Quime, Provincia Inquisivi) y de la ciudad de Potosí (Cantón Concepción Provincia Tomás Frías, Cantón Atocha Provincia Sud Chichas, Cantón Llallagua Provincia R. Bustillos).

### 1.3.3 Restricción de la categoría económica y Variables económicas.

**Área General:** Sector Real de la Economía

**Área Específica:** Economía Minera Estatal

**Área Particular:** Colas, Relaves y Desmontes con contenido de minerales de Plata y Estaño.

## 1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.4.1 OBJETIVOS GENERALES.

- Demostrar que la aplicación de una política minera orientada a la inversión en el desarrollo y explotación de las colas, relaves y desmontes estatales de Estaño y Plata tendrá un impacto positivo en variables como el ingreso estatal.

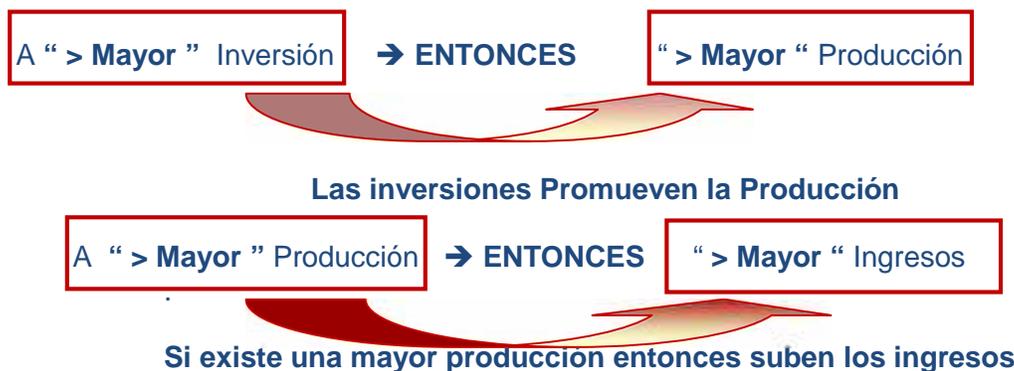
### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Identificar el origen, la importancia económica y características generales de las Colas, Relaves y Desmontes estatales de Estaño y Plata.
- Describir brevemente los procesos minero metalúrgicos para el tratamiento de las colas relaves y desmontes estatales de Estaño y Plata.
- Cuantificar los recursos minerales en Toneladas Métricas Brutas existentes contenidas en las colas, relaves y desmontes estatales.

- Establecer la existencia de una demanda insatisfecha mundial para los minerales tradicionales estaño y plata.
- Cuantificar la inversión requerida para iniciar la tarea de desarrollo, explotación, de los minerales de Estaño y Plata contenidos en las colas, relaves y desmontes estatales.
- Determinar el valor monetario potencial de los recursos minerales contenidos en las colas y relaves de estaño y plata estatales.
- Coadyuvar con los resultados de la tesis en la política minera estatal de COMIBOL, aprovechando la gran cantidad de recursos minerales contenidos en los pasivos ambientales, para emprender el desarrollo y explotación de las colas, relaves y desmontes con miras de obtener una nueva fuente de ingresos; lo cual deberá impulsar el principio de fortalecimiento sucesivo de todos los pasivos ambientales estatales que resulten técnica y económicamente viables.

### 1.5 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS.

En la búsqueda de alternativas de solución al problema referido, la hipótesis está formulada como una relación de tipo causal, considerando las siguientes premisas económicas:



¿Cómo solucionar el problema?, de acuerdo a las premisas, se plantean las siguientes hipótesis.

**Ho:** La inversión estatal canalizada a la explotación *de las colas, relaves y desmontes estatales con contenido de minerales de Estaño y Plata*, no tiene ninguna incidencia en la producción del sector y por consiguiente en la generación de recursos económicos como alternativa a la actual coyuntura del sector minero.

**Hi.** La inversión estatal canalizada a la explotación *de las colas, relaves y desmontes estatales con contenido de minerales de Estaño y Plata*, repercute en una mayor producción del sector y por consiguiente en la generación de recursos económicos como alternativa a la actual coyuntura del sector minero.

### 1.5.1 Elección de la Hipótesis

La hipótesis elegida es la  $H_1$ , siendo que la presente investigación tiene como horizonte el demostrar que la inversión en el desarrollo y explotación de las colas, relaves y desmontes con contenido de mineral de Estaño y Plata, repercute de forma positiva en la generación de ingresos para la minería estatal, representada por la Corporación Minera de Bolivia.

Por tanto, operativizando las variables de la hipótesis, se puede definir como una relación causa-efecto entre una variable dependiente y varias variables independientes:

#### Variables Dependientes:

$Y_t$ : Generación de ingresos para la Minería Estatal (**GR Est.**)

#### Variables Independientes:

$X1_t$  = Recursos Min. de Estaño y Plata Colas Relaves y Desmontes (**Res Sn.Ag, REPCRED**)

$X2_t$  = Inversiones en el desarrollo y explotación de Colas, relaves y desmontes  
(**Inv en Colas, IEC**)

$X3_t$  = Cantidad Producción de Plata y Estaño de las Colas, relaves y Desmontes (**Cant.Prod. Sn.Ag. PEP**)

$X4_t$  = Valor de mercado (**V. Mdo. VM**)

**GR Est. = f (Res Sn. Ag, Inv en Colas, Cant Prod. Sn.Ag. Colas, v. Mdo)**

$$Y_t = f(X1_t, X2_t, X3_t, X4_t)$$

Variables complementarias: Precio del Estaño y Plata (**P Sn.Ag, P**)

$D_t$ : Variable dicotómica

$U_t$ : Variable aleatoria de perturbación

Donde la función de regresión poblacional es:

$$Y_t = B_0 + B_1 * X1_t + B_2 * X2_t + B_3 * X3_t + B_4 * X4_t + U_t$$

$$B_1 > 0, B_2 > 0, B_3 > 0, B_4 > 0$$

La función de regresión estimada será:

$$\hat{Y}_t = \hat{B}_0 + \hat{B}_1 * X1_t + \hat{B}_2 * X2_t + \hat{B}_3 * X3_t + \hat{B}_4 * X4_t + U_t$$

Adecuando las variables:

$$\text{GER Est} = B_0 + B_1 \cdot \text{REPCRED}_t + B_2 \cdot \text{IEC}_t + B_3 \cdot \text{PEP}_t + B_4 \cdot \text{VM} + U_t$$

## 1.6 METODOLOGÍA

### 1.6.1 Tipo de Estudio

Las características de las colas, relaves y desmontes, las formas de conducta y actitudes de todo lo concerniente al universo de la investigación, establece comportamientos concretos de estos pasivos ambientales, frente a las necesidades de la minería estatal. De esta forma, el estudio será descriptivo para identificar dichas características, estableciendo comportamientos concretos, para descubrir y comprobar la asociación entre las variables de la investigación, es decir: Recursos Minerales de Estaño Plata Colas Relaves y Desmontes (REPCRED), Inversiones en el desarrollo de las colas, relaves y desmontes (IEC), Cantidad Producción de Plata y Estaño de las Colas, relaves y Desmontes (PEP). Estableciendo de esta forma el valor monetario potencial de estos pasivos ambientales, para promover la generación de nuevas fuentes de ingresos.

GR Est = f (Recursos Minerales de Estaño y Plata, Inv en Colas , Prod. Sn.Ag. Colas, Valor de Mercado )

$$Y_t = f(X_{1t}, X_{2t}, X_{3t}, X_{4t})$$

### 1.6.2 Método de Investigación.

El método de la investigación es el de *Análisis y Síntesis*, cuyo proceso de conocimiento permitirá profundizar la realidad de la crisis de la minería estatal, debido a la depresión de la productividad minera y el estudio del impacto de la minería en la economía nacional, estableciendo las relaciones causa – efecto entre los elementos que impiden una oportuna y racional explotación de las colas, relaves y desmontes, impidiendo de esta forma la generación de recursos para el estado, así como una necesidad imperante de retomar el papel de las inversiones en este sector real de la economía, cuyo punto compone el objeto de la investigación, a partir de la interrelación de éstos elementos con el conjunto en la función que desempeña cada uno de ellos con referencia al problema de la investigación, esto es la síntesis, entonces el análisis y síntesis son procesos que se complementan en uno en el cual el análisis debe seguir a la síntesis.

### **1.6.3 Fuente y Técnicas de Información**

#### **1.6.3.1 Fuentes Secundarias.**

Libros referentes a la historia de la minería nacional, CD's interactivos promovidos por el Ministerio de Minería y Metalurgia, periódico La Patria de la ciudad de Potosí, El Diario de la ciudad de La Paz y otros.

#### **1.6.3.2 Fuentes Primarias.**

Estudios e Informes técnicos elaborados por la Dirección de Proyectos de COMIBOL, para obtener información técnica con relación al reprocesamiento de las colas relaves y desmontes.

### **1.6.4 Tratamiento de la Información**

#### **1.6.4.1 Técnicas Estadísticas.**

Los datos obtenidos serán clasificados en función a las variables dependientes e independientes preliminarmente definidas en el punto 1.5.1 previa evaluación del grado de correlación que existe en las variables mencionadas.

#### **1.6.4.2 Presentación de la Información**

La información será presentada en tablas y gráficos estadísticos de dispersión.

---

*Capítulo 11.*

*Marco Teórico*

---

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 PENSAMIENTO ECONÓMICO

##### 2.1.1 Teoría Keynesiana de la Inversión

En la Teoría de la Inversión, planteada por Keynes, se denomina inversión a los gastos realizados por los empresarios en fábricas, maquinarias y otras formas de bienes de producción. La decisión de invertir surge de la expectativa de que dicha inversión resultará lucrativa.

El aliciente para la inversión, según Keynes, está determinado por el análisis que realizan los empresarios acerca del beneficio que esperan obtener de la misma en relación con el tipo de interés que deben pagar por los fondos prestados para tal inversión. El beneficio previsto de la nueva inversión se denomina *"eficacia marginal del capital"*.

El análisis macroeconómico de Keynes señala que, al comprar un determinado bien de capital, el inversionista adquiere un flujo de rendimientos esperados en el futuro, el cual refleja el mayor o menor grado de optimismo del inversionista respecto del futuro. Estos rendimientos esperados se comparan con el costo del capital para estimar lo que Keynes denomina "eficiencia marginal del capital".

Si bien en la perspectiva Keynesiana son los ingresos esperados y no el costo del capital el principal determinante de la inversión, en la literatura neoclásica más reciente sobre la función de inversión se ha tendido a enfatizar el costo de usuario del capital en la determinación de la inversión. El énfasis en el costo del capital ofrece un interesante campo de políticas de inversión, particularmente de incentivos tributarios que reducen el costo efectivo del capital para el inversionista. La motivación empresarial obedece, fundamentalmente a las expectativas de los inversionistas sobre el estado futuro de la economía.

En una revisión del modelo neoclásico de inversión, Marfán (1985) examina el efecto que distintos efectos tributarios poseen sobre la inversión. Para un volumen constante de recursos fiscales, los impuestos que aparecen como más efectivos para incentivar la inversión son la depreciación acelerada, el impuesto a las ganancias de capital y el crédito tributario a la inversión.

Desde el punto de vista de los países en desarrollo, caracterizados normalmente por un mayor grado de incertidumbre en la evolución económica y precariedad en la estructura institucional que permite resolver los conflictos económicos y sociales, la función de inversión tiene como propósito subrayar el rol de la motivación de los

agentes económicos, y particularmente, la motivación empresarial en el proceso de crecimiento económico.

En este sentido Keynes (1936 p. 139) critica la teoría neoclásica que postula que la inversión se lleva a cabo hasta el punto en que la productividad marginal de capital iguala a la tasa de interés, argumentando que este postulado solo es válido en condiciones estáticas y de perfecta certidumbre<sup>2</sup>.

De esta forma la inversión, también es un importante factor determinante del empleo, en una sociedad caracterizada por una gran desigualdad de la riqueza y la renta, la capacidad económica de la comunidad para consumir es limitada. Los ricos tienen más renta que la que desean consumir, y los pobres tienen tan poca renta que su capacidad de consumo está restringida. Como consecuencia de esta situación hay un exceso potencial de recursos superiores a los necesarios para producir bienes de consumo. Este exceso debe canalizarse, para poder ser utilizado totalmente, a la producción de bienes que no sean de consumo habitual. Esta producción, que excede lo que se consume habitualmente, es lo que Keynes llama inversión. La inversión comprende actividades tales como: construir nuevas fábricas, casas, ferrocarriles, maquinarias; y otros tipos de bienes que no han de ser consumidos con tanta rapidez como se producen.

La distinción entre consumo e inversión es fundamental para Keynes. Su teoría afirma que el empleo depende de la cantidad de inversión, o, lo que es lo mismo, el paro es originado por una insuficiencia de inversión. No sólo obtienen empleo los obreros encargados de la construcción de nuevas fábricas, casas, ferrocarriles, etc.; sino que los obreros, así empleados gastan su dinero en los productos de las fábricas ya construidas, pagan el alquiler de las casas ya construidas, viajan en ferrocarril, etc. En resumen, podemos decir que el empleo en la actividad de inversión ayuda a mantener la demanda de la producción existente de bienes de consumo y servicios.

#### **2.1.1.1 Complemento a la teoría keynesiana de inversión por Leibenstein**

En una línea teórica que se puede considerar complementaria al análisis keynesiano, otros autores en el campo de desarrollo económico han formulado hipótesis diferentes sobre los determinantes de tal motivación, Leibenstein, por ejemplo, ha enfatizado que la motivación de los agentes económicos obedece estrechamente a los incentivos que éstos perciban en su medio ambiente, es posible encontrar situaciones en los que aun cuando el cálculo económico favorece alguna acción, ésta no es implementada por los agentes, ya que el resultado que reporta tal acción no recae debidamente sobre encargados de decidir sobre su implementación, es la falta de motivación la que no permite aprovechar óptimamente las oportunidades económicas<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> Teoría Keynesiana, 1936 p.139.

<sup>3</sup> Leibenstein, 1980

Dentro del enfoque de Leibenstein, la motivación empresarial en países en desarrollo puede estar ligada a diferentes factores, entre los cuales destaca la existencia de estructuras poco competitivas en los principales mercados manufactureros, financiero y de tecnología y las relaciones de dependencia de los empresarios privados hacia las acciones económicas del Estado.

### **2.1.1.2 Teoría neoliberal de la inversión**

Algunos aspectos claves para una política de crecimiento en países en desarrollo es primero, el desafío de canalizar los recursos económicos hacia las oportunidades de inversión; segundo, la manutención de un criterio de eficiencia en el uso de los recursos económicos, y tercero, la expansión del sector transable de la economía a través del crecimiento de las exportaciones y la sustitución de las importaciones. Estos elementos contribuyen a acelerar el ritmo de crecimiento de los países en desarrollo, el principal factor en el análisis del presente marco teórico, es el referido a los aspectos estructurales de los países en desarrollo y particularmente de nuestro país Bolivia, uno de los rasgos que mejor caracteriza el subdesarrollo económico es la heterogeneidad estructural, la que se define como la existencia sistemática de barreras y obstáculos en el proceso de asignación de recursos, lo cual limita la eficiencia tanto en términos estáticos como dinámicos<sup>4</sup>.

La teoría del desarrollo acerca de los factores que explican el desigual desempeño de los países latinoamericanos, ha revivido en los años recientes una reducción en el ritmo de crecimiento económico, y particularmente, en aquellos países con niveles altos de endeudamiento externo, por ésta razón el debate sobre las políticas que permiten un mayor crecimiento se ha integrado a la discusión sobre programas de estabilización y mecanismos de ajuste macroeconómicos ante cambios adversos en los términos de intercambio o en la tasa de interés internacional.

Las recomendaciones para superar la actual crisis de crecimiento, así como para explicar el desigual desempeño de los países en el mediano plazo, se pueden vincular a dos enfoques alternativos sobre el crecimiento económico de los países en desarrollo, estos enfoques se pueden denominar de “ajuste estructural”, el primero, y de “política industrial”, el segundo.

El enfoque de “ajuste estructural” se centra en reformas institucionales (reducir el tamaño del sector público, por ejemplo) y de desregulación de los mercados como medidas para facilitar la transición hacia una nueva estructura que permita lograr una tasa de crecimiento económico más alta y sostenible<sup>5</sup>. Los mecanismos específicos que permiten acelerar el ritmo de crecimiento son el aumento de ahorro interno, la atracción del capital extranjero, la eficiencia en la asignación de recursos y la neutralidad de la política comercial.

---

<sup>4</sup> Políticas Macroeconómicas, una perspectiva latinoamericana, René Cortázar, p. 357

<sup>5</sup> Este enfoque está ligado a los programas de ajuste estructural que ha propuesto el Banco Mundial a varios países en desarrollo.

El Programa de Ajuste Estructural, PAE, está basado en la teoría neoliberal que tiene como base tres aspectos fundamentales: la liberación de la economía, la transformación productiva y el aumento de la competitividad internacional. Es así que en el mundo del neoliberalismo, en especial en los países latinoamericanos este programa se tradujo en la adopción de una profunda transformación de la base económica una vez que el Estado deja a la iniciativa privada su rol y espacio económico.

El neoliberalismo parte del principio básico de que el mercado es el mejor asignador de recursos tanto físicos como humanos, cuando no existe ningún tipo de restricciones dentro del mercado, las personas encuentran el empleo que les corresponde según sus capacidades, los empleadores pueden escoger a los mejores trabajadores, en consecuencia aumenta la producción y sus ganancias, que suponen que la sociedad llegara a una situación de bienestar.

Sin embargo, en nuestro país, desde 1985 los partidos políticos que sucedieron la administración del Estado, los intelectuales asociados al neoliberalismo y los organismos multilaterales, indican que la crisis es parte de la historia pasada y que en el marco del neoliberalismo se estaban construyendo bases económicas, políticas y sociales sólidas que no iban a engendrar elementos de crisis en el campo nacional e internacional, en esta dirección el ajuste estructural debería tener la capacidad de contrarrestar los shocks externos; sin embargo a pesar de los cambios previstos la crisis se instaló en Bolivia, factores externos e internos conformaron una matriz causal que alteró las bases de la acumulación de capital, las articulaciones sociales y políticas. Las repercusiones de la crisis generalmente son transversales, afecta indistintamente al circuito económico y social, es decir al mercado de bienes, trabajo, dinero, capitales, precios, inversión y ahorro, sobre los actores económicos, empresas transnacionales, nacionales (grandes, medianas, pequeñas, micros y campesinos) y al Estado (reducción de ingresos fiscales y baja ejecución de la inversión pública), también influyen sobre la crisis decisiones internas vinculadas a las reformas estructurales, por lo que se concibe que las causas de la crisis nacional se deben a una visión integral de factores externos e internos, la crisis coyuntural se trastoca en crisis estructural<sup>6</sup>, para salir de ello se requiere una visión integral, políticas y estrategias que incluyan ambos fenómenos y, a su vez consideren simultáneamente horizontes de corto y largo plazo.

En los últimos años, el consumo de Comodities o la demanda de materias primas estuvieron fuertemente ligados a la dinámica de la economía de los países del sudeste asiático, en los años que existió crecimiento económico, los precios de las materias primas tuvieron un comportamiento relativamente estable, o por lo menos, el ritmo de decrecimiento fue menor, pero a partir de 1997, momento de la contracción asiática, los precios cayeron de forma sostenida, primero afecto a los países con los cuales mantenía relaciones comerciales directas, luego afecto a otros países y regiones a través de los precios de las materias primas y la devaluación de las monedas. Si bien Bolivia tiene un vínculo comercial débil con el

---

<sup>6</sup> Crisis económica en Bolivia, De la crisis coyuntural a la crisis estructural, Carlos Villegas Quiroga, p12.

sudeste asiático, el efecto de la reducción de precios se generalizó a escala mundial; los países que compran las materias primas producidas por Bolivia lo hicieron con las cotizaciones que reflejaban la crisis internacional. Las cotizaciones de la mayoría de los minerales exportados cayeron, de igual manera de los productos no tradicionales y el del gas natural, lo cual al caer las exportaciones deterioro los términos de intercambio.

La crisis en nuestro país afecto drásticamente, reduciendo el nivel de actividad económica y empleo; los empresarios nacionales no introdujeron factores positivos para mejorar la competitividad y los costos de producción, en la mayoría de las empresas existe ausencia de nuevas maquinarias y equipos, capacitación de fuerza de trabajo, gerencia empresarial y estrategias gubernamentales que conformen un circuito virtuoso de la acumulación y la solución de los déficit sociales. Uno de los aspectos estructurales que explica el bajo nivel de producción y la calidad de los productos es el referido a la obsolescencia del aparato productivo nacional. Esto se debe a la falta de agresividad empresarial o a la inexistencia de empresarios al estilo de Schumpeter, es decir con visión de largo plazo, sin aversión al riesgo y con una conducta de generación de excedente mediante las actividades productivas.

### **2.1.1.3 Importancia de las innovaciones tecnológicas de Schumpeter**

El análisis de Schumpeter, considera a la tecnología como un factor que está inmerso dentro de la producción, hoy en día, las ventajas comparativas de materia prima y otras propias de nuestro país, no son suficientes para la producción de bienes y servicios. En el análisis referente al desarrollo y explotación de las colas, relaves y desmontes, y los objetivos propuestos, la tecnología de punta permitirá que esto sea posible.

Por lo tanto, el concepto de innovaciones tecnológicas, es adecuado con los objetivos de maximización de la producción, ya que no es solo un concepto o enunciado, es algo más amplio, cuyo único elemento constante es la facultad de crear una situación privilegiada para el empresario y una libertad de acción de sus ganancias. En la medida que el empresario produzca junto a los adelantos tecnológicos, estará un paso más adelante que la competencia.

En un contexto global, una vez que el shock tecnológico es positivo y ha impactado en la economía, crece la productividad del trabajo y las empresas pueden incrementar o disminuir su demanda laboral. El producto sube, aún si el empleo no aumenta, simplemente por que el producto por trabajador, crece como resultado del shock tecnológico.

“Schumpeter se despreocupa de las fluctuaciones del nivel de precios, y enfoca el problema desde otro ángulo, lo que interesa no es el hecho de que el empresario

sea un anticipador de ganancias, sino que su acción tiende a transformar el proceso productivo”.<sup>7</sup>

La acción creadora del empresario sería el motor del progreso económico que se manifiesta a través de la introducción de innovaciones al proceso productivo. Observando el proceso económico desde el lado de la producción, Schumpeter se colocó en posición privilegiada para percibir la importancia del progreso tecnológico como factor dinámico de la economía capitalista. Su enfoque, por lo tanto es muy distinto del de los demás economistas neoclásicos, principalmente por ese cambio de perspectiva, la teoría es ante todo una teoría de la ganancia, dice por ejemplo, que no considera desarrollo económico el simple crecimiento de la economía que se manifiesta por el aumento de la población y la riqueza, también afirma que “producir es combinar las cosas y las fuerzas presentes bajo nuestro dominio, producir otra cosa o de otra forma es combinar de otra manera esas fuerzas y esas cosas. En la medida que se pueda realizar ésa combinación, partiendo con el debido tiempo de la antigua, paso a paso y a través de una continua adaptación se producen una modificación y eventualmente un crecimiento, pero no existe ningún fenómeno, ni existirá desarrollo en el sentido que se ha dado a esta palabra”.

El análisis de Schumpeter y su visión emprendedora para el empresario y su adaptación a los cambios tecnológicos con su gran aporte a la producción siendo más competitivos, resulta un gran aporte para la teoría económica y para lo ideal en la práctica; sin embargo retomando el caso de nuestro país, uno de los aspectos estructurales que explica el bajo nivel de producción y la calidad de los productos es el referido, a la obsolescencia del aparato productivo nacional y a la falta de agresividad empresarial, la crisis afecto drásticamente a estas unidades, la reducción de la demanda agregada es una de las causas fundamentales, incidiendo por supuesto sobre producción, empleo y condiciones laborales.

#### **2.1.1.4 Teoría Económica Neoliberal vs. Economía Minera**

Luego de 20 años de ajuste estructural, Bolivia continua en el marco del modelo primario exportador, cuyas características centrales son la manutención de la exportación de recursos naturales, inversión extranjera directa en recursos naturales y servicios, inversiones intensivas en capital, baja capacidad de absorción de empleo, bajos grados de incorporación de valor agregado y de articulación de la economía, apropiación y concentración transnacional del excedente económico y dispersión de la matriz productiva generadora de excedente económico.

Se podría señalar que una de las razones fue que el neoliberalismo adoleció de una visión de largo plazo, los diferentes gobiernos y la política estuvieron asociados al corto plazo, condicionados por los compromisos asumidos con el FMI y el BM.

---

<sup>7</sup> Teoría y Política del Desarrollo Económico, Celso Furtado, Pág. 48, Editorial Siglo XXI.

Reflexionando algunos aspectos conceptuales del Ajuste Estructural, los diseñadores de esta política y los gobernantes que la instrumentalizan mencionan la pertinencia de la subordinación de la política social hacia la política económica, es decir, el requerimiento de un crecimiento económico a un ritmo tal que genere excedentes, de tal manera que una parte se destine a la prosecución de la acumulación de capital y otra a subsanar los déficits sociales.

Esa teoría llamada “del rebalse” o “chorreo” en la práctica mostro fuertes limitaciones, el grupo de los siete y los organismos multilaterales reconocieron estas debilidades y además previeron que no existen posibilidades futuras para subsanar los problemas sociales porque el tipo de crecimiento que está arrojando el ajuste estructural no produce los excedentes necesarios, la teoría implica sacrificar el presente para vivir mejor el futuro; sin embargo la realidad se construye de manera diferente a los planteamientos teóricos, el caso nacional de la economía minera, si bien presento un panorama de crecimiento económico éste no fue suficiente para asegurar la continuidad de la dinámica económica, menos para generar recursos que permitan solucionar la pobreza y la calidad de vida de la población.

En este sentido, y bajo este contexto, la industria minera mundial ha experimentado en los últimos años importantes transformaciones estructurales que han configurado un nuevo escenario que el país debe enfrentar. La reducción de las tasas de crecimiento de la demanda de minerales y metales, originada en largos periodos de recesión en las economías industrializadas, ha provocado una sostenida caída de los precios de los minerales en el largo plazo, en un contexto de mercado de capitales de riesgo cada vez más restringido.

Esta situación ha tenido particulares repercusiones en nuestro país; desde hace casi dos décadas el sector minero estatal atraviesa una crisis (como se mencionó anteriormente), originada tanto en factores externos, así como en factores internos (principalmente por el agotamiento de reservas y el rezago tecnológico, manejo ineficiente de las empresas por excesiva injerencia política sindical, etc.). Este proceso de declinación del sector minero ha ocasionado una paulatina y gradual desatención por parte del Estado a los asuntos de este sector, generando una suerte de frustración en las regiones mineras y en los propios actores mineros, lo cual no permite la reactivación del sector minero estatal.

Es indudable que el sector minero tiene posibilidades de incrementar su contribución a la economía del país, pero fundamentalmente constituirse en el motor y actividad principal para lograr el desarrollo económico, social y regional del occidente boliviano, dada su alta capacidad de demanda agregada interna. No debe perderse de vista la perspectiva que plantea el actual proceso histórico que vive nuestro país, con una marcada tendencia hacia la descentralización y regionalización, no solo de la gestión administrativa, sino también de la gestión política y económica. En estas circunstancias, ante la evidente carencia de alternativas económicas viables en el corto plazo en el occidente y sur del país, es

necesario brindar el mayor impulso posible a la minería y al desarrollo de proyectos orientados a la explotación de las colas, relaves y desmontes estatales, cuya actividad presenta ventajas comparativas que deben traducirse en ventajas competitivas, merced a la aplicación de políticas estatales coherentes y que cuenten con el mayor consenso posible.

Este enfoque da la posibilidad de impulsar el desarrollo de la minería en áreas ignoradas y olvidadas por el gobierno, como es el caso de las colas y relaves estatales de COMIBOL, que deben cobrar importancia para que ahora se ejecuten proyectos, cuyo objetivo sea el de desarrollar el potencial minero boliviano a través del incentivo a las actividades de explotación de las colas y relaves en base a proyectos de pequeña, mediana y gran escala, económicamente competitivos, socialmente aceptados y en armonía con el medio ambiente, promoviendo encadenamientos con sectores de mayor valor agregado, tomando como principio, el de generar recursos económicos a nivel corporativo en el ámbito público para así lograr la generación de ingresos soberanos que permitan una menor dependencia de la inversión privada extranjera.

En este sentido, este estudio de aprovechamiento de los pasivos ambientales mencionados, resulta un aporte objetivo y real, puesto que con la información recogida en la investigación se pretende construir el primer eslabón para la incursión en el desarrollo y aprovechamiento económico de los pasivos ambientales estatales, proyectar dicho trabajo a todos los centros mineros a ser reactivados y lograr una generación de recursos frescos.

## **2.2 COLAS, RELAVES Y DESMONTES, ORIGEN Y DEFINICION**

### **2.2.1 Origen De las colas y relaves**

El proceso comienza con la selección del mineral proveniente de la mina hasta tamaños de partículas generalmente en el rango de centímetros o milímetros. El mineral seleccionado es luego reducido a tamaños menores a un milímetro, en grandes tambores rotatorios clasificados como molinos de bolas, molinos de varillas y molinos semi-autógenos (SAG). Se agrega agua al mineral molido y el material permanece en forma de lodo (pulpa) a través del resto del proceso de extracción.

El siguiente paso es llamado comúnmente flotación, que opera sobre el principio de cuales partículas individuales que contienen el mineral que se desea extraer son hechas receptivas selectivamente a pequeñas burbujas de aire que se adhieren a estas partículas y las elevan a la superficie de un tanque agitador. Las espumas que contienen estas partículas valiosas son retiradas de la superficie, procesadas, y secadas para transformarse en concentrados, este producto final de la concentradora, es embarcado a la fundición para su refinación. Entre tanto, las

partículas de desecho que quedan constituyen los relaves. Después de recuperar algo del agua del proceso en tanques apropiados, conocidos como espesadores, los relaves son bombeados al lugar destinado para su almacenamiento. Para el hierro (magnetita) la concentración precede a la flotación, la que entonces extrae los sulfuros de hierro del concentrado de magnetita y lo descarga como relaves.

Por tanto, desde el punto de vista técnico, las colas, relaves y desmontes se originan como resultado de la actividad y producción de preconcentrados y concentrados de minerales cuyo efluente de la planta de concentración son descargados en los diques de colas de óxidos en un principio y posteriormente en el dique denominado sulfuros.<sup>8</sup>

### **2.2.2 Definición de Colas y Relaves**

Se definen como el deshecho mineral sólido de tamaño entre arena y limo provenientes del proceso de concentración, que son producidos, transportados o depositados en forma de lodo, pueden ser:

#### **Relaves de Jig.**

Son producidos por la separación gravimétrica, casi siempre en combinación con la molienda en las operaciones auríferas comunes. Tienen un tamaño mayor que los relaves de flotación pero en todo lo demás son similares. La amalgamación con mercurio es aún usada ampliamente para procesar concentrados gravimétricos de oro en pequeñas operaciones del Perú.

#### **Relaves de Cianuración con Aglomeración y Peletización.**

Son producidos por el retratamiento de relaves de amalgamación ricos en oro, mayormente en operaciones muy pequeñas a lo largo de la costa. Los relaves consisten en pelets que van de uno a dos centímetros de tamaño y que son descargados en estado semi seco.

### **2.2.3 Definición de Desmontes**

Es roca extraída durante el minado para tener acceso al mineral. En las minas subterráneas, este material es usualmente de tamaño menor que 20 cm. y las cantidades llevadas a la superficie son comparativamente pequeñas. El desmonte de las minas a tajo abierto es mucho más grueso, su rango de tamaño va desde un metro hasta polvo y las cantidades producidas pueden ser bastante grandes, llegando a menudo hasta dos a cuatro veces la de los relaves.<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> Dirección de Proyectos COMIBOL

<sup>9</sup> (Zovodni, et. al., 1984; Dawson, et. al., 1992; Broughton, 1992; Proceedings, 1986).

---

*Capitulo III.*

*Marco Legal e Institucional*

---

**CAPITULO III****MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL****3.1 MARCO LEGAL**

La Corporación Minera de Bolivia fue creada mediante Decreto Supremo N° 3196 del 02.10.1952 como una entidad autónoma con personería jurídica, con el objeto de explorar, explotar y beneficiar los minerales de los yacimiento mineros, comercialización y exportación de los productos minerales, importación de maquinarias, herramientas, materiales, implementos de trabajo minero y otros. Posteriormente, mediante Ley del 29.10.1956 (Ley de nacionalización de las minas) se eleva a rango de Ley el Decreto Supremo N° 3196 de creación de COMIBOL.

El proceso político del cambio y las acciones iniciadas por el actual Gobierno permitieron a la Corporación Minera de Bolivia recuperar su histórico “rol productivo”.

Con el propósito de preservar los recursos naturales no renovables, el Gobierno dictó el Decreto Supremo 29117, de 1 de mayo de 2007, que tiene por objetivo declarar reserva fiscal minera a todo el territorio nacional, comprendiendo los recursos mineralógicos metálicos, no metálicos, evaporíticos, piedras preciosas, semipreciosas y salmueras, siendo el Estado, en ejercicio del derecho propietario de la reserva fiscal, quien otorga a la COMIBOL la facultad y potestad de su explotación y administración, salvándose los derechos preconstituídos sobre las áreas mineras otorgadas anteriormente en concesión, exceptuando a los áridos y agregados que se encuentran bajo jurisdicción municipal.

La Constitución Política del Estado, en resguardo de los recursos naturales no renovables, la soberanía nacional y el bienestar de la sociedad, estableció en su artículo 369, inciso IV que: “El Estado ejercerá control y fiscalización en toda la cadena productiva minera y sobre las actividades que desarrollen los titulares de derechos mineros, contratos mineros o de derechos preconstituídos”.

De la misma forma, mediante Decreto Supremo N° 29474, se califica a la COMIBOL, como Empresa Pública Nacional Estratégica (EPNE).

Posteriormente, en el mes de mayo de la gestión 2014 se promulgó la Ley 535 de Minería y Metalúrgia, la cual dispone que la COMIBOL es responsable de dirigir y administrar la industria minera estatal, ejerciendo en nombre del Estado y el pueblo boliviano, el derecho de realizar las actividades de prospección exploración explotación, concentración, fundición, refinación, comercialización e industrialización de minerales, metales, piedras preciosas y semipreciosas existentes en las áreas mineras bajo su administración y las de sus empresas filiales y subsidiarias.

Su objetivo, es lograr el **desarrollo productivo diversificado**, la transformación de la matriz productiva minera, el desarrollo industrial y la generación de excedentes económicos.

Asimismo, la Ley 535 de Minería y Metalurgia establece que los derechos mineros de la Corporación Minera de Bolivia se ejercen respecto, entre otras, de las Bocaminas, niveles, **desmontes, colas, escorias, relaves, pallacos** y residuos mineros metalúrgicos provenientes de las concesiones mineras de los grupos nacionalizados y concesiones mineras legalmente adquiridas por la Corporación Minera de Bolivia – COMIBOL, a cualquier título.

### 3.1.1 LEY DEL MEDIO AMBIENTE – MINERÍA Y SUS REGLAMENTOS

En Bolivia, la legislación ambiental vigente y aplicable a las actividades mineras comprende:

- Ley No. 1333 de abril de 1992, Ley del Medio Ambiente (LMA)
- Reglamento a la Ley del Medio Ambiente aprobado por D.S No. 24176 de Diciembre del año 1995.
- Reglamento Ambiental para Actividades Mineras (RAAM) aprobado por D.S No. 24782 de Julio de 1997.
- Capítulo III de la Ley N° 535 de Minería y Metalurgia.

La Ley del Medio Ambiente inicio la legislación ambiental en Bolivia, introduciendo la base legal para futuras regulaciones. Los reglamentos a la Ley del Medio Ambiente (RGLMA) comprenden seis reglamentos en los que se regulan y definen:

- La gestión ambiental con el rol y responsabilidades tanto de autoridades como de los sujetos a las regulaciones (Reglamento General de Gestión Ambiental-RGGA).
- El procedimiento formal para la obtención de licencias ambientales y los mecanismos de control (Reglamentos de Prevención y Control Ambiental – RPCA).
- Normas específicas con relación a la contaminación atmosférica (Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica-RMCA).
- Normas específicas con relación a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas (Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica-RMCH).
- Las líneas generales para el manejo y disposiciones de sustancias peligrosas Reglamento para Actividades con sustancias Peligrosas-RASP).
- Los diferentes tipos de residuos sólidos, estableciendo en líneas generales normas de manejo para los residuos urbanos (Exceptuando los de gran volumen) fijando un plazo para la elaboración de una reglamentación específica para otro tipo de residuos (minero-metalúrgicos) a cargo del

Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación (MDSP) en coordinación con los organismos sectoriales correspondientes.

### 3.2 MARCO INSTITUCIONAL

#### 3.2.1 Características de la minería estatal del estaño y la plata y la crisis de producción de estos minerales.

##### 3.2.1.1 Reservas Nacionales

Desde la época colonial, Bolivia ha sido uno de los mayores productores de plata y estaño del mundo, aunque se estima que solo el 10% del potencial minero del país fue explotado. A pesar del gran potencial mineralógico del territorio boliviano, en las últimas tres a cuatro décadas no se efectuaron trabajos de exploración sistemáticos, por lo que no existe información oficial sobre reservas globales de los recursos mineros del país, debido a la excesiva intervención estatal antes de 1985 y a la tendencia decreciente del precio de los metales después de ese año.

La crisis minera de mediados de los años 80 por el desplome del precio del estaño y la tendencia decreciente del precio internacional de los metales en general, disminuyó de manera significativa el interés en investigaciones sobre recursos mineros.

La información disponible se refiere a regiones prospectivas y a reservas de algunos proyectos específicos. La última información sobre recursos mineros del país, presentada en el Cuadro N° 1 data de 1990.

**Cuadro N° 1**  
**RESERVAS DE MINERALES METÁLICOS DE BOLIVIA**  
**Expresado en Toneladas Métricas Finas**

Minerales	Reservas probadas y probables (en toneladas finas)	Reservas posibles (en toneladas finas)
Zinc	4.245.810	5.383.600
Estaño	1.126.258	783.820
Oro	1.156	676
Plata	37.248	15.314
Plomo	559.747	1.073.666
Cobre	26.658	247.932
Antimonio	96.781	241.630
Wólfram	24.578	63.138
Bismuto	4.606	67.700

*Fuente: Fuentes Rojo, 1991.*

**Fuente:** Fuentes Rojo, 1991

**Elaborado por:** Elaboración propia

El análisis de los recursos y reservas mineras se realiza a partir del zinc, el oro, la plata y el estaño, dado que estos representan los principales productos del sector minero de Bolivia. Con base en la tabla precedente, las reservas probadas y probables del zinc en 1990 alcanzaban para 41 años de explotación, a la tasa de extracción de ese año, y las reservas posibles para 52 años. Las reservas probadas y probables del estaño, el oro, la plata y el plomo alcanzaban para 65, 222, 120 y 28 años de explotación, respectivamente, también a la tasa de extracción de 1990, y las reservas posibles para 45, 130, 49 y 58 años, respectivamente.

**3.2.1.2 Evolución Histórica de la Producción nacional del Estaño, la Plata y otros minerales.**

La producción del sector minero boliviano en el período 1980-2000 incluye más de 30 minerales, siendo las más importantes las de zinc, estaño, oro y plata, que en conjunto aportaron 91% del valor de producción. El producto más importante del sector minero en el período 1980-1985 fue el estaño (ver Figura 2). El período anterior a 1985, dada su gran importancia es conocido como el ciclo de la minería del estaño.

**Cuadro N° 2**  
**Cantidad y valor de producción de minerales concentrados de Bolivia**  
**Periodo 1980-1990**

Descripción	Unidad	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
<b>Total</b>	\$us	750 891 533	588 425 387	466 645 182	427 833 657	358 931 853	294 021 821	136 917 878	105 883 537	229 226 988	321 832 948	411 428 654
<b>Zinc</b>	M.F.	50 729 950	47 423 610	45 643 957	46 457 830	36 915 745	38 705 895	33 296 344	28 292 126	56 987 190	74 729 427	113 645 117
	\$us	39 728 700	42 865 478	39 273 138	37 882 647	37 335 338	32 648 691	26 426 872	22 917 232	45 295 627	52 013 914	53 386 213
<b>Estaño</b>	M.F.	27 479 755	27 695 369	24 343 356	25 279 657	15 438 126	16 236 762	10 385 222	8 128 050	10 798 121	15 848 113	17 248 884
	\$us	461 232 049	352 006 215	300 229 861	287 122 671	216 428 692	190 680 324	58 842 382	42 891 222	166 029 090	176 860 222	207 811 036
<b>Oro</b>	K.G.	1 620	2 062	1 249	1 482	1 270	222	763	2 026	4 081	3 293	2 190
	\$us	21 768 281	28 986 826	14 332 528	19 991 932	14 953 149	4 706 222	10 868 912	26 022 260	60 981 236	44 721 733	64 000 446
<b>Plata</b>	M.F.	190 173	205 241	170 337	181 123	111 380	111 322	67 369	91 122	221 788	287 338	310 613
	\$us	123 156 870	162 290 451	122 891 915	70 227 671	37 313 312	21 928 665	16 386 528	31 620 223	16 608 816	17 258 551	48 223 610
<b>Antimonio</b>	M.F.	18 276 221	8 533 683	11 158 967	10 638 152	8 917 129	8 155 591	10 386 382	14 025 010	10 632 401	3 211 227	8 491 086
	\$us	26 877 733	26 723 865	16 738 714	8 388 581	7 124 523	16 028 388	18 917 381	26 887 395	22 419 888	16 771 722	13 021 854
<b>Plomo</b>	M.F.	17 268 334	16 756 738	12 441 853	13 099 459	7 320 983	6 241 291	2 568 464	6 134 022	12 621 053	15 727 529	19 913 128
	\$us	15 935 893	12 190 922	8 328 853	8 098 235	3 252 342	2 478 695	1 319 248	5 024 256	8 811 010	10 401 193	15 285 274
<b>Wolfram</b>	M.F.	3 433 913	3 923 971	3 134 353	3 123 629	2 427 324	1 671 411	1 350 260	204 349	1 164 523	1 429 722	1 234 697
	\$us	40 420 424	49 080 412	22 294 222	22 020 921	13 329 222	10 020 222	6 326 222	2 424 222	5 921 222	1 121 222	4 123 222
<b>Cobalto</b>	M.F.	1 881 933	2 127 075	2 253 533	1 881 655	1 515 320	1 694 295	290 777	9 224	53 294	297 545	196 565
	\$us	2 502 041	4 582 896	2 222 222	2 022 022	2 222 222	2 222 222	222 222	222 222	222 222	222 222	222 222
<b>Bismuto</b>	M.F.	11 222	10 222	9 222	8 222	7 222	6 222	5 222	4 222	3 222	2 222	1 222
	\$us	56 222	108 222	15 222	20 222	21 222	1 222 222	222 222	222 222	222 222	222 222	222 222
<b>Cadmio</b>	K.G.	130 113	180 222	127 222	161 222	121 222	120 222	222 222	222 222	222 222	222 222	222 222
	\$us	793 222	8 120 222	328 222	351 222	327 222	328 222	67 222	62 222	685 222	1 028 222	766 222
<b>Niobio</b>	K.G.	-	218 12	4 891	7 028	4 132	-	10 596	7 491	23 840	14 254	125 264
	\$us	-	52 222	87 122	38 422	32 522	-	16 222	2 022	428 222	129 222	1 678 222
<b>Manganesa</b>	K.G.	425 022	-	52 222	27 522	-	-	27 222	-	-	100 222	3 222
	\$us	38 155	-	4 522	2 222	-	-	8 222	-	-	14 222	498 222
<b>Otros (*)</b>	\$us	1 241 041	281 122	212 222	222 222	222 222	222 222	222 222	124 222	222 222	222 222	222 222

Fuente: Dossier Estadístico de la Minería.

La crisis minera de la primera mitad de los años 80, en especial la del estaño en 1985, modificó de forma radical la estructura productiva del sector minero (ver figura 2.1 pág. anterior). Como secuela de esta crisis, el valor de producción del estaño también se desplomó, lo que trajo como consecuencia el derrumbe del valor de producción del sector minero.

Un hecho sobresaliente en el comportamiento de la producción minera en las décadas 80 y 90, es el cambio en la composición del valor de la producción minera, lo que ha determinado un desplazamiento de la importancia del estaño frente a otros metales.

Así, mientras en 1980 el valor de la producción minera (valorizada a precios anuales promedio) mostraba al estaño como principal rubro de producción (61%), seguido de la plata (17%), wólfram (6%), zinc (5%), oro (4%), antimonio (4%) y plomo (2%), una década después, vale decir en 1990, empieza el surgimiento del zinc como mineral principal (39%), desplazando al estaño (36%), oro (15,6%), plata (11,7%), plomo (3,7%), antimonio (3,2%) y wólfram (1,2%). Más aún, en el año 2000 la composición del valor de la producción minera cambia sustancialmente, consolidándose el zinc en el primer lugar (39%), seguido esta vez por el oro (25%), plata (16%), estaño 15,7%, y plomo (1%). El resto de minerales tuvo una pérdida relativa de importancia.

En lo que respecta a volúmenes producidos, el oro experimentó un incremento sustancial del orden de 641%, lo propio el zinc que prácticamente logró duplicar su producción (incremento de más del 100%) y la plata que acusó un incremento de producción del 128%. Contrariamente, el estaño sufrió una caída en la producción en este periodo de aproximadamente -55%, de igual manera el plomo (-45%) y en mayor medida el antimonio (-88%) y el wólfram (-86%).

La recuperación de la minería, a partir de 1987 y 1988, significó la transformación de su estructura productiva por medio del cambio tecnológico y la diversificación de la producción. En el nuevo ciclo minero, el estaño fue sustituido por una variedad de productos, siendo el zinc, el oro y la plata los principales.<sup>10</sup>

La disminución radical del valor de producción del sector, alrededor de US\$ 750 millones en los albores de la década del 80, a poco más de US\$ 400 millones en las postrimerías de la década del 90, se debió a la disminución del precio de los minerales y en especial al desplome del precio del estaño. Desde los albores de la década del 90, el zinc y el oro se constituyen en los principales contribuyentes del valor de producción del sector minero.

La introducción del cambio tecnológico, consistente en la incorporación de métodos masivos de explotación, tuvo como objetivo contrarrestar las desventajas del bajo precio de los minerales y del empobrecimiento de los yacimientos. En la fase extractiva, se implementaron la explotación a cielo abierto en yacimientos diseminados y la minería sin rieles en yacimientos filonianos y, en la fase de procesamiento, el método de lixiviación por agitación.<sup>11</sup>

El cambio tecnológico facilitó un incremento significativo de la producción de oro, zinc y plata. En el período 1980-2000, la producción de oro creció en 6.41 veces a más, la

---

<sup>10</sup> (Loayza y Franco, 2000).

<sup>11</sup> (Loayza y Franco, 2000).

de zinc en 1.97 y la de plata en 1.28 mientras la de estaño disminuyó en 55%. Sin embargo, en su conjunto, el volumen de producción del sector minero de Bolivia creció en 29%.

La producción del sector minero boliviano en el período 2000-2006 tuvo como principales minerales al zinc, estaño, plomo y oro que aportaron, en conjunto 98% del valor de producción. El producto más importante del sector minero en este período fue el zinc (ver Figura 2.3.2.2).

Debido a la elevación de las cotizaciones de los minerales, el Zinc aumentó en 32'713.000 \$us el valor en 2004 (27.2%). El Estaño incrementó en 68' 063.000 \$us (83.1%). La Plata en 14'568.000 \$us (20%).El Plomo en 4'060.000 \$us (81%).

En el 2003, el desempeño del sector minero ha mejorado con respecto al año 2002, alcanzando una tasa de crecimiento de 0,57%. Este incremento se debió al aumento tanto en la producción como en los precios de los minerales.

**Tabla N° 2**  
**VOLUMEN DE PRODUCCIÓN DE MINERALES DE BOLIVIA**  
**En Kilogramos Finos**  
**Periodo 1980-2013**

AÑOS	ZINC	ESTAÑO	ORO(2)	PLATA(2)	COBRE
1980	50.259.950	27.479.765	1.620	190.176	1.881.893
1981	47.423.010	27.655.309	2.065	205.241	2.637.075
1982	45.683.967	24.343.356	1.249	170.337	2.296.693
1983	46.452.820	25.279.957	1.495	191.103	1.981.615
1984	36.815.246	19.438.126	1.270	141.360	1.615.300
1985	38.205.196	16.256.760	561	111.352	1.664.766
1986	33.296.044	10.385.333	763	87.859	290.777
1987	39.292.126	8.128.050	2.806	141.881	9.304
1988	56.957.190	10.758.131	4.891	231.766	153.394
1989	74.789.427	15.849.113	3.602	267.086	297.645
1990	103.849.117	17.248.884	5.198	310.543	156.565
1991	129.777.505	16.829.729	3.501	337.010	29.578
1992	143.935.605	16.516.320	4.688	282.350	100.929
1993	122.637.607	18.634.196	10.423	332.768	93.760
1994	100.741.698	16.026.585	12.790	352.083	79.247
1995	146.130.747	14.419.019	14.405	425.053	127.127
1996	145.091.799	14.801.856	12.634	384.384	92.350
1997	154.490.682	12.897.992	13.291	387.200	181.874
1998	152.109.973	11.308.058	14.443	403.961	47.781
1999	146.315.532	12.416.593	11.787	422.492	252.102
2000	149.134.278	12.463.937	12.001	433.592	109.654
2001	141.225.587	12.297.597	12.395	407.998	18.318
2002	141.558.023	15.241.998	11.256	450.311	3.144
2003	144.985.388	16.754.536	9.362	465.309	86.177
2004	145.905.888	17.569.450	6.951	406.957	502.278
2005	158.581.935	18.432.936	8.801	418.506	32.095
2006	172.747.046	18.443.947	9.628	472.208	218.041
2007	214.053.295	15.972.091	8.818	524.989	606.225
2008	383.617.676	17.319.591	8.405	1.113.764	730.890
2009	430.879.296	19.574.839	7.217	1.325.729	881.708
2010	411.408.542	20.189.740	6.394	1.259.388	2.062.901
2011	427.128.502	20.372.577	6.513	1.213.586	4.176.481
2012	389.911.033	19.701.527	6.973	1.205.804	8.653.294
2013 (p)	407.331.876	19.287.321	6.751	1.287.200	7.548.842

**Fuente** : Informes COMIBOL, Min. Mediana, BAMIN, Vinto, FENCOMIN  
**Elaboración:** Unidad de Análisis de Política Sectorial Viceministerio de Minería y Metalurgia

En el 2003, el desempeño del sector minero ha mejorado con respecto al año 2002, alcanzando una tasa de crecimiento de 0,57%. Este incremento se debió al aumento tanto en la producción como en los precios de los minerales.

Se destacan los incrementos en la producción de estaño (24%), wólfram (17,15%), cobre (187,8%) y zinc (2,67%), este último por su participación en la producción minera en general. Por su parte, la producción de oro se redujo en (-17,2%), debido al agotamiento y cierre de los principales yacimientos de este mineral (Kori Kollo de Inti Raymi) pertenecientes a la minería mediana.

En el 2003, se observa una mejora en los precios de los principales minerales de exportación, especialmente del estaño y oro, con incrementos que muestran una recuperación del 19% y 17%, respectivamente.

---

## *Capítulo IV.*

*Análisis técnico-económico, producción y recursos minerales contenidos en las Colas, Relaves y Desmontes de Estaño y Plata*

---

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO, PRODUCCIÓN Y RECURSOS MINERALES CONTENIDOS EN LAS COLAS RELAVES Y DESMONTES DE ESTAÑO Y PLATA

#### 4.1 IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LAS COLAS, RELAVES Y DESMONTES ESTATALES

La actual coyuntura económica en los precios de los minerales tradicionales como el Estaño y la Plata, obligan a nuestro país a buscar nuevas fuentes de explotación de estos minerales cuyos costos de producción sean bajos, tal es el caso de las colas, desmontes y relaves; sin embargo, la experiencia nacional en el reprocesamiento efectivo de estos pasivos ambientales es casi nula, se ha escrito bastante, se han localizado yacimientos, pero no se ha determinado el impacto macroeconómico de esta actividad, debido a que hay un gran desinterés económico nacional, comparado con los países vecinos que trabajan intensivamente en este aspecto. Para cubrir esta brecha, se debe comenzar a incentivar y/o desarrollar documentos orientados a la evaluación económica del reprocesamiento y tratamiento mineralógico de colas, relaves y desmontes, particularmente cree el autor, en las Colas, Desmontes y Relaves que contienen minerales altamente comerciales como el Estaño y la Plata.

#### 4.2 ANÁLISIS TECNICO – ECONÓMICO DE LAS COLAS, RELAVES Y DESMONTES.

##### 4.2.1 Relaves San Miguel - Potosí

El cerro rico de Potosí, ha sido intensamente trabajado desde el coloniaje, alcanzando a reconocerse más de 256 desmontes esparcidos en todas las superficies del Cerro, correspondientes a labores de la Empresa Unificada, Banco Minero y particulares. Es así que la acumulación de las colas y relaves de San Miguel, data desde hace más de 30 años.

De acuerdo a estudios realizados por F. Ahlfeld, se pueden identificar los desmontes con mayor contenido de Ag o de Sn; asimismo, se observa en forma bien definida los productos de desecho colas o relaves del viejo Ingenio Velarde, que han sido acumulados desde hace 55 años en la zona de San Miguel, ubicado a 3,5 Km., al Sudoeste de la ciudad de Potosí, cubriendo un área de 164.000 m<sup>2</sup> con una altura promedio de de 16,8m, para los relaves de sulfuros y 16.0m, para los óxidos.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> Proyectos de Inversión Minera Tomo 7.COMIBOL. 1992

El Ingenio Velarde procesó el pre concentrado de la Planta de Pailaviri, el efluente de dicha planta fue descargado en los diques de colas de: óxidos por la predominancia de Hierro en su composición (64%) y de sulfuros por la existencia de gran porcentaje de azufre en su composición (36%). Éstos recursos han sido acumulados a lo largo de 50 años de operación continua hasta su paralización en la década de los 80.<sup>13</sup>

El depósito de colas de los sulfuros, tiene un área de 18,44 Has y un volumen de 252.302,00 m<sup>3</sup>, constituida por 4 plataformas bien establecidas. Estas colas, han sido depositadas mediante el método de aguas arriba, siendo transportados desde la planta Velarde por medios gravimétricos hasta una estación de bombeo ubicado en el flanco norte del dique desde donde fueron bombeadas a las plataformas.

#### **4.2.1.1 Ubicación Geográfica**

La Empresa Minera Unificada del Cerro Rico de Potosí, se encuentra en la ciudad de Potosí a 580 Km. de la ciudad de La Paz y 300 Km. de la ciudad de Oruro.

Los relaves de San Miguel, se encuentran en las proximidades de la comunidad de Cantumarca, ubicada al noreste del centro urbano de la ciudad de Potosí. Cantumarca queda en la sección Capital de la Provincia Tomas Frías del Departamento de Potosí, que limita al W con los municipios de Tacobamba, Betanzos y Chaqui, al SW con Porco y al W con Villa Yocalla.

Debido al crecimiento urbano, en la actualidad los Relaves San Miguel se encuentran en medio de asentamientos poblacionales, como también en proximidades de hospitales, aldeas infantiles, centros educativos, etc.

Geográficamente las colas San Miguel se encuentran dentro las coordenadas: Longitud Oeste 67<sup>a</sup>37'42" y Latitud Sur 16<sup>a</sup>52'36".

#### **4.2.1.2 Recursos Minerales de los Relaves San Miguel**

El material es de granulometría y composición mineralógica casi uniforme, constituido mayormente de ganga: arenas, arcillas, ocre de hierro, pirita, arsenopirita y partículas de cuarzo y pizarra; como minerales económicos, la casiterita minerales de plata, zinc, cobre, plomo, bismuto y otros. Los tamaños de las partículas varían entre 0,5mm. a < 400 mallas (38um).

Las colas producto de la concentración de minerales en el Ingenio Velarde, fueron trasladadas por gravedad mediante canaletas a una distancia de 800

---

<sup>13</sup> Proyecto de Remediación Ambiental y Reprocesamiento Relaves San Miguel-Potosí, Dirección de Proyectos COMIBOL, Febrero 2007.

metros hasta el lugar denominado San Miguel, a 3,5 Km. al SW de la ciudad de Potosí, donde fueron acumuladas para su conservación.

Por su procedencia, de las minas del Cerro Rico de Potosí y la composición de las menas tratadas en el Ingenio, las colas fueron clasificada o acumuladas en dos partes; una de sulfuros y otro sector de óxidos, cada uno con sus propias características en cuanto a composición mineralógica, contenidos mineralógicos y peso específico; este último dato fue determinado en uno de los estudios en 1,66 Ton / m<sup>3</sup> para óxidos 1,92 Ton / m<sup>3</sup> para sulfuros. Para fines del presente trabajo, el material de interés son los sulfuros.

#### **4.2.1.3 Aspectos Medio Ambientales**

Las colas antiguas, por la acción del tiempo sufren la oxidación de su superficie, y ellas en contacto con el agua de lluvia, originan las aguas acidas (Drenaje Acido de Roca) (ARD). Por otro lado, el viento arrastra polvo de las colas, afectando a las poblaciones cercanas.

Por tanto, cumpliendo con las normas ambientales Ley 1333, el desarrollo y explotación de estos pasivos ambientales deberá estar enfocado a desarrollar las siguientes acciones:

- A tiempo de efectuar el tratamiento, se debe llevar a cabo la remediación ambiental de las colas antiguas y adecuar el área que actualmente ocupa.
- Las nuevas colas, que resultaran del tratamiento metalúrgico propuesto por el presente trabajo, deberían ser depositadas en un área adecuadamente seleccionada conforme a normas ambientales vigentes y encapsuladas.<sup>14</sup>

#### **4.2.1.4 Impactos Ambientales**

- Rehabilitación del área
- Actividad antropogénica libre de contacto directo con colas
- Restauración Paisajista
- Mejora de la calidad de vida
- Construcción de áreas recreacionales

---

<sup>14</sup> Proyecto de Remediación Ambiental y Reprocesamiento Relaves San Miguel-Potosí, Dirección de Proyectos COMIBOL, Febrero 2007.

#### 4.2.1.5 Características Mineralógicas

Según estudios realizados por la Dirección de Proyectos de COMIBOL, las colas antiguas sulfurosas, contienen minerales de valor económico compuestos por blenda, tetraédrica, casiterita, covelina, estannina, calcopirita, argentita, y bismutina, las cuales representan el 10 a 20% del peso total. La ganga, está constituida por pirita, cuarzo marcasita, limonita baritina y productos líticos, que representan el 80 a 90% del peso total.<sup>15</sup>

#### 4.2.1.6 Minerales Con Valor Económico

##### a) Esfalerita

Esfalerita o blenda es un sulfuro de zinc (ZnS) de color marrón oscuro, que se presenta en forma de hojuelas muy compactas, su composición química pura es: 67,1% de Zn y 32,9 % de S.

La esfalerita casi siempre contiene otros minerales, como estaño, cobre, cadmio, plata e indio; pero principalmente hierro, que en algunos casos llega hasta el 20%, dando lugar a una variedad ferrosa, de color marrón oscuro a casi negra, que toma el nombre de mamatita que se encuentra con frecuencia en las estructuras mineralizadas de la mina. La esfalerita y la marmatita son menas importantes en las producciones del Cerro Rico de Potosí.

##### b) Plata Nativa

La plata nativa está menos propagada que el cobre y mucho menos que el oro, en la naturaleza se la encuentra en forma de dendritas plumosas, delgadas laminillas irregulares y hojitas; también son comunes las formas capilares y filamentosas y también en forma de granos irregulares y pepitas. El color de la plata es blanco, brillo típicamente metálico, dureza 2,5; fractura ganchuda y peso específico de 10,1 a 11,1.

En el Cerro Rico aún existe plata nativa en sectores de estructuras con alta concentración de minerales argentíferos.

##### c) Tetraédrica

Existe una variedad de tetraédricas, mismas que se diferencian por la composición química, las fluctuaciones del contenido de sus elementos integrantes y los porcentajes en: Cu, Ag, Zn, Fe, Ni, Co, Mn, As, Sb, Bi, y S.

La tetraedrita es un sulfuro de cobre y antimonio, con su fórmula más conocida:  $(\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13})$ , dentro de las variedades que se menciona se encuentra la Freibergita, una tetraedrita muy rica en plata que en algunos casos en su composición química llega a tener un contenido de hasta el

---

<sup>15</sup> Proyecto de Remediación Ambiental y Reprocesamiento Relaves San Miguel-Potosí, Dirección de Proyectos COMIBOL, Febrero 2007.

18%; En el yacimiento del Cerro Rico este es uno de los principales minerales de plata que ocurre en masas irregulares, en los espacios entre pirita, cuarzo y arsenopirita.

Microscópicamente se las observa como agregados irregulares y vetillas en la estannina y calcopirita y está asociada con la esfalerita, galena, bournita y otras sulfosales de plata.

#### **d) Pirargirita**

La pirargirita es un sulfoantimoniuro de plata ( $\text{Ag}_3\text{SbS}_3$ ), el nombre procede de las palabras griegas piro (fuego) y argiros (plata).

La mayoría de las propiedades de este mineral son muy parecidas a la de la proustita, el color varia del rojo oscuro al negro de hierro, en los ángulos de los cristales y en la fractura la pirargirita es traslúcida. La raya es roja – guinda oscura, el peso específico es 5,77 a 5,86. La composición química de la pirargirita es de: 65,4 % de plata, 15,2 % de antimonio y 19,4 % de azufre.

#### **e) Mirargirita**

Este mineral es un sulfoantimoniuro de plata ( $\text{AgSbS}_2$ ), uno de los minerales mas conocidos por sus particularidades como mineral de alto contenido de plata, que lo hace una de las menas más ricas de este importante elemento.

#### **f) Galena**

La galena es un sulfuro de plomo ( $\text{PbS}$ ) que se presenta generalmente en su característico hábito cúbico, la composición químicamente pura es de: 86,6% de Pb y 13,4% de S. En la naturaleza se la encuentra conteniendo “impurezas”, algunas de las cuales son tan importantes como la plata, que puede pasar incluso de los 5 DM, tomando en este caso el nombre de galena argentífera. Aunque este mineral no fue posible observarlo microscópicamente, en los informes y estudios mineralógicos se menciona su existencia, pero no en altas proporciones.

La galena es abundante en los niveles superiores, conformando bandas entre la esfalerita y las sulfosales, en las partes centrales de las vetas. Al microscopio muestra caras perfectas y su clivaje característico, rellenando cavidades en la pirita y cuarzo.

Este mineral igualmente se asocia íntimamente con la esfalerita, pirita, cuarzo y sulfosales de plata. El contenido argentífero varía de 0,15 a 2,06% en peso.

**g) Casiterita**

La casiterita es un óxido de estaño ( $\text{Sn O}_2$ ) que se presenta en cristales microgranulares, con una coloración que varía de un pardo oscuro a un negro alquitranado; en su composición química contiene 78,8% de Sn y muchas otras impurezas, constituidas principalmente por óxidos de: Fe, Mn, Ti y W entre otros. La casiterita constituye la mena más importante de estaño en la naturaleza.

A este mineral no es fácil observarlo microscópicamente; sin embargo, informes y estudios que abordan el aspecto mineralógico del cerro, indican que la presencia de estaño es abundante en los niveles superiores del yacimiento, siendo la casiterita el mineral principal, aunque la misma va disminuyendo en los niveles inferiores.

**h) Estanina**

La estanina al igual que el anterior mineral, no es posible observarla macroscópicamente pero si se sabe de su existencia en muchas de las vetas del Cerro Rico.

Este mineral es un sulfuro de cobre, hierro y estaño ( $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ ) con una coloración gris de acero a verde olivo, que se presenta como inclusiones acompañando muchas veces a los sulfuros de cobre, su composición química pura es: 29,5% Cu, 13,1% Fe, 27,5 % Sn y 29,9% S; sin embargo, en la práctica este mineral contiene una serie de impurezas que sobrepasan el 3%, entre los que se pueden encontrar: Ag, Zn, Sb, Ca, y Pb.

**4.2.1.7 Características Metalúrgicas**

El mineral de los Relaves San Miguel es el resultado de la acumulación de colas del Ingenio Velarde de la Empresa Minera Unificada del Cerro de Potosí; tiene una mineralogía muy compleja, sumándose a ello una granulometría heterogénea, con un bajo grado de liberación, para los minerales de interés económico como la casiterita y los sulfuros argentíferos.

Los relaves sulfurosos de San Miguel, contienen valores de Estaño, Plata y Cobre, que hasta la fecha no pudieron ser recuperados, principalmente por falta de tecnología apropiada para la recuperación de contenidos finos de casiterita.

Este mineral merece un tratamiento cuidadoso y selecto para obtener una máxima recuperación de sus diferentes elementos valiosos; más aún considerando que los precios del estaño, plata y cobre, mantienen buenos niveles de cotización en el mercado internacional de metales.

#### 4.2.1.8 Composición Mineralógica del Depósito.

El sector está compuesto por las siguientes especies:

Pirita	Fe S <sub>2</sub>	7,3%
Limonita	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , n H <sub>2</sub>	7,8%
Casiterita	Sn O <sub>2</sub>	1,1%
Hematita	Fe <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	2,5%
Arsenopirita	Fe As S	< 0,1%
Esfalerita	(Fe Zn) S	< 0,1%
Estannina	Cu <sub>2</sub> Fe Sn S <sub>4</sub>	< 0,1%
Jarosita	K <sub>2</sub> S O <sub>4</sub> , 3Fe <sub>2</sub> SO <sub>6</sub> 6H <sub>2</sub> O	0,4%
Rutilo	Ti O <sub>2</sub>	0,1%
Magnetita	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	< 0,1%
Calcopirita	Fe Cu S <sub>2</sub>	<<0,1
Calcosina	Cu <sub>2</sub> S	0,1%
Pirargirita	Ag <sub>3</sub> Sb S <sub>3</sub>	<<0,1
Tetraedrita	* Cu <sub>3</sub> Sb S <sub>3</sub>	<<0,1
Cuarzo-ganga	Si O <sub>2</sub> – NN	79,7%

\* El cobre puede ser reemplazado por Fe, Zn y Ag.

### 4.2.2 Relaves Arenas Catavi – Norte de Potosí

#### 4.2.2.1 Origen

La caída del precio internacional de estaño y otros metales en 1985, ocasiono la paralización casi total de las operaciones productivas de la minería estatizada y privada, este hecho, permitió la formación de las cooperativas mineras, una de ellas es la Cooperativa Multiactiva, creada en 1994 y conformada por 115 socios., adjudicándose el ingenio C-4, bajo contrato de arrendamiento y 500.00 toneladas de colas arenas, originadas a partir de descartes de las operaciones de lo que fue el Ingenio Victoria de la Empresa Minera Catavi.<sup>16</sup>

#### 4.2.2.2 Ubicación Geográfica

El Centro Minero Catavi, está situado a 108 Km. de la ciudad de Oruro, vinculado con este a través de una carretera bien conservada de 2do. Orden; asimismo por medio del Uncía Machacamarca, empalmando a las redes principales de comunicación del país. En este Centro Minero se encuentra el Ingenio Victoria, que ha tratado desde principios del siglo XX, minerales provenientes del famosos yacimiento mineralógico de Siglo XX, trabajado intensamente por la Patiño Mines Co, produciendo concentrados

<sup>16</sup> Perfil de Proyecto Tratamiento Colas Arenas Catavi, Dirección de Proyectos, COMIBOL-LA PAZ, Enero 2007

de alta ley, así como mineral de descartes y colas que han sido acumulados en parte, en la zona del Kenko (colas lamas) y en el propio Catavi hacia la población civil de Andavilque, conociéndose este depósito como Colas Arenas Catavi, que cubre una extensa superficie de aproximadamente 420.000 m<sup>2</sup> (1.500 m x 280 m), con una profundidad promedio de 30 mts

#### 4.2.2.3 Estudios y Evaluaciones.

Se efectuaron varios estudios para analizar las alternativas de su tratamiento y beneficio; asimismo, se realizaron muchos trabajos de evaluación, utilizando sistemas de perforación percusión con tuberías de 4" y 6 " de diámetro, que han confirmado los datos de la empresa, obtenidos por control diario, sistemáticamente registrados durante los años de operación del Ingenio.

#### 4.2.2.4 Características Mineralógicas

Los resultados de un análisis químico de una muestra representativa de las colas arenas Catavi, reportados por la Empresa DOWA MINING CO. LTDA. En 1984, muestran los siguientes resultados.

Metal/Mineral	Sn	Fe	Si O <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ti O <sub>2</sub>	Ni
%	0,29	1,90	75,74	12,60	0,51	0,003
P.e.			1.68			
Humedad			2.11%			
Sup. Cubierta			420.000 m <sup>2</sup>			
Profundidad promedio			30 m			
Tamaño de Grano			-2mm			

**Fuente:** Corporación Minera de Bolivia.

#### Especies Mineralógicas

Entonces las colas arenas tienen como principales constituyentes mineralógicos a la Casiterita, Pirita, Limonita, Alúmina, Calcopirita, Pirrotina, Turmalina, Marcasita y otros.

Los relaves o colas arenas, de este distrito, han sido objeto de muchísimos estudios, desde hace varios años atrás, a fin de encontrar procesos de concentración que hagan rentable su tratamiento, con resultados variados, entre los que podemos mencionar los siguientes:

- Estudios de perforación y muestreos-años 1975-1978 Ing. Edgar Rodríguez.
- Estudios de perforaciones y muestreos-año 1979-Ing. Oscar Tapia

- Estudios granulométrico – año 1975 Ing. Jorge Guzmán Z.
- Estudios de microscopio del I.I.M.M. Octubre 1989.
- Estudios efectuados por JICA
- Estudios de pruebas a nivel de laboratorio ERAL – años 1989-1990

#### 4.2.2.5 Características Metalúrgicas

La recuperación de estaño, a partir de las colas arenas se hace dificultoso, porque se trata de materiales descartados después de un proceso de concentración en el cual fueron recuperados fracciones de casiterita liberada; situación que recomienda la necesidad de una operación de remolienda para mejorar el grado de liberación; sin embargo, dicha operación sobrelleva la producción de material fino de difícil recuperación con equipos clásicos conocidos; razón que obliga la aplicación de equipos de última tecnología como son los Jig Kelsey.

Un análisis granulométrico del común, muestra que el estaño esta distribuido en toda la gama de tamaños, variando el contenido de estaño desde 0,28% en la fracción mas gruesa, hasta 0,92 en las fracciones finas menores a 200#. Este mismo análisis muestra que el 60,82% de la carga esta comprendida entre -14 +48#, fracción que contiene el 54,34 % de estaño.<sup>17</sup>

### 4.2.3 Colas Lamas y Desmontes Catavi

#### 4.2.3.1 Origen y Localización

La planta existente se localiza en Catavi, a 250 Km., al sudoeste de La Paz y a una elevación de 3.970m. Las colas provenientes del Ingenio Victoria y de la Planta “Sink & Float”, se hallan acumuladas en 4 diferentes depósitos, totalizando 13.4 millones de toneladas con 65.385 toneladas de estaño. El mayor depósito llamado “Main Kenko” o “Kenko No. 1”, absorbe el 50.3% del contenido total y es el último depósito donde se vienen acumulando las colas desde 1946.

Situados al Sudoeste del Ingenio Victoria de Catavi, los depósitos del Kenko abarcan una extensión aproximada a 1.700m. El depósito mayor o “Main Kenko”, incluidos los depósitos de la “Sink & Float”, cubre un área de 48.600m<sup>2</sup>. La diferencia en elevación entre estos dos depósitos es aproximadamente de 24.0 m. La profundidad real de cada uno de ellos es desconocida, estimándose tan sólo en 23.0m. en promedio para el “Main Kenko” y en 17.0m, para el “Lower Kenko”. La sección “Old Sección” cubre un área estimada de 40.000m<sup>2</sup> y en ella se encuentran depositadas las mejores reservas. Su profundidad promedio se estimo en 8.5m.

<sup>17</sup> Perfil de Proyecto Tratamiento Colas Arenas Catavi, Dirección de Proyectos, COMIBOL-LA PAZ, Enero 2007

Los informes del Ingenio Victoria, con relación al Kenko, empiezan el año 1925 cuando las colas lamas comienzan a ser depositadas en una cañada próxima al Ingenio. Desde este año hasta 1930 son acumuladas 901 mil toneladas, denominándose a esta sección con el nombre de “Old Sección”. En 1930, una represa fue construida en la parte superior del depósito y las colas lamas fueron acumuladas arriba de la misma desde 1931 a 1945, formando el depósito llamado “Lower Kenko”.

Desde 1946 a la fecha y previa otra construcción de una segunda represa, las colas vienen depositándose en la tercera sección denominada “Main Kenko”, ubicada en la parte superior del “Lower Kenko”.

En el sector oeste del “Main Kenko”, desde el año 1944 a la fecha, formando el depósito conocido como “Sink & Float”.

#### **4.2.4 Colas de Estaño Caracoles**

##### **4.2.4.1 Origen**

Están ubicados en el Distrito Minero Caracoles, en la provincia Inquisivi del Departamento de La Paz, esta unida a la carretera asfaltada Oruro-La Paz en la localidad de Konani por una vía de 2do. Orden, bien conservada; la distancia total a la ciudad de La Paz es de 190 Km.

El depósito es producto de la acumulación de los descartes y colas de tratamiento del Ingenio Molinos desde hace muchísimos años; se distinguen 2 relaves, el antiguo y el nuevo que corresponden a diferentes épocas y por lo tanto su composición y contenido mineralógico también son diferentes.

El relave antiguo es producto del tratamiento de minerales provenientes de la Mina Pacuni, de sus secciones Barrancos y Kelluncho, correspondientes a las vetas Blanca, Caludette, René, Mamani y otros; cubre una superficie de aproximadamente 31.000 m<sup>2</sup> (240 m x 130 m), con una profundidad promedio de 8,2m, presenta una coloración marrón clara, cuya mineralización principalmente consta de casiterita, blenda, pi-rita, limonita, hematita, wolframita, scheelita, etc.

El relave nuevo es producto del tratamiento de minerales provenientes de las vetas estanníferas de la mina Argentina, correspondientes a sus vetas Pepitas, Argentina, Overbeck, Antofagasta, etc. y de la mina Jacha Pacuni; cubre una superficie mayor aproximadamente de 93.000m<sup>2</sup> (490 m x 190 m), con una profundidad promedio de 8,8 m, varía de una coloración gris marrón grisáceo y esta constituido por blenda, piritita, casiterita y turmalina.

#### 4.2.4.2 Ubicación Geográfica

Las colas de estaño caracoles se ubican en la provincia Inquisivi de la ciudad de La Paz.

#### 4.2.4.3 Medio Ambiente

El control de la contaminación ambiental se debe realizar con la construcción de un dique de colas, para almacenar 1.600.000 TN de descartes, el cual deberá ser construido de acuerdo a normas técnicas que garanticen la operación durante la vida del proyecto.<sup>18</sup>

#### 4.2.4.4 Estudio y Evaluación.

Con el fin de determinar sus características principalmente, así como el contenido mineralógico de estos relaves, se efectuaron varios estudios tanto por la Subgerencia de Geología Oruro como por la propia empresa Caracoles, entre los cuales se cuenta con el del Ing. B. Claire efectuado en julio de 1972: Estudio de colas-granzas-lamas por el Ing. José Arze S; Estudio de laboratorio experimental efectuados en la empresa por los Ing. Magín Roque y Demerio Tapia en el año 1989; Estudios mineralógicos y microscópicos efectuados por I.I.M.M.

### 4.2.5 Relaves Telamayu.

#### 4.2.5.1 Origen

Los procesos de concentración de minerales en la palmita metalúrgica regional de Telamayu, en la cual se aplicó diferentes procesos tecnológicos en épocas pasadas, ha originado la acumulación de colas en dicha región.

Los relaves denominados Antiguo y Nuevo, se hallan ubicados en las proximidades del Ingenio de Telamayu, que se encuentra situado a 1 Km. de la estación ferroviaria de Atocha, la misma que está conectada a las principales ciudades del país a través de la carretera de 2do. Orden Atocha-Cotagaita-Oruro y por medio del ferrocarril Villazón-Atocha-Oruro.

El Relave Antiguo, cubre una extensión de 30.000 m<sup>2</sup>, (180m x 160m) con un espesor promedio de 10,8 m, es producto de la acumulación de descartes y colas del Ingenio entre los años 1900 a 1930, cuando se procesaba minerales provenientes de la Veta Colorada de Ánimas-Siete Suyos; y en la década del 70 matas provenientes de la fundición de Bi.

---

<sup>18</sup> Perfil del Proyecto Tratamiento Metalúrgico Colas de Estaño Caracoles, Dirección de Proyectos COMIBOL, Enero 2007

El relave Nuevo, se encuentra ubicado sobre la playa del río, frente a la planta de concentración del Ingenio Telamayu, cubre una extensión de 95.000 m<sup>2</sup> (450m x 300 m aproximadamente) con un espesor promedio de 40m, es producto de los descartes y colas del tratamiento de cargas provenientes de las vetas Burtón, Inca VI, Salvadora y del Sector de Chocaya de hace 70 años.

#### **4.2.6 Colas de Plata Telamayu**

##### **4.2.6.1 Origen**

La acumulación de las colas antiguas Telamayu, data de los años 1900 a 1930, por la explotación de la veta Colorada de las secciones de Animas, Siete Suyos y otras que no contaban con ingenios propios, Posteriormente, la planta de Telamayu trató minerales complejos de Pb, Zn, Ag, proceso del cual se acumularon colas en el mismo lugar.

Finalmente sobre éstas colas, entre 1971 y 1979 se acumularon 27.000 toneladas de matas de cobre de la fundición de Bismuto con contenidos de 11 a 13% de Cu.

Las colas antiguas están ubicadas a orillas del río Atocha, causando problemas ambientales de gran magnitud a los habitantes de Atocha y Telamayu e incluso aguas abajo en poblaciones agrícolas de Cotagaita y otros, cubriendo una longitud de 10 Has., con una coloración ploma por el contenido de minerales sulfurados..

Las colas antiguas Telamayu, están ubicadas en la provincia Sud Chichas del departamento de Potosí.

##### **4.2.6.2 Características Mineralógicas**

Las colas antiguas están compuestas de: blenda, tetraedrita, casiterita, covelina, estannina, calcopirita, argentita y bismutina, mismas que representan el 10 a 20% del peso total. La ganga esta constituida por pirita, cuarzo, marcasita, limonita, baritina y productos líticos con un 80 a 90% del peso total.

#### **4.2.7 Relaves Itos Centro Minero San José**

##### **4.2.7.1 Origen**

El relave Itos San José, centro minero aledaño a la ciudad de Oruro, esta ubicado en las cercanías del Ingenio Itos, y son producto de los descartes y

colas de tratamiento de minerales provenientes, inicialmente de las vetas de mineralización compleja con bastante contenido de Ag explotados en épocas pasadas y posteriormente de vetas con mayor contenido de Sn acumulados durante muchísimos años.

El tamaño de grano es bastante homogéneo -35#, por lo que se facilita la realización de pruebas a escala de laboratorio principalmente por el contenido significativo de Au, Ag, Sn, Pb y Sb, que podrían hacer rentable su tratamiento.

#### **4.2.7.2 Estudios y Evaluaciones**

De acuerdo a la información proporcionada por la Dirección de Proyectos de COMIBOL, se han efectuado varios estudios mineros gráficos y metalúrgicos de estos relaves, efectuados tanto por el instituto de investigaciones Minero-Metalúrgicos de Oruro (1987) como por la Dirección de Proyectos Metalúrgicos.

Para la parte evaluativa se han efectuado: perforaciones a percusión para la obtención de muestras por la empresa San José y por la Subgerencia de Geología; para la parte evaluativa propiamente dicha, se han utilizado sistemas geoestadísticos computacionales efectuados por los Ing. Rubén Medinaceli y David Salinas y finalmente en el centro de Investigaciones Minero-Metalúrgicos de Santiago de Chile (1988) que también ha efectuado un estudio de evaluación utilizando este sistema.

### **4.3 BREVE DESCRIPCION DEL TRATAMIENTO Y EXPLOTACION DE LAS PRINCIPALES COLAS Y RELAVES ESTATALES DE ESTAÑO Y PLATA.**

#### **4.3.1 Colas y Relaves San Miguel-Potosí**

##### **4.3.1.1 Configuración del Proceso<sup>19</sup>**

Dadas las características del mineral de los Relaves San Miguel que denota la difícil mineralogía, tamaños de grano muy fino y con bajo grado de liberación y con el objeto de recuperar los elementos valiosos que contiene; la Dirección de Proyectos propone un tratamiento combinado de procesos, por una parte la gravimetría para la recuperación del estaño y por otra la hidrometalurgia para la recuperación de plata, cobre y oro, complementando con otros procesos hasta llegar a obtener metálicos en su caso de acuerdo a las siguientes actividades:

---

<sup>19</sup> Proyecto Explotación Colas Relaves San Miguel. Dirección de Proyectos COMIBOL. Ing Roberto Sossa V.

- Preparación del Mineral
- Concentración
- Lixiviación Ácida
- Lixiviación Básica
- Dique de Colas

#### **4.3.1.2 Descripción del Proceso de Concentración**

Considerando que la planta de tratamiento tendrá una capacidad de 2.000 ton/día con leyes de cabeza de 0,79% Sn, 133,12 g/t de Ag y 0.31% de Cu; las principales etapas del proceso son las siguientes:

#### **4.3.1.3 Operaciones Unitarias de Concentración.**

##### **Recepción y almacenamiento**

El mineral depositado en una cancha, cerca de la planta de tratamiento, será alimentado al ingenio utilizando equipo pesado, como tractor y pala frontal, esta última descargará mineral al buzón principal, con la granulometría original del relave, separándose el sobre tamaño de trozos aglomerados para su correspondiente trozado, a partir de una parrilla de 4" de abertura, construida para este fin.

La capacidad del buzón de 2.000 tn, se constituye para el proceso en planta, como el Stock pile.

##### **Clasificación y Molienda.**

El mineral recepcionado en un buzón, con una humedad aproximada del 5%, es alimentado a un tambor lavador con tromel, por medio de una correa transportadora, para desaglomerar trozos menores a 4".

El producto +1/2" del tromel es descartado temporalmente para su reingreso en una fase posterior, la fracción -1/2" del mismo es alimentado a una vibradora, con teka de 1/8", el sobretamaño ó +1/8" toma el mismo curso que la fracción +1/2". El mineral producto del descarte alcanza a 80 ton/día y es acumulado para su posterior reprocesamiento.

El subtamaño -1/8" de la vibradora es alimentado a otra similar Derrick con tela de 100#, la fracción +100# es alimentado a un molino de bolas que cierra circuito con la última vibradora por medio de una bomba centrífuga, la carga que circula al molino es de 667 ton/día.

Es muy importante realizar la molienda del mineral para lograr la liberación de los elementos valiosos, la misma que esta en función de las características del mineral y su dureza principalmente, tomando en cuenta

que el mineral en cuestión es duro, para esta operación unitaria se utilizará molinos de bolas.

### **Flotación de sulfuros**

El mineral molido a -100#, con objeto de lograr mayor liberación de las partículas, es sometido a una flotación Bulk de sulfuros previo acondicionamiento con reactivos apropiados de flotación como son los colectores espumantes y modificadores.

Por la abundancia de sulfuros entre ellos pirita arsenopirita, calcolpiritas y otros, la etapa de acondicionamiento es preparada para una flotación bulk de sulfuros, donde las variables de operación son las siguientes:

- Tamaño de partícula que para nuestro caso es de -100#
- Porcentaje de sólidos que puede variar entre 25 y 30%
- pH de acondicionamiento de 6.0 a 6.5
- Activador Cu. $\text{So}_4$ , 5 H $_2$ O consumo entre 300-500 g/t
- Colector Xantato amílico de potasio (Z-6), consumo 150-200 g/t
- Espumante, el tenso activos D.F, 1012, consumo 20-30 g/ty
- Tiempo de acondicionamiento 20 minutos.

La flotación se realiza en celdas de gran volumen sub-aireadas, con compuertas entre celda y celda, por su mayor eficiencia y mejor control operacional.

El producto float o espumas de este proceso es destinado a un tratamiento hidrometalúrgico como es la lixiviación, para la recuperación de la plata y cobre y el non float ingresa al proceso de concentración gravimétrica.

Los productos citados tienen las siguientes características:

<b>Producto</b>	<b>TMS</b>	<b>%Sn</b>	<b>g/t Ag</b>	<b>%Cu</b>	<b>D.T Sn</b>	<b>D.T Ag</b>	<b>D.T, Cu</b>
Flota	33.65	0.58	215.10	0.43	24.9	54.36	46.34
Non Float	62.50	0.90	88.98	0.25	71.25	41.78	49.81

Como se puede observar el 62.50 % del mineral que ingresa a la etapa de flotación, está destinado al proceso de concentración gravimétrica para la recuperación del estaño y el restante 33.65%, ingresa al proceso hidrometalúrgico para la recuperación de la plata y cobre. Sin embargo los resultados no son los mejores, debido a que los diferentes elementos comerciales se encuentran distribuidos en menor o mayor grado en los dos productos, lo que es atribuible a la falta de liberación, fuerte oxidación del mineral y arrastre mecánico por una granulometría muy fina.

### **Pre concentración en espirales y centrífugo falcón**

El Under Flow de la etapa de clasificación en ciclones es alimentado a una batería de espirales para su pre concentración, donde se obtiene tres productos, un pre concentrado, unas segundas destinados como alimentación a un jig centrífugo Kelsey y cola final.

Los pre concentrados de las espirales son mezclados y alimentados a un centrífugo Falcón para mejorar la ley, de ésta última máquina se obtiene dos productos: un pre concentrado y un producto secundario, que forma parte de la alimentación al jig Kelsey.

Los resultados de estas etapas se muestran a continuación:

<b>Producto</b>	<b>% Peso T</b>	<b>%Sn</b>	<b>g/t Ag</b>	<b>%Cu</b>	<b>D.T Sn</b>	<b>D.T Ag</b>	<b>D.T, Cu</b>
Flota	13.56	2.73	38.42	0.09	46.86	3.28	4.12
Non Float	3.80	5.9	11.14	0.04	28.36	0.27	0.44

El radio de concentración para esta etapa es de 3.56

El radio de enriquecimiento para el Sn es igual a 2.16

Las espirales son equipos de fácil instalación y manejo, no requieren control constante de operadores y su costo de tratamiento es bajo, porque para su funcionamiento no requieren de energía eléctrica, sumándose a estas ventajas el reducido espacio que ocupan.

El preconcentrado Falcón es un equipo cuyo funcionamiento es basado en el principio de los jig clásicos, además en la fuerza centrífuga producido por el rotor que gira a altas revoluciones, para impartir una fuerza de hasta 300 “Gs.”.

Una de las ventajas de este equipo es que no usa agua de elutriación ; sin embargo, el no uso de esta agua se torna a veces en desventaja porque no puede tratar minerales de alta fineza, las mismas que se aglomeran en la taza formando un cuerpo de característica plástica.

### **Pre concentración en Jig Kelsey.**

El overflow de ciclones, los productos secundarios de la segunda espiral y del centrífugo Falcón, son alimentados al Jig Kelsey esta etapa comprende la preconcentración rougher y scavenger en dos equipos, de donde se obtiene un preconcentrado y una cola final.

El Jig Kelsey es introducido en esta etapa, porque es un nuevo avance de la tecnología, aplicado para la separación de partículas finas, que normalmente estaban destinados al proceso de flotación. Trabaja bajo los mismos principios de la concentración gravimétrica en un lecho pulsante, al que se

añade una fuerza centrífuga regulable que es varias veces superior a la gravedad, la misma que puede variar entre 60 y 300 “Gs”, haciéndose patente la diferencia de densidades, lo que provoca desplazamientos muy distintos entre partículas livianas y pesadas.

#### **Concentración en mesas.**

Los pre concentrados de los jigs Kelsey y el centrífugo Falcón, son procesados en forma separada en mesas concentradoras con su respectivo repaso de sus productos secundarios, obteniéndose al final un concentrado de alta ley, un recirculante y colas finales.

#### **Bodega Barrilla**

Los concentrados finales obtenidos son bombeados a un tanque espesador, el under de este es enviado a un filtro, cuyo queque es alimentado a un horno secador para que el contenido de agua en el concentrado final no sobrepase del 2%.

Los concentrados previamente pesados y con la certificación de la ley en estaño, son embolsados para su comercialización.

### **4.3.1.4 Descripción del Proceso de Lixiviación Ácida.**

#### **4.3.1.4.1 Operaciones Unitarias de Concentración.**

El proceso de Lixiviación Ácida contempla las siguientes operaciones unitarias:

#### **Lixiviación.**

En esta etapa la pulpa es dosificada con cloruro del sodio, ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno (oxidante). La pulpa es calentada hasta una temperatura de 60 °C en reactores de lixiviación de dimensiones de 18' x 18", donde por agitación es sometida a la acción lixivante de la carga por la solución clorurada, que extraer los elementos de interés económico (plata y cobre) manteniéndolo en solución y la ganga en el residuo inerte.

#### **Filtración**

La pulpa ya procesada en lixiviación es separada en filtros prensa, donde se separan en solución rica (preñada) y un residuo sólido que esta constituido esencialmente por pirita ganga.

El residuo sólido es re-empulpado nuevamente para ser enviado mediante una bomba 4" \* 6" al dique de colas.

La solución rica es enviada al proceso de precipitación o cementación.

**Precipitación.**

La solución rica es enviada a tanques de precipitación que poseen un mecanismo de agitación, donde se adiciona chatarra de hierro que es el agente precipitante de plata y cobre.

La solución obtenida de esta etapa es filtrada para separar el precipitado de plata y cobre y la solución agotada es recirculada al proceso de lixiviación.

**Lixiviación ácida de recuperación de cobre.**

El precipitado se somete a lixiviación ácida con ácido sulfúrico a temperatura de 40 °C mediante un reactor de 12'x12' de tamaño, para recuperar el contenido de cobre que pasa a la solución y el residuo que contiene plata con alto grado de pureza.

La solución rica de cobre es enviada al proceso de electrowinning.

**Electrolisis fusión de cobre**

En esta etapa de solución de cobre es sometida al proceso de electrolisis, donde se obtienen cátodos de cobre que son separadas y enviadas al proceso de fusión y ligoteado hasta obtener cobre de alta pureza.

**Refinación y fundición de plata**

El residuo de la lixiviación ácida de plata es lavado y secado y sometido al proceso de fusión mediante fundentes y escorificantes para ser sometido al proceso de fusión y obtener lingotes de plata metálica bastante pura.

**4.3.1.5 Descripción del proceso de Lixiviación básica**

La pulpa procedente de la planta de concentración gravimétrica que contiene minerales de plata y oro será sometida a procesos hidrometalúrgicos de Lixiviación Básica. Filtración, Electrólisis y Fusión, conforme la siguiente descripción:

**4.3.1.5.1 Operaciones de Lixiviación Básica.****Lixiviación Básica.**

Para la recuperación de los minerales con valor económico (Ag y Au), se propone inicialmente el proceso de lixiviación básica por agitación, con el empleo de cal y cianuro de sodio, para cuyo efecto se aplicarán tanques o reactores cilíndricos de 30'x 30', en los cuales se dosificara cal para mantener las condiciones de pH 10 a 11 (básico) en la pulpa, se insuflara aire y luego se añadirá cianuro de sodio como agente lixivante en una concentración de 2.0 g/l, cuidando que el consumo sea de 3.0 Kg./ton.

El tiempo residencia en los reactores de lixiviación será de 12 horas empleando cuatro reactores.

Para la transferencia de la pulpa lixiviada a la siguiente etapa de separación sólido-líquido, se efectuará mediante bombas centrífugas horizontales de 4"x 6<sup>a</sup>.

#### **Filtración.**

La pulpa procesada por lixiviación básica es alimentada un filtro prensa, donde se separa la solución rica (preñada) y el residuo sólido.

El residuo sólido es enviada al dique de colas, diseñada conforme las normas ambientales vigentes.

La solución rica a través de bombas es enviada al proceso de electrolisis de plata.

#### **Electrolisis.**

En esta etapa la solución rica es sometida al proceso de electrolisis por plata, donde se obtienen cátodos de plata metálica que son separados y enviados al proceso de fusión.

#### **Fundición de plata**

El proceso de fusión se efectúa en hornos diseñados para tal objetivo, en esta etapa se obtiene el dore de Ag y Au el mismo que será posteriormente comercializado.

#### **4.3.1.5.2 DIQUE DE COLAS.**

Los residuos finales de la Planta Polimetalúrgica Potosí, se dispondrán en dos Diques de Colas diferentes:

- Dique de Colas Sulfuros proveniente de la Lixiviación Ácida
- Dique de Colas Óxidos provenientes de la Lixiviación Básica

#### **4.3.1.5.3 Dique de Colas Sulfuros de Lixiviación Ácida.**

Estas colas estarán constituidas por minerales sulfurosos remanentes de la Lixiviación Ácida que deberán trasladarse mediante bombas y depositarse adecuadamente en una piscina cuya superficie (aproximadamente 6 a 7 Has) haya sido cubierta con arcilla y forrada con geotextil tipo Hypalon conforme las normas ambientales en vigencia.

#### **4.3.1.5.4 Dique de Colas Óxidos de Lixiviación Básica.**

Estas colas en volumen serán mayor que las sulfurosas y estarán conformadas mayormente por ganga sílices y otros óxidos. Serán

trasladadas mediante bombas hacia otra piscina mayor (aprox. 15 Has.) debidamente cubierta con material arcilloso.

#### **4.3.1.5.5 Recirculación de Aguas**

Las aguas recuperadas de los diques recircularán a los procesos de extracción, es decir el agua recuperada del dique de sulfuros recirculará a la lixiviación ácida y el agua recuperada del dique de residuos de lixiviación básica recirculará en el proceso gravimétrico de concentración, después de la flotación. La recirculación de agua será del orden de 60 a 70%. El consumo de agua fresca será de 78.09 l/s, correspondiendo 55.09 l/s a concentración Gravimétrica y el resto a Lixiviación Ácida y Básica.

El principal Dique de Colas se hallará aproximadamente a 2 Km. de la planta de procesamiento.

La deposición de cola se realizará 'por el método de crecimiento de aguas arriba aprovechando la cuenca existente en el sector.

### **4.3.2 Relaves y Colas Telamayu**

#### **4.3.2.1 Descripción del tratamiento metalúrgico<sup>20</sup>**

De acuerdo al estudio descrito en el Perfil del Proyecto Tratamiento Metalúrgico de los Relaves Antiguos de Telamayu, elaborado por la Dirección de Proyectos de COMIBOL en el mes de enero/2007, el tratamiento metalúrgico debe ser el siguiente:

- La pala carga a las volquetas y éstas trasladan al buzón de acopio de la planta
- A través de la correa transportadora, que dispone de un pesómetro, se alimenta al molino de bolas.
- La clasificación se realiza por medio de ciclones.
- Se realiza flotación bula de los sulfuros por celdas convencionales.
- Se realiza flotación del mineral de plata en celdas convencionales y limpieza en celda columnar.
- Clasificación del mineral, non flota, para I etapa de concentración gravimétrica.
- Preconcentración gravimétrica en espirales.
- Concentración del mineral de estaño en mesas concentradoras.
- Las segundas de las mesas se lleva a un molino de remolienda y posterior clasificación en ciclón.

---

<sup>20</sup> Perfil de Proyecto Tratamiento Metalúrgico Relaves Antiguos Telamayu. Dirección de Proyectos COMIBOL Enero 2007

- Preconcentración de minerales finos en Kelsey Jigs y posterior concentración de los mismos en mesas lameras.
- Flotación inversa de los concentrados de estaño (flota piritas) y non flota que resulta ser el concentrado final de estaño.
- Los concentrados de plata podrían ser procesados por la vía hidrometalúrgica para la obtención de plata metálica.

### **4.3.3 Tratamiento Metalúrgico Colas de Estaño Caracoles.**

#### **4.3.3.1 Descripción del tratamiento metalúrgico<sup>21</sup>**

- Carguío con pala cargadora y traslado en volquetas al buzón de acopio de la planta.
- Alimentación mediante correa transportadora (donde se tiene instalado un pesómetro) a una criba vibratoria provista de 8 malla de abertura.
- Clasificación en ciclones donde se obtienen el material grueso (underfloat) y el fino (overflow).
- Preconcentración del underfloat del ciclón en una batería de espirales para obtener preconcentrados.
- Concentración gravimétrica en mesas para obtener producto con ley comercial del estaño.
- Preconcentración del material ultrafino con el empleo del Kelsey Jig y su posterior concentración en mesas lameras.
- Flotación inversa en celdas convencionales de los concentrados de estaño (flota piritas) y non flota que resulta ser el concentrado final de estaño.

### **4.3.4 Tratamiento Metalúrgico Colas Arenas Catavi.**

#### **4.3.4.1 Consideraciones Metalúrgicas<sup>22</sup>**

De acuerdo al Perfil de Proyecto elaborado por la Dirección de Proyectos de COMIBOL, la recuperación de estaño a partir de las colas arenas se hace dificultoso, porque se trata de materiales descartados después de un proceso de concentración en el cual fueron recuperados fracciones de casiterita liberada; situación que recomienda la necesidad de una operación de remolienda para mejorar el grado de liberación; sin embargo, dicha operación sobrelleva la producción de material fino de difícil recuperación con equipos clásicos conocidos; razón que obliga la aplicación de equipos de última tecnología como son los Jig Kelsey.

De acuerdo al documento mencionado, un análisis granulométrico del común, muestra que el estaño está distribuido en toda la gama de tamaños variando el

<sup>21</sup> Perfil de Proyecto Tratamiento Metalúrgico Colas Estaño Caracoles. Dirección de Proyectos COMIBOL Enero 2007

<sup>22</sup> Perfil de Proyecto Tratamiento Metalúrgico Colas Estaño Caracoles. Dirección de Proyectos COMIBOL Enero 2007

contenido de este mineral desde 0.28% en la fracción más gruesa, hasta 0.92% en las fracciones finas menores a 200#. Este mismo análisis muestra que el 60.82% de la carga está comprendida entre -144 + 48#, fracción que contiene el 54.34 de estaño.

Por la magnitud e importancia de las reservas de colas arenas, se han realizado en el transcurso de los años diversos procesos de preconcentración utilizando diferentes equipos, cuyos principales resultados se muestran a continuación:

**Tabla N° 3**  
**Resultado de los Procesos de Pre Concentración**  
**Colas Arenas Catavi**

<b>Proceso</b>	<b>% Sn (Precon.)</b>	<b>%Recuperación</b>
Ciclón con medio pesado UTO	2-3	50.60
Ciclón H.M. Mesas I.I.M.M.	0.91	67.36
Dyna Whirpool JICA DOWA Co.	0.59	63.50
Mesas concentradoras E.E Catvi	2.27	48.96
Jigs Hidráulicos E.M Catavi	1.20	50.00

**Fuente:** Dirección de Proyectos de COMIBOL.

Según la Dirección de Proyectos de COMIBOL, recientemente se han realizado pruebas de pre concentración en Jig Kelsey con fracciones menores a 65#, cuyas leyes de pre concentrados varían de 1.85 a 9.50 con recuperaciones de 61.37 a 82.02.

#### **4.3.4.2 Tratamiento Metalúrgico**

Las principales etapas de tratamiento propuestas para las colas arenas son<sup>23</sup>:

- Cargado del mineral a buzón de paso, con pala mecánica sobre ruedas.
- Transporte de colas arenas mediante correa transportadora al buzón de acopio de la planta.
- Molienda en circuito cerrado a -1mm.
- Clasificación en vibradoras de alta frecuencia #65
- Pre concentración de la fracción -14# +65# en espirales
- Remolienda del producto secundario de espirales y repaso en las mismas.
- Pre concentración de la fracción -65# en Jigs Kelsey.
- Pre concentrados de espirales y Jigs Kelsey a mesas concentradoras
- Repaso de segundas en otras mesas
- Flotación de sulfuros previo acondicionamiento
- Filtrado y secado de concentrados finales.

<sup>23</sup> Perfil de Proyecto "Tratamiento de Colas Arenas Catavi-Norte de Potosí"

#### 4.3.4.3 Capacidad e Índices Metalúrgicos de la Planta

Parámetro		
Capacidad Instalada	5.000	Ton/día
Tratamiento mensual	130.000	Ton/mes
Ley de cabeza promedio	0.29	%Sn
Ley del concentrado	50.82	%Sn
Recuperación	58.61	%
Tiempo de operación	26	días/mes
Costo de tratamiento estimado	4	\$us/ton

#### 4.3.5 Tratamiento Metalúrgico Colas Lamas el Kenko Catavi.

La Corporación Minera de Bolivia es propietaria de los depósitos de colas del Kenko y de la Planta construida para el retratamiento de ellas. En el año de 1971, la planta ha operado bajo el control de COMIBOL, sin embargo, debido a las condiciones adversas de la economía del sector, los índices de producción no eran económicamente aceptables.

En ese sentido, el Departamento de Proyectos Mineros, concientes de la importancia de los contenidos de estaño existentes en las colas del Ingenio Victoria y de la "Sink and Float", propone la explotación sistemática de ellas, tratando de eliminar los factores adversos y alcanzar la rentabilidad de la operación.

En 1964, el Dr. Arbiter, entonces profesor de la Universidad de Columbia, empezó un programa de investigaciones para el beneficio por flotación, de la casiterita fina contenida en los minerales. La Compañía International Metal Processing Corporation (IMPC), con cuyo aporte económico se realizaron las investigaciones, obtuvo a mediados de de 1965 un contrato con el Gobierno de Bolivia, para beneficiar los depósitos de colas de las minas del Estado.

Siguiendo a las pruebas de una planta piloto, la construcción de una planta comercial, diseñada para tratar 1.000.- Toneladas por día (TPD) de carga por flotación, fue completada en 1968. Sin embargo, debido a problemas diversos, no fue hasta 1970 que la planta alcanzó producción comercial. En enero 11 de 1971, por Decreto Ley No.09542, la planta fue expropiada por el Gobierno boliviano, encomendando sus operaciones a COMIBOL. En mayo de 1972, se organizó una sociedad anónima mixta, EMBOSA formada por COMIBOL (55%) y IMPC (45%) para poder continuar con la explotación del dique de colas del Kenko y eventualmente ampliar el proceso de flotación de casiterita, a los depósitos similares de la Empresa Unificada de Potosí. En enero de 1973, esta empresa suspendió sus actividades por falta de capital de operaciones, retornando la responsabilidad de la operación a la COMIBOL, bajo la dirección de la Empresa Minera Catavi.

En ese sentido, a continuación se explican las características técnicas y económicas de la planta que actualmente pertenece a COMIBOL.

#### 4.3.5.1 Localización

La Planta existente se localiza en Catavi, a 250 Km al sudeste de La Paz y a una elevación de 3.970 m.s.n.m. Las colas provenientes del Ingenio Victoria y de la Planta “Sink & Flota”, se hallan acumuladas en 4 diferentes depósitos, totalizando 13,9 millones de toneladas con 80,200 toneladas de estaño. El mayor depósito llamado “Main Kenko” o “Kenko No. 1”, absorbe el 41.5% del contenido total y es el último depósito donde se vienen acumulando las colas desde 1946. Las reservas son suficientes para mantener en operación a la planta por alrededor de 23 años.

#### 4.3.5.2 La Planta

Incluye las siguientes secciones:

- a) Una draga de succión, que extrae y bombea las colas del “Main Kenko” a la planta. Este depósito se halla cubierto por agua, ya que sirve de depósito a las aguas pluviales y a las provenientes del Ingenio Victoria y sirve de poza a la draga.
- b) La sección clasificación que separa la carga proveniente de la draga por cernido y cicloneo, de acuerdo a la dimensión, descartando el grano grueso y porciones finas en porcentajes del 35% y 55% de la carga.
- c) La sección flotación de piritas, que procesa la carga proveniente de la clasificación, extrayendo los sulfuros, mayormente piritas, que son desechadas al desmonte.
- d) La sección flotación del estaño, que eleva los contenidos de estaño hasta el 20% de concentrados.
- e) Sección de secado, donde los concentrados son secados y embolsados.
- f) Depósitos para la acumulación de colas y almacenamiento de agua.

#### 4.3.5.3 Capacidad y Rendimientos

##### a) Draga.

La explotación del Kenko N° 1 ha sido realizada por la draga de succión, provista de una bomba, con una capacidad de 150-200 toneladas métricas por hora (pulpa con 20% de sólidos) equivalente a 3.600-4.800 toneladas por día (TPD), la draga nunca ha podido alcanzar estos niveles, debido principalmente a deterioros físicos y a malas condiciones de dragado. Entre

los años 1970 y 1977, la draga registró un promedio de 33,9% en tiempos de operación en relación a las horas posibles de trabajo, vale decir que únicamente trabajó 8.1 horas por día en promedio.

En los años 1975, 76 y 1977, la draga explotó un promedio por hora de 52.3 toneladas, correspondientes a 1,255 toneladas por día que representa un 62,7% en relación a la capacidad de la plata (2.000 TPD) y un 34,9% en relación a la capacidad mínima de la draga (3.600 TPD).

Como se mencionó anteriormente, las causas para estos rendimientos bajos, se sintetizan en:

- 🌧 **Deterioros Físicos:** La draga operaba en un pozo con agua muy ácida que afecta el material. A esta acción se añade el desgaste 'producido por las arenas que obligaron a continuas paralizaciones para los cambios de las piezas dañadas. Como consecuencia del hundimiento de la draga, todo el equipo sufrió daños de consideración tanto en los sistemas hidráulicos y eléctricos como en el motor bomba que impidieron su funcionamiento continuo y eficiente.
- 🌧 **Condiciones del Dragado:** El Lago Kenko, al recibir las aguas pluviales para su almacenamiento en los meses lluviosos del año, elevaba su nivel considerablemente. Es tales circunstancias, la cabeza cortadora de la draga, no alcanzaba el nivel del terreno para el dragado por lo que se tuvo que buscar las zonas menos profundas. Estas operaciones, no solo representaba una pérdida de tiempo, sino que la draga en este punto no trabajaba eficientemente, La nivelación perfecta entre motor y bombas y eje de la cabeza cortadora, sufrió desviaciones que influyeron en el deterioro de estas piezas fundamentales, obligando a paralizar el trabajo.

## **b) La Planta**

La operabilidad de la planta estaba sujeta a la alimentación que recibía. Para los años 1975, 76 y 1977, la planta tuvo un porcentaje de rendimiento de únicamente 61.5% en función de su máxima de 2.000 toneladas por día (tpd); y un 37.5% de tiempo de operación, correspondiente a un trabajo continuo de 9.0 horas por día.

La recuperación en la sección “Clasificación” para los años 1976 y 77, fue de 43.5% y 41.7% respectivamente y en la sección “Flotación” , para los mismos años, fue de 50.2% y 57.3%.

El consumo de reactivos, para los mismos años, mostraba pequeñas variaciones en su consumo por tonelada tratada, a excepción del ácido sulfúrico, todos los reactivos utilizados, eran importados. El mayor o menor consumo de los reactivos dependía mayormente de las condiciones de operabilidad de la planta y de la calidad de la carga de alimentación, exigiendo por consiguiente un control estricto de la operaciones, lo cual incrementaba los costos de supervisión.

### **c) Producción y Costos.**

Desde 1970, el año 1977 fue el más normal, ya que la draga y planta operaron en forma continua. Sin embargo, su tiempo de operación alcanzó únicamente un 58.7%. Un total de 29,876 toneladas métricas secas fueron tratadas con una ley de 0.33% Sn y un contenido de 804.35 toneladas métricas finas. Con una recuperación total de 29.16%, la planta obtuvo una producción de 210.66 toneladas métricas finas en concentrados del 15.61% Sn.

Con una cotización de 4.42 \$us/lb fina en promedio, la operación produjo una pérdida de 0.198 \$us./lb.fina, con un total de \$us 91.746 para el año. Hasta abril de 1978 (mes en que paralizó la draga), la operación arrojó una pérdida de \$us. 78.177.

## **4.4 RECURSOS MINERALES DE ESTAÑO Y PLATA CONTENIDAS EN LAS COLAS, RELAVES Y DESMONTES**

### **4.4.1 Colas San Miguel**

De acuerdo a la evaluación de la Dirección de Medio Ambiente de COMIBOL 2006, los recursos minerales están constituidos por sulfuros de las colas San Miguel que totalizan 3.738.405 TMB, con contenidos de 0,79 de Estaño, 1,00 DM de Plata y 0,31% de Cobre.<sup>24</sup>, cuyos resultados se observan en los cuadros siguientes:

---

<sup>24</sup> A-REG-571/1982.Programa de Muestreo Relaves – Colas y Desmontes.

**Tabla N° 4**  
**Recursos Minerales Sulfuros Colas San Miguel**

RELAVE	T.M.B	%	Gr/Ton	%	T.M.F	K.F.	T.M.F
		Sn	Ag.	Cu	Sn.	Ag	Cu.
Sulfuros 2,3 y 4	3.738.405,00	0,79	100,00	0,31	29.533,40	373.840,50	11.589,06
<b>TOTAL</b>	<b>3.738.405,00</b>	<b>0,79</b>	<b>100,00</b>	<b>0,31</b>	<b>29.533,40</b>	<b>373.840,50</b>	<b>11.589,06</b>

Fuente: Dirección de Proyectos de COMIBOL

**Tabla N° 5**  
**Recursos Minerales Óxidos Colas San Miguel**

RELAVE	T.M.B	%	Gr/Ton	%	T.M.F	K.F.	T.M.F
		Sn	Ag.	Cu	Sn.	Ag	Cu.
Óxidos	405.282,00	1,42	177,65	0,31	5.755,00	71.998,35	1.256,37
<b>TOTAL</b>	<b>405.282,00</b>	<b>1,42</b>	<b>177,65</b>	<b>0,31</b>	<b>5.755,00</b>	<b>71.998,35</b>	<b>1.256,37</b>

**Cuadro N° 3**  
**Características del Mineral Colas San Miguel**

<b>Volumen</b>	:	1.832.248 m <sup>3</sup>
<b>Peso Específico</b>	:	1,92 Gr/m <sup>3</sup>
<b>Ton. Brutas Húmedas</b>	:	3.515.913
<b>% Humedad</b>	:	17,66
<b>Ton. Brutas Secas</b>	:	2.895.119
<b>Ley estaño</b>	:	0,84
<b>Ley Cobre</b>	:	0,38
<b>Ley Plata</b>	:	0,82
<b>Ton. Finas de Estaño</b>	:	24.402,7
<b>Ton. Finas de Cobre</b>	:	8.274,7
<b>Ton. Finas de Plata</b>	:	236.824,4

Fuente: Dirección de Proyectos de COMIBOL

#### 4.4.2 Relaves y Colas Arenas Catavi.

Las colas arenas Catavi cubren aproximadamente un área de 492.000m<sup>2</sup>, con su eje mayor de 1.600m y ancho promedio de 307m.

El material depositado presenta cierto grado de compactación, en mayor grado en sectores de mayor profundidad y en menor grado en la superficie y sector donde actualmente son acumuladas las colas.

Los recursos minerales existentes son los siguientes:

**Tabla N° 6**  
**Recursos Minerales contenidos en Relaves Arenas Catavi**  
**En Toneladas Brutas y Finas**

ACUMULACION DE RECURSOS	COLAS	Tons. Min.	%Sn.	Tons. Finas.	Observaciones
RELAVES ARENAS CATAVI	Arenas	18.974.181,00	0,29	55.286,39	Parte del radiograma TOI-26/80 y ajustado de acuerdo a su acumulación y/o explotación desde la evaluación de 1,979
	Quemadillos	Se terminaron las reservas			
	Piritas "A"	16.949,00	1,37	232,20	
	Piritas "B"	370.949,00	0,86	3.190,16	
	Granzas	1.249.214,00	0,58	7.238,95	
<b>T O T A L</b>		<b>20.611.293,00</b>	<b>0,32</b>	<b>65.947,70</b>	Reserva al 31-XII-82

**Fuente:** Dirección de Proyectos de la Corporación Minera de Bolivia

Los diferentes estudios han demostrado, la existencia significativa de casiterita, que podrían ser beneficiados con un sistema adecuado de tratamiento que haga rentable estas operaciones, ya que el tamaño de grano -2mm hace innecesaria la utilización de trituradoras, que siempre encarecen los costos de tratamiento de minerales.

El cuadro siguiente detalla el tonelaje, porcentajes de ley y contenido de estaño fino en cada uno de los depósitos a ser explotados, se puede observar que las reservas totales alcanzan a 13.4 Millones de toneladas métricas con un promedio de ley de 0.58% de estaño conteniendo alrededor de 65.384 toneladas de estaño fino.

Los porcentajes de estaño contenido en estas colas lamas han ido reduciéndose progresivamente, variando desde el valor más alto 1,09% Sn (promedio del año 1925) a un valor de 0,22% Sn (promedio e los años 1973-76) y a 0,24% Sn para 1977 y 1978.

Para la comprobación de los porcentajes de estaño, varios taladros fueron perforados en 1962 por COMIBOL. Únicamente existe información de dos de ellos y ambos indican un promedio de 0,49% Sn, que corresponde aproximadamente a los registros del Ingenio Victoria. En adición, IMPC, excavó una serie de pozos en el depósito del Main Kenko con fines de comprobación de los contenidos y características granulométricas del material. La profundidad a que llegaron estos pozos fue en su mayoría de sólo 3,0m. Representando por consiguiente los acumulas de los últimos años. Los pozos se perforaron en 1975.

**Tabla N° 7**  
**Recursos Minerales contenidos en Colas Lamas Catavi**  
**En Toneladas Brutas y Finas**

ACUMULACION DE RECURSOS		Tons. Min.	%Sn.	Tons. Finas.	Observaciones
COLAS LAMAS KENKO	OLD SECTION	901.085,00	1,234	11.120,55	1925-1930
	"KENKO I"	6.760.590,00	0,38	25.444,35	Según Informe TOI - 17/79
	*KENKO II	4.562.894,00	0,55	25.095,92	Sin evaluación por confirmarse
<b>T O T A L</b>		<b>12.224.569,00</b>	<b>0,53</b>	<b>61.660,82</b>	Recursos al 31-XII-82
* Debe confirmarse los recursos del Kenko II, los datos son arrastrados desde 1979 y se obtuvieron por diferencia de la estadística del Ingenio y la evaluación del Kenko I					
ACUMULACION DE RECURSOS	AÑOS	Tons. Min.	%Sn.	Tons. Finas.	Observaciones
COLAS LAMAS GOLDEN CITY (KENKO)	1968-1971	293.488,00	0,34	989,82	Acumulación de Reservas, con datos estadísticos 1968-1982
	1972-1974	144.170,00	0,22	323,18	
	1975-1981	725.522,00	0,31	2.258,52	
	1982	36.132,00	0,42	152,47	
<b>T O T A L</b>		<b>1.199.312,00</b>	<b>0,31</b>	<b>3.723,99</b>	Recursos al 31-XII-82
<b>T O T A L EL KENKO</b>		<b>13.423.881,00</b>	<b>0,58</b>	<b>65.384,81</b>	Recursos al 31-XII-82

**Fuente:** Empresa Minera Catavi Departamento Geológico  
**Elaboración:** Propia

Con referencia a los desmontes, el cuadro siguiente detalla la cuantificación de recursos.

**Tabla N° 8**  
**Recursos Minerales en los Desmontes Acumulados de Catavi**  
**En Toneladas Brutas y Finas**

ACUMULADO				
DESCARTES DE LA PALNTA SINK AND FLOAT				
AÑOS	Tons. Min.	%Sn	Tons. Finas	Observaciones
1929-1935	640.443,00	0,74	4.766,87	Descarte Por Palla
1936-1940	665.968,00	0,46	3.058,78	
1941-1945	1.281.710,00	0,50	6.452,75	
1946-1950	1.661.682,00	0,37	6.174,55	Descarte Sink And Float
1951-1955	3.756.143,00	0,31	11.571,53	
1956-1960	3.081.131,00	0,31	9.482,70	
<b>TOTAL ACUMULADO</b>	<b>11.087.077,00</b>	<b>0,37</b>	<b>41.507,18</b>	<b>EN RESERVA</b>
1961-1965	3.335.140,00	0,27	9.003,55	Incluido como Reserva en 1980
1966-1970	4.655.273,00	0,27	12.558,40	
1971-1975	4.255.509,00	0,27	11.381,08	
1976-1977	1.549.757,00	0,22	3.351,58	
<b>SUB TOTAL</b>	<b>13.795.679,00</b>	<b>0,26</b>	<b>36.294,61</b>	<b>EN RESERVA</b>
<b>TOTAL ACUMULADO 1977</b>	<b>24.882.756,00</b>	<b>0,31</b>	<b>77.801,79</b>	<b>EN RESERVA</b>
1978	774.548,00	0,18	1.414,61	Incluido como Reserva desde 1981
1979	650.606,00	0,15	983,25	
1980	646.233,00	0,16	1.045,82	
1981	560.988,00	0,18	1.017,48	
1982	618.178,00	0,18	1.133,84	
<b>SUB TOTAL</b>	<b>3.250.553,00</b>	<b>0,17</b>	<b>5.595,00</b>	
<b>GRAN TOTAL</b>	<b>28.133.309,00</b>	<b>0,30</b>	<b>83.396,79</b>	

**Fuente:** Empresa Minera Catavi Departamento Geológico

**Tabla N° 9**  
**Recursos Minerales de Desmontes Extraídos de Catavi**  
**En Toneladas Brutas y Finas**

<b>EXTRAIDO</b>			
MINERAL ALIMENTADO A INGENIO VICTORIA			
<b>AÑOS</b>	<b>Tons. Min.</b>	<b>%Sn</b>	<b>Tons. Finas</b>
1937-1950	408.994,00	1,07	4.361,00
1951-1960	1.006.232,00	0,68	6.889,60
1961-1970	1.315.848,00	0,45	5.861,40
<b>SUB TOTAL</b>	<b>2.731.074,00</b>	<b>0,73</b>	<b>17.112,00</b>
MINERAL EXPLOTADO PRO VENERISTAS			
<b>AÑOS</b>	<b>Tons. Min.</b>	<b>%Sn</b>	<b>Tons. Finas</b>
1980-1981	24848	0,31	77,03
1982	4.487,00	0,26	11,67
<b>SUB TOTAL</b>	<b>29335</b>	<b>0,3</b>	<b>88,7</b>
MINERAL ALIMENTADO A PLANTA SINK AND FLOAT			
<b>AÑOS</b>	<b>Tons. Min.</b>	<b>%Sn</b>	<b>Tons. Finas</b>
1971-1980	169934	0,45	770,51
1981	75724	0,43	329,06
1982	154341	0,32	500,64
<b>SUB TOTAL</b>	<b>399999</b>	<b>0,4</b>	<b>1600,21</b>
<b>TOTAL EXTRAIDO</b>	<b>3.160.408,00</b>	<b>0,59</b>	<b>18.800,91</b>

<b>RECURSOS AL 31-XII-82</b>		
<b>Tons. Min</b>	<b>%Sn.</b>	<b>Tons. Finas</b>
24.972.901,00	0,26	64.595,88

**Fuente:** Dirección de Proyectos de la Corporación Minera de Bolivia

**Tabla N° 10**  
**Recursos Minerales Totales Contenidos en las Colas, Arenas Catavi**  
**En Toneladas Brutas y Finas**

<b>ACUMULACION DE RECURSOS MINERALES</b>	<b>Tons. Min.</b>	<b>%Sn.</b>	<b>Tons. Finas.</b>
Colas Arenas Catavi	20.611.293,00	0,32	65.947,70
Colas Lamas el Kenko	13.423.881,00	0,58	65.384,81
Desmontes	24.972.901,00	0,26	64.595,88
<b>TOTAL CATAVI</b>	<b>59.008.075,00</b>	<b>0,39</b>	<b>195.928,39</b>

**Fuente:** Dirección de Proyectos de la Corporación Minera de Bolivia

### 4.4.3 Colas Caracoles.

Los datos de reserva, obtenidos en la entidad son los siguientes:

	T.M.B.S	%Sn	%Wo3	TMF Sn	TMF Wo3
Miguillas	5.645	0,87		49,10	
Relave Antiquo	333.936	0,19	0,13	630,68	431,52
Relave Nuevo	1.699.323	0,34		5.701,22	
<b>TOTAL</b>	<b>2.038.904</b>	<b>0,31</b>		<b>6.381,00</b>	<b>431,52</b>

Características	Relave Antiquo	Relave Nuevo
Superficie aproximada	31.000 m <sup>2</sup>	93.000 m <sup>2</sup>
Potencia promedio	8,2 m	8,8 m
P.e. Húmedo	1,36	1,53
Tamaño de grano	-2mm	-2mm
Contenido Mineralógico:	Casiterita, wolframita, Scheelita, Calcopirita, blenda Magnetita, covelina, Rutilo, pirita, etc.	Casiterita, blenda Pirita.
Ganga:	Cuarzo, biotita, Turmalina	Cuarzo, biotita, Clorita, turmalina.

### 4.4.4 Colas Telamayu

#### 4.4.4.1 Relave Antiquo

##### 4.4.4.1.1 Periodo de acumulación.

Según datos proporcionados por la entonces Empresa Minera Subsidiaria Quechisla, el Relave Antiquo fue acumulado entre los años 1900 a 1930 por la explotación de la veta Colorado de la mina Animas y Siete Suyos por descarte en la concentración de Sn, luego Pb, Zn y Ag del Ingenio de Telamayu de 500 Ton / Día de capacidad instalada.

Sobre estos relaves se acumularon aproximadamente 27.000 toneladas de matas de cobre de la Fundición de Bismuto de Telamayu desde 1971 hasta 1979, los cuales inicialmente tenían de 11 a 13% de Cu.

##### 4.4.4.1.2 Recursos Minerales

Si bien existieron diversos estudios realizados en años anteriores:

- “Evaluación Relaves Telamayu” Ing. Joaquín Merites. Diciembre 1971, COMIBOL.

- “Cubicación y Muestreo Relave Antiguo Telamayu” Ing. Tito Novillo. Junio de 1976.
- Evaluación Relaves Telamayu E.M Quechisla”. Ing. Bernardino Claire. Marzo de 1982.

Los resultados que se presentan a continuación son los obtenidos por el Ing. Edgar Pereira en el mes de septiembre de 1986.

Este trabajo se efectuó por instrucciones de la Gerencia General de la E.M.S Quechisla y la Sub-Gerencia Geológica, durante Julio, Agosto y Septiembre de 1986.

El objetivo de este trabajo, ha sido el de confirmar la evaluación efectuada en marzo/82 además de obtener muestras representativas para encarar la recuperación de los elementos valorables como: Ag, Au, Sn.

Lo resultados de la nueva evaluación calculada son:

<b>T.M.B.S.</b>	<b>%Sn</b>	<b>g/t Ag</b>	<b>g/t Au</b>
470.798	1,25	0.297	0,41

#### **Contenidos Finos:**

<b>T.M.F Sn</b>	<b>Kg F Ag</b>	<b>KgF Au</b>
5.884,98	139.827	193

#### **4.4.4.1.3 Características Mineralógicas**

En el informe de Evaluación de Relaves Telamayu de 1982, se muestra la constitución mineralógica de la siguiente forma:

<b>Características</b>	<b><u>Relaves Antiguos</u></b>
Superficie aproximada	30.000 m <sup>2</sup>
Potencia promedio	10,8 m
P.e. húmedo	1,63
Humedad	13%
Horizontalmente	* Contenidos de Ag y Sn mayores en sectores Sur y Central; Menores en zona norte.
Profundidad	* Contenidos de Ag y Sn aumentan a mayores

Contenido mineralógico	profundidades * Casiterita <10% en granos de 0,01- 0,20 mm asociados a calcopirita o galena Oxidación en capas superiores Covelina y Limonita.
------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 4.4.4.2 Relave Nuevo.

##### 4.4.4.2.1 Origen y Periodo de acumulación.

Los relaves nuevos se originaron por las colas del tratamiento y concentración de minerales provenientes del yacimiento de Chocaya minas Animas y Siete Suyos, por la explotación de la veta Colorada en sus niveles inferiores que contenía poco estaño y mayor Pb-Ag y Sn, luego por la explotación de las vetas Burtón, Inca VI y Salvadora propiamente minerales de Pb-Ag y Zn.

Se cambió la línea de tratamiento de estaño del Ingenio de Telamayu para tratar minerales de Pb-Ag-Zn en la década de 1930-1940, siendo actualmente la capacidad de 500 Ton/Día.

La acumulación de los Relaves Nuevos aproximadamente data desde los años 1930 – 1940, hasta el 1986.

##### 4.4.4.2.2 Recursos Minerales

Si bien existieron diversos estudios realizados en años anteriores:

- “Evaluación Relaves Telamayu E.M. Quechisla” Ing. Joaquín Merites. Diciembre 1971, COMIBOL.
- Evaluación Relaves Telamayu E.M Quechisla”. Ing. Bernardino Claire. Marzo de 1982.

El resultado es el siguiente:

T.M.B.S.	g/t Ag	Pb	Zn	Sn
4.384,324	0.058	0.55	0.45	0.20

#### Contenidos Finos

<b>KF Ag</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Sn</b>
254.291	24.113,8	16.660,4	8.768,6

El peso específico aparente de los Relaves Nuevos es 1.75, el volumen calculado fue 2.815,125 m<sup>3</sup>, la cantidad de Tonelajes Húmedos 4.925,100, la humedad calculada 10,98%.

Actualmente este relave se encuentra seco.

#### 4.4.4.2.3 Características Mineralógicas

<b>Características</b>	<b><u>Nuevo</u></b>
Superficie aproximada	95.000m <sup>2</sup>
Potencia promedio	40 m
P.e. húmedo	1,75
Humedad	11%
Horizontalmente	* Contenido mayor Sn en zona central
Profundidad	*Contenido de Ag y Sn aumentan a profundidad.
Contenido mineralógico	*Casiterita, estánnina y franckelta en granos 0,01-0,20 mm y asociados a marcasita, jamesonita y cuarzo hasta 2,0% tetrahidrita acompañada de jamesonita son causa del contenido de Ag.

#### 4.4.5 Relaves Itos Centro Minero San José.

<b>TMB</b>	<b>%Sn</b>	<b>%Pb</b>	<b>gAg/ton</b>	<b>grAu/t</b>
1.649.630	0.33	0.46	159	0.56

##### 4.4.5.1 Características del Mineral

<b>Volumen</b>	841.648m <sup>3</sup>
<b>P.e.</b>	1,96
<b>Humedad</b>	15%
<b>Tamaño de grano</b>	-35#

<b>Especies mineralógicas</b>	Sulfoantimoniuros complejos Andorita (mineral de Ag)
<b>Ganga</b>	Sulfuros y ocres de Fe, pizarras, Cuarzo de carácter ácido
<b>Contenido de iones</b>	Fe 2+, Fe 3+, H+, Zn 2+

#### 4.5 CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Consiguientemente, con el presente capítulo se ha cumplido con los tres primeros objetivos específicos establecidos en el punto 1.4.2 del primer capítulo del presente documento, siendo que se ha identificado el origen, la importancia económica y características generales de las colas, relaves y desmontes de Estaño y Plata estatales más importantes. Asimismo, se ha realizado una descripción breve de los procesos minero metalúrgico para el tratamiento de las colas relaves y desmontes estatales y finalmente se ha cuantificado los recursos minerales existentes de Estaño y Plata contenidas en las colas, relaves y desmontes estatales.

---

## *Capítulo V.*

*Análisis y perspectivas de la producción mundial y nacional del Estano y la Plata*

---

## CAPITULO V

### ANÁLISIS Y PERSPECTIVAS DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL Y NACIONAL DEL ESTAÑO Y LA PLATA

#### 5.1 ANÁLISIS DE MERCADO

##### 5.1.1 El Mercado Mundial y Nacional del Estaño y la Plata

Para este análisis, se identifica los minerales y sus usos (estaño y plata), para luego identificar el mercado, la demanda, oferta, precios y comercialización, con cuyos elementos se obtendrá la información necesaria para que los minerales motivo del presente trabajo lleguen al mercado del consumidor.

Este acápite se basa en el estudio de mercado realizado por la Dirección de Proyectos de la Corporación Minera de Bolivia, realiza un estudio específicamente para los casos de desarrollo y explotación de colas y relaves de Estaño y Plata ubicados en San Miguel-Potosí, Colas Caracoles-La Paz, Colas Antiguas de Telamayu-Potosí, Colas Lamas Catavi y Colas Arenas Catavi.

##### 5.1.2 Descripción de los Productos y Propiedades.

###### 5.1.2.1 Estaño

El mineral principal del estaño, es la casiterita (o estaño cristalizado), compuesto por dióxido de estaño ( $\text{Sn O}_2$ ), cristaliza en el sistema tetragonal, tiene una dureza entre 6 y 7 y una densidad relativa de 7. En general es de color castaño oscuro y negro, tiene un lustre adamantino mate. Este mineral, es la única mena importante del estaño, el contenido de estaño en la casiterita es del 78,80%, pero casi siempre contiene impurezas o asociaciones con otros elementos. En muchos casos, sobre todo en los yacimientos pegmatíticos se observan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{FeO}$ , y algunas veces  $\text{ZrO}_2$  y  $\text{WO}_3$ . Todos estos metales de distinto número de valencia, se encuentran en la casiterita como elementos isomorfos o producto de la disgregación de disoluciones sólidas. Los minerales de casiterita constituyen la única materia prima para la industria del estaño.

La denominación, comercial del estaño es “concentrado de estaño”, su símbolo Sn, es un elemento metálico, pertenece al grupo 14 del sistema periódico y su número atómico es 50. Siendo el punto de fusión del estaño ordinario 232 °C. En la actualidad el estaño metálico de calidad A se obtiene por medio de la fundición, electrólisis o cristalización.

Normalmente es un metal blanco plateado, pero a temperaturas por debajo de los 13ª C se transforma a menudo en una forma alotrópica (claramente distinta), conocida como estaño gris, que es un polvo amorfo de color grisáceo, con densidad relativa de 5,75. Esta descomposición. Se observa en el aspecto moteado de los objetos fabricados de estaño, acción que se denomina comúnmente enfermedad del estaño o peste del estaño.

El estaño, tiene facilidad para alearse con otros metales como el plomo, cobre y zinc, es maleable y dúctil, incluso se puede laminar en hojas de menos de una milésima de centímetro de Alta ley > 50%; Media ley 40-50% y Baja ley < 30%.

En el mercado internacional, el estaño es empleado por los consumidores en procesos industriales para la obtención de hojalata, capa protectora para recipientes de cobre, fabricación de latas, y artículos similares, aleaciones comunes de bronce (estaño y cobre), soldadura de bajo punto de fusión resistente a la oxidación, obtención del Peltre (estaño y plomo), aleado con titanio en la industria aeroespacial, como ingrediente en la fabricación de insecticidas, el sulfuro de estaño conocido también como oro musivo, se usa en forma de polvo para broncear artículos de madera, en la aleación con el cobre, zinc y plomo se obtiene latón, fabricación de papel estañado (Estanici), fabricación de cerámica, esmaltes, pintura y otros. Los mayores consumos del estaño están dirigidos a la carrera armamentista y fabricación de armas bélicas.

### 5.1.2.2 La Plata

Es un elemento metálico blanco y brillante que conduce el calor y la electricidad mejor que ningún otro metal, es un elemento de transición del sistema periódico. Su número atómico es 47, este metal se conoce y se ha valorado desde la antigüedad como metal ornamental y de acuñación, probablemente las minas de plata en Asia Menor empezaron a ser explotadas antes del año 2.500 A.C. Los alquimistas la llamaban el metal Luna o Diana, por la diosa de la Luna y se le atribuyó el símbolo de la Luna creciente.

Exceptuando el oro, la plata es el metal más maleable y dúctil, su dureza varía entre 2,5 y 2,7; es más duro que el oro, pero más blando que el cobre, tiene un punto de fusión de 962ª C, un punto de ebullición de 2.212 ºC y una densidad relativa de 10,5, su masa atómica es 107,868. La plata ocupa el lugar 66 en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre. Apenas existe en estado puro, los depósitos más notables de plata pura se encuentran en México, Perú y Noruega, donde las minas fueron explotadas desde épocas pasadas. La Plata pura también se encuentra asociada con el oro puro en una aleación conocida como oro argentífero y al procesar el oro se recuperan considerables cantidades de plata. Ese metal esta generalmente asociada con otros elementos (siendo el azufre el más predominante).

La Plata es utilizada en la industria de la joyería, que es uno de los principales usos que se le da a este metal, ya que el mismo ha hecho posible la elaboración de accesorios como pulseras, gargantillas, mancuernas, anillos y pectorales. Su ductilidad permite crear complicados diseños que se han adaptado a los gustos de las diferentes épocas, a veces combinada con otros metales o con piedras preciosas. Cuando se tiene bien pulida, la plata es la mejor de las superficies reflectantes y se lo utiliza para la fabricación de reflectores.

Debido a sus características, la plata es un material empleado en diversas ramas industriales, entre las que se destacan la fotografía y la joyería así como en algunas aplicaciones de la medicina.

El cloruro, bromuro y el nitrato de plata se emplean tanto en la elaboración de la película fotosensible como en la composición de líquidos para revelar. Aproximadamente el 60% de toda la plata se emplea en la industria de la fotografía y el metal puede reciclarse a partir de las soluciones procesadas con base en electrólisis, mientras que la película se quema y las cenizas reciben un tratamiento especial para extraer u contenido de plata.

Los usos de la plata en medicina, son variables. El nitrato de plata se emplea como cáustico y cicatrizante, disuelto en una solución al 1%, sirve como preventivo oftálmico para los recién nacidos y al 2% resulta útil para tratar el eccema húmedo. Es frecuente su empleo como antiséptico local en pomada que contiene 15% de plata coloidal. Hasta hace poco era común hallar en las farmacias en forma de lápiz o barra para eliminar verrugas y mezquinos en la piel.

En la odontología tiene una doble finalidad: la profiláctica y la cosmética. Resulta ideal para implantes, coronas, amalgamas y piezas postizas. El principal defecto que le atribuyen los pacientes es que su poderosa conductividad al ingerir alimentos demasiado fríos o demasiado calientes se experimentan dolores en el sistema nervioso. Incluso existen personas que para tener implantes dentales en la boca se hacen extraer piezas dentales.

### **5.1.3 Identificación del Mercado Consumidor.**

El mercado consumidor ha sido clasificado en dos espacios: el primero referente a la identificación de los consumidores externos e internos y el segundo relacionado con la identificación geográfica del mercado.

#### **5.1.3.1 Identificación de los Consumidores.**

En el ámbito externo se puede mencionar como potenciales consumidores a los países industrializados, quienes son los principales demandantes de materia prima de minerales de estaño y plata, los cuales son:

<b>ESTAÑO</b>	<b>PLATA</b>
Japón	Japón
Corea	Corea
China	China
Tailandia	EEUU
EEUU	Canadá
Alemania	Alemania
India	India
Reino Unido	Reino Unido
Taiwán	Rusia
Francia	Francia
Italia	Italia
Indonesia	Holanda
Emiratos Árabes Unidos	Emiratos Árabes Unidos

Como se observa en el cuadro precedente, el mercado consumidor de materia prima es amplio, particularmente de los minerales mencionados, y se desenvuelven en función a la aplicación que se de a estos productos no renovables.

En el escenario se puede señalar que el mercado interno tiene características muy especiales, existen empresas comercializadoras (intermediarios) para la compra de estaño, y plata. Este último mineral se emplea para la fabricación principalmente de sulfato de cobre. La empresa principal de compra de estaño es la Empresa Metalúrgica Vinto.

### **5.1.3.2 Identificación Geográfica del Mercado Consumidor.**

Al referirse a la amplitud del mercado externo, se observa que los minerales a tratar, no tendrán problemas de comercialización. Geográficamente este mercado se halla ubicado en casi todos los continentes como se pude observar en el cuadro de la página siguiente:

Dentro el marco del mercado interno, la demanda potencial y efectiva está asegurada, por ser un bien exportable, la ubicación geográfica y como domicilio legal son las ciudades de Oruro, La Paz y Potosí.

<b>PAÍS</b>	<b>CONTINENTE</b>
Japón	
Corea	
China	ASIA
Tailandia	
Indonesia	
EEUU	
Canadá	AMERICA
México	
India	AFRICA

Emiratos Árabes  
Alemania  
Reino Unido  
Francia  
Italia  
Holanda  
Rusia

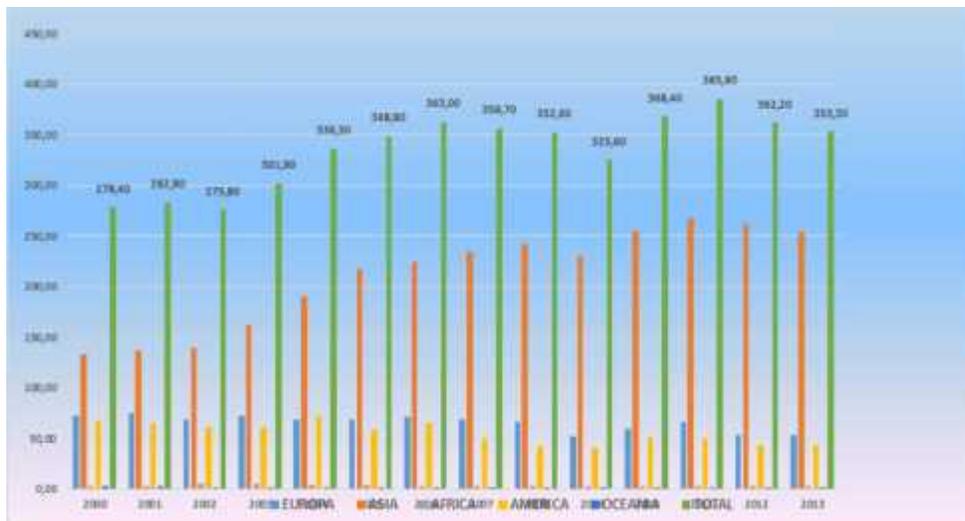
EUROPA

Estos mercados se constituyen en centros dinámicos de la economía del país, para realizar transacciones estas ciudades cuentan con servicios de comunicación tanto escrita, oral, postal tanto privado (Courier) y público (ECOBOL) y toda una gama de infraestructura y servicios destinados a promover las exportaciones.

#### 5.1.4 Demanda

Para comprender el comportamiento de la demanda de los minerales de Estaño y Plata, es necesario identificar aquellos factores que intervienen en el mercado internacional de minerales. El destino de la producción nacional de los minerales de Estaño y Plata, es la exportación. En el mercado externo es donde se fijan los precios, sin que el presente documento decida sobre esta variable, ni siquiera como país se puede influir en la determinación de los precios del Estaño y Plata por el carácter no relevante de la producción nacional.

**Gráfica N° 1**  
**DEMANDA MUNDIAL DE ESTAÑO AGREGADA Y POR CONTINENTES**  
**PERIODO 2000-2013**  
**(En miles de toneladas)**

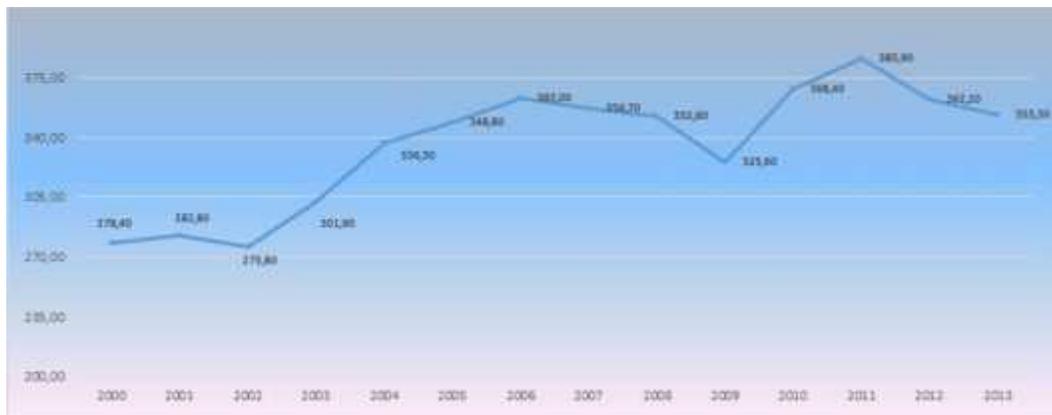


**Fuente:** Elaboración propia con base en los datos del Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico

Los elementos recurrentes que influyen en la demanda mundial está relacionada con el PIB y la inflación, un porcentaje menor del consumo global es explicada por esta última variable. En función al comportamiento de las variables señaladas, la demanda de los minerales reaccionará positivamente.

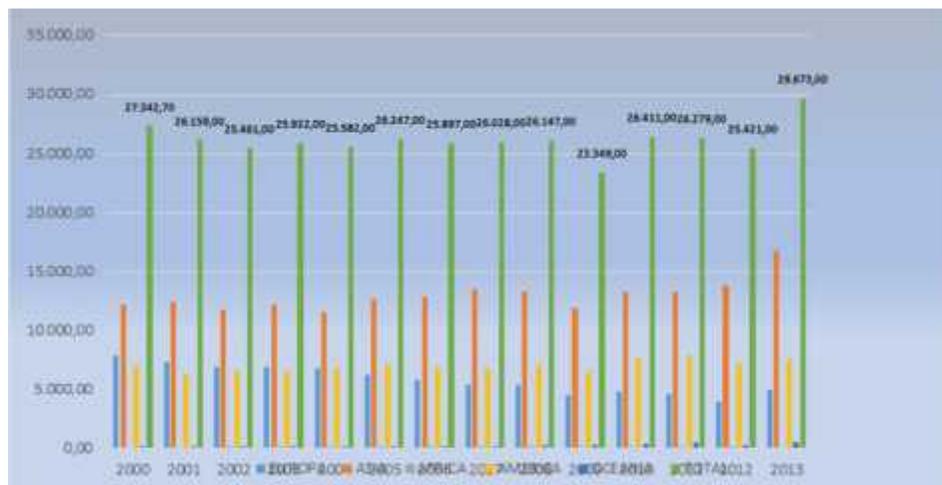
La demanda de los minerales de Estaño y Plata, en este último periodo llegó a incrementarse debido a la mejora de la economía mundial, particularmente está relacionado con el comportamiento económico de los países industrializados.

**Grafica N° 2**  
**TENDENCIA DE LA DEMANDA MUNDIAL AGREGADA DE ESTAÑO**  
**PERIODO 2000-2013**  
**(En miles de toneladas)**



**Fuente:** Elaboración propia base en datos del Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico

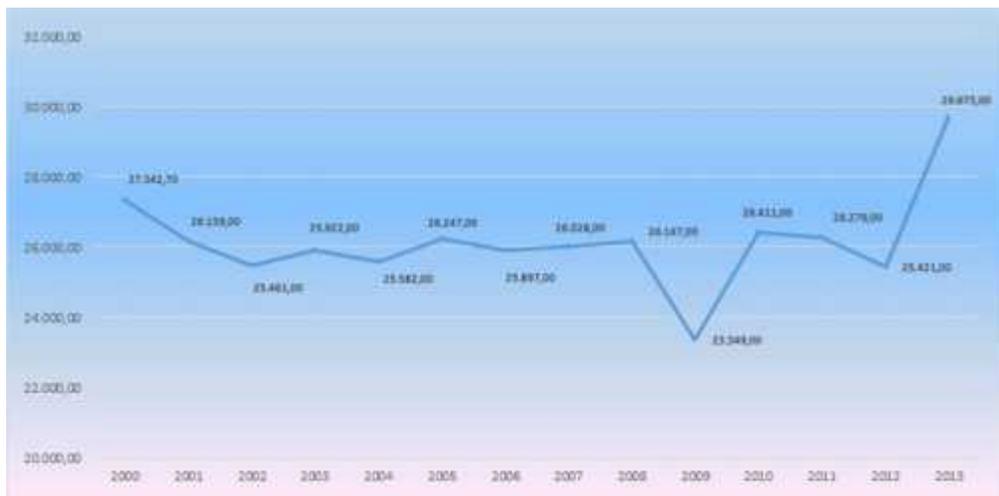
**Grafica N° 3**  
**DEMANDA MUNDIAL DE PLATA AGREGADA Y POR CONTINENTES**  
**PERIODO 2000-2013**  
**(En Toneladas Métricas Finas)**



**Fuente:** Elaboración propia base en datos del Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico

Si se realiza un análisis de la demanda histórica del estaño durante el periodo 2000-2013, se establece que el consumo promedio anual alcanza a 335,12 Miles de Toneladas. La demanda de estaño como un bien intermedio, tiene destinado un mayor porcentaje de uso en la fabricación de armas bélicas, en la industria para la fabricación de la hojalata, insecticidas, cerámica, aleaciones, soldaduras y otros. Es un mineral estratégico por ello se lo considera como un elemento de acumulación teniendo como recurso de apelación para contingencias bélicas. EEUU e Inglaterra, son los países con las mayores acumulaciones de este metal.

**Gráfica N° 4**  
**DEMANDA MUNDIAL AGREGADA DE PLATA**  
**PERIODO 2000-2013**  
**(En Toneladas métricas finas)**



**Fuente:** Elaboración propia con base en los datos del Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico

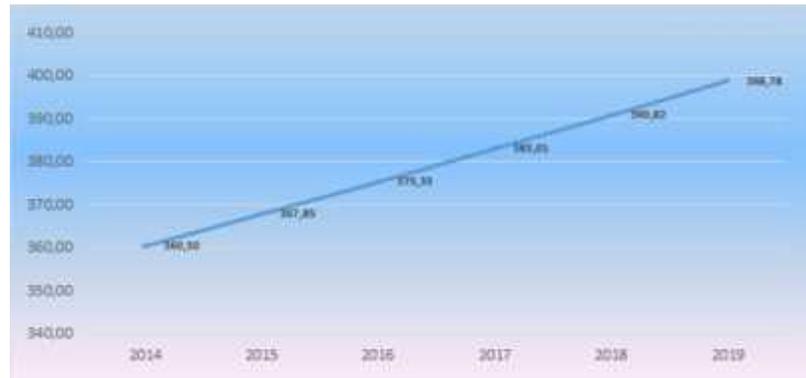
El comportamiento de la demanda es ascendente, por tratarse de un metal precioso, requerido en la joyería, medicina y la odontología y también en la fabricación de elementos en la electrónica.

#### 5.1.4.1 Demanda proyectada del estaño y plata

Para el presente estudio y con la finalidad de disponer información estadística sobre el probable, comportamiento futuro de la demanda mundial del estaño, se realizó la proyección con datos históricos comprendidos entre los años 2000-2013.

En la actualidad el empleo del Estaño y la Plata significan para el mercado productos asegurados, salvo que ocurra cambios muy marcados en los precios y contracciones cíclicas de la economía mundial particularmente de los países industrializados; ofrecen perspectivas seguras de crecimiento por el uso múltiple, son pocos los elementos sustitutos del estaño, y la plata tiene perspectivas de crecimiento, por ser un elemento de creación artística como de inversión financiera.

**Gráfica N° 5**  
**PROYECCIÓN DE LA DEMANDA MUNDIAL DE ESTAÑO**  
**PERIODO 2014-2019**  
(En miles de toneladas métricas finas)



**Fuente:** Elaboración propia con base en los datos del Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico

**Gráfica N° 6**  
**PROYECCIÓN DE LA DEMANDA MUNDIAL DE PLATA**  
**PERIODO 2014-2019**  
(En Kilogramos)



**Fuente:** Elaboración propia con base en los datos del Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico

Las tasas Actuales de Crecimiento de la demanda (TAC) son los siguientes:

$$\text{Estaño} = \text{TAC}_{d\text{Sn}} = 2,04\%$$

$$\text{Plata} = \text{TAC}_{d\text{Ag}} = 0.85\%$$

## 5.1.5 Oferta

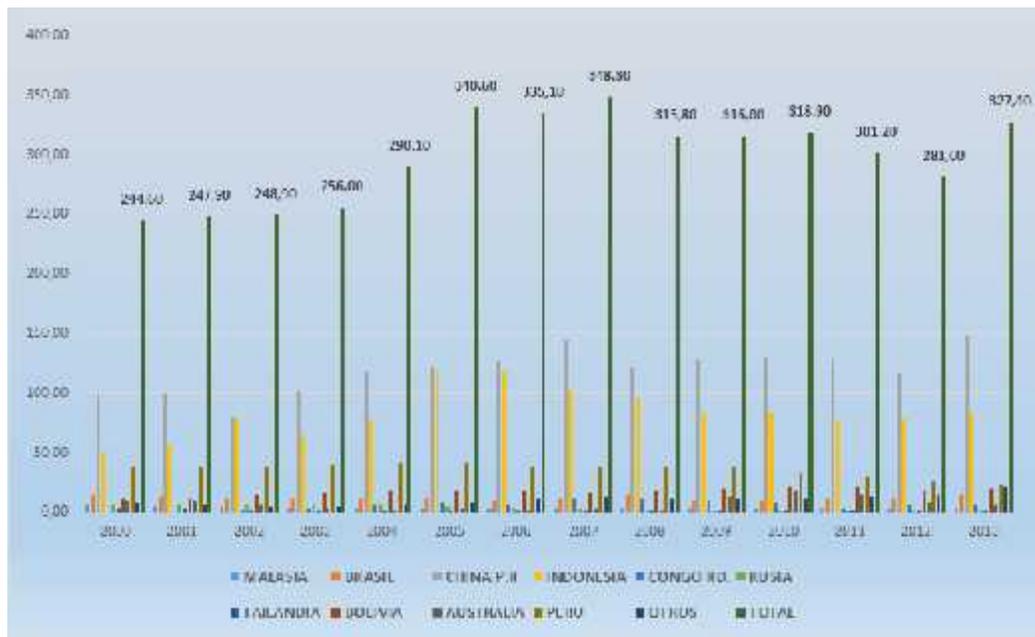
### 5.1.5.1 Oferta Mundial

Los elementos que intervienen en la estructura de la oferta de los minerales de estaño, plata y cobre se pueden expresar en la siguiente forma:

- El estaño, la Plata y el Cobre provienen de las producciones mineras.
- La oferta de estos minerales también son producto de los materiales recirculantes o desechos.

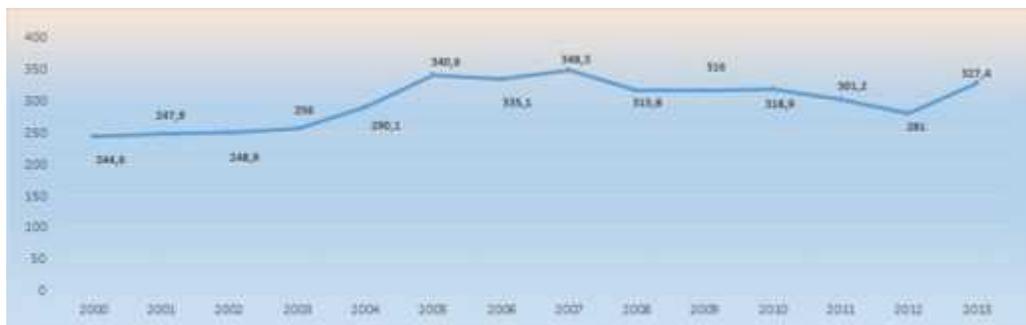
El comportamiento histórico de la oferta de los minerales de Estaño y Plata se resume en los siguientes gráficos, cuyos datos origen han sido extraídos del Proyecto Relaves Colas san Miguel elaborados por la Dirección de Proyectos de COMIBOL:

**Gráfica N° 7**  
**OFERTA MUNDIAL DE ESTAÑO CONCENTRADO**  
**PERIODO 2000-2013**  
**(En miles de toneladas)**



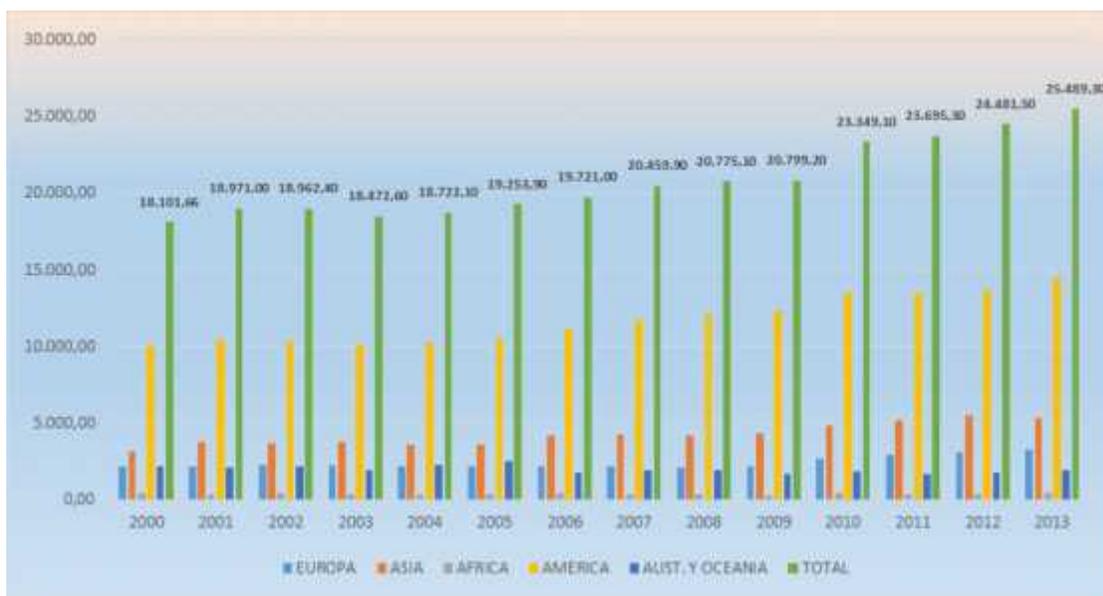
**Fuente:** Elaboración propia con base en los datos del Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico de COMIBOL

**Gráfica N° 8**  
**OFERTA MUNDIAL AGREGADA DE ESTAÑO CONCENTRADO**  
 (En miles de Toneladas Métricas)



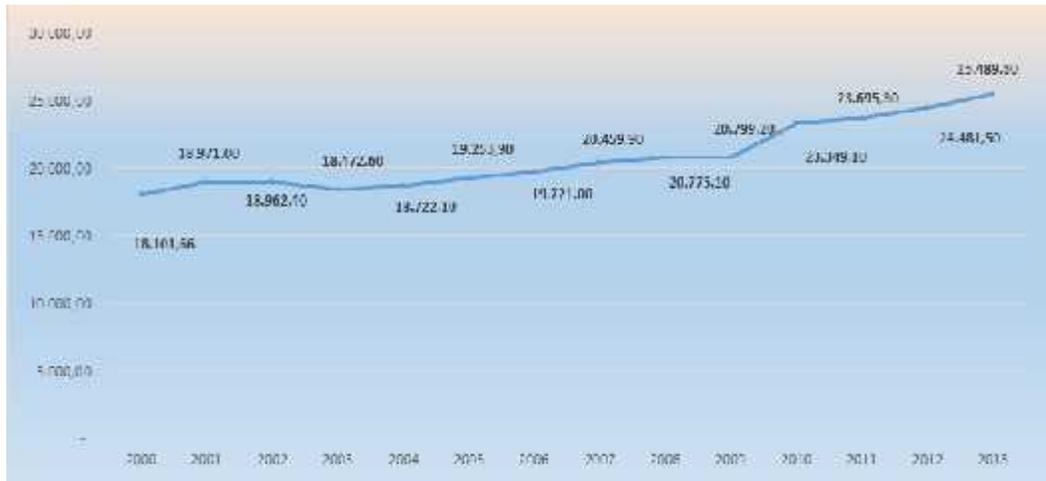
**Fuente:** Elaboración propia con base en los datos del Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico de COMIBOL

**Gráfica N° 9**  
**OFERTA MUNDIAL DE LA PLATA**  
**PERIODO 2000-2013**  
 (En Toneladas métricas finas)



**Fuente:** Elaboración propia con base en los datos del Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico de COMIBOL

**Gráfica N° 10**  
**OFERTA HISTÓRICA MUNDIAL AGREGADA DE ESTAÑO**  
 (En miles de toneladas)



**Fuente:** Elaboración propia con base en los datos del Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico de COMIBOL

La tasa de crecimiento de la oferta de cada mineral es la siguiente.

$$\begin{aligned} \text{Estaño} &= \text{TAC}_{\text{oSn}} = 2.58\% \\ \text{Plata} &= \text{TAC}_{\text{oAg}} = 2.72\% \end{aligned}$$

### 5.1.5.2 Proyección de la Oferta del Estaño y Plata

El material reciclable de los minerales de Estaño y Plata, en el futuro jugará un rol importante en el mercado de la oferta de estos metales, como fuente potencial de abastecimiento, porque este medio es uno de los más importantes, aunque esto puede cambiar marcadamente por el incremento o decremento de los precios.

La oferta de estos minerales extraídos de yacimientos mineros, mostraría en el futuro, una característica diferente con relación a los últimos años, debido a la apertura y ejecución de nuevos proyectos mineros en diferentes países y de la explotación de las minas que se hallan en operación. Muchos países que por tradición no tuvieron actividades mineras, viendo sus potencialidades y extensas áreas geológicas con recursos mineralógicos, ingresan en esta actividad económica, entre estos se encuentran a Rusia, China, que en estos últimos años, ingresan como productores de los minerales estudiados.

Entre los países en desarrollo, Brasil, Perú Chile, Colombia, México, Filipinas, Ghana y Uzbekistán son considerados como fuentes potenciales e importantes

de abastecimiento en el futuro de minerales de Estaño, Plata y otros. Sin olvidar que EEUU, Canadá y Australia, ingresaron en una etapa de exploración intensa y de alto nivel en diferentes países, asegurando a estos países un papel de líderes como productores de minerales. Además, los adelantos tecnológicos para la explotación y tratamiento de minerales complejos.

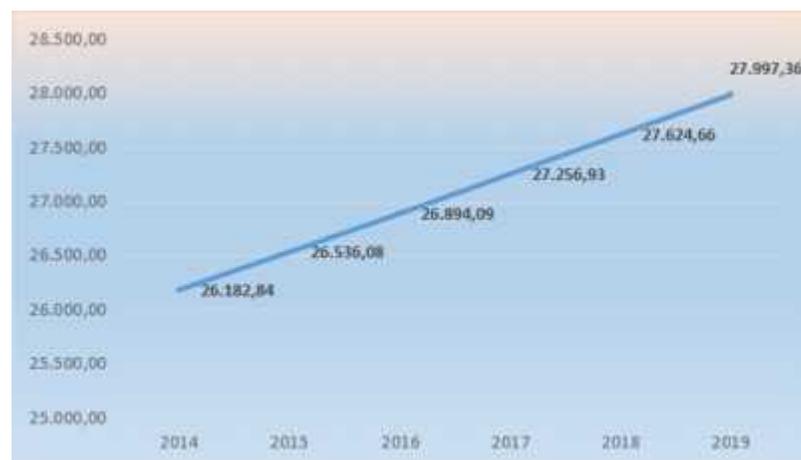
La tendencia de la oferta de los minerales de Estaño y Plata en los años 2014-2019, se da como se detalla en los siguientes cuadros:

**Gráfica N° 11**  
**PROYECCIÓN DE LA OFERTA MUNDIAL DE ESTAÑO**  
**PERIODO 2014-2019**  
(En miles de toneladas)



**Fuente:** Elaboración propia con base en los datos del Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico de COMIBOL

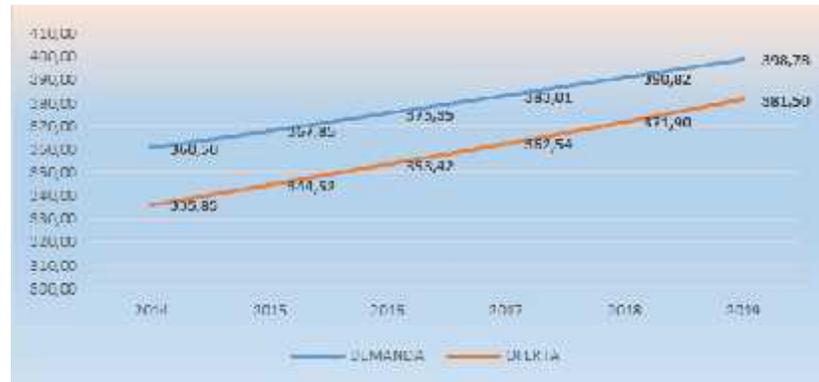
**Gráfica N° 12**  
**PROYECCIÓN DE LA OFERTA MUNDIAL DE LA PLATA**  
**PERIODO 2014-2019**  
(En miles de toneladas)



**Fuente:** Elaboración propia con base en los datos del Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico de COMIBOL

### 5.1.6 Balance de la Demanda y Oferta del Estaño y Plata

**Grafica N° 13**  
**DEMANDA INSATISFECHA DEL ESTAÑO**  
**PERIODO 2014-2019**  
**(En miles de toneladas)**



**Fuente:** Elaboración propia con base en los datos del Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico de COMIBOL

La figura anterior refleja que existe cierta demanda que no es cubierta por la oferta, eso muestra que el mercado para este mineral está asegurado, particularmente ese espacio puede ser cubierto en alguna proporción por la producción nacional.

**Gráfica N° 14**  
**DEMANDA MUNDIAL INSATISFECHA DE LA PLATA**  
**(En toneladas)**



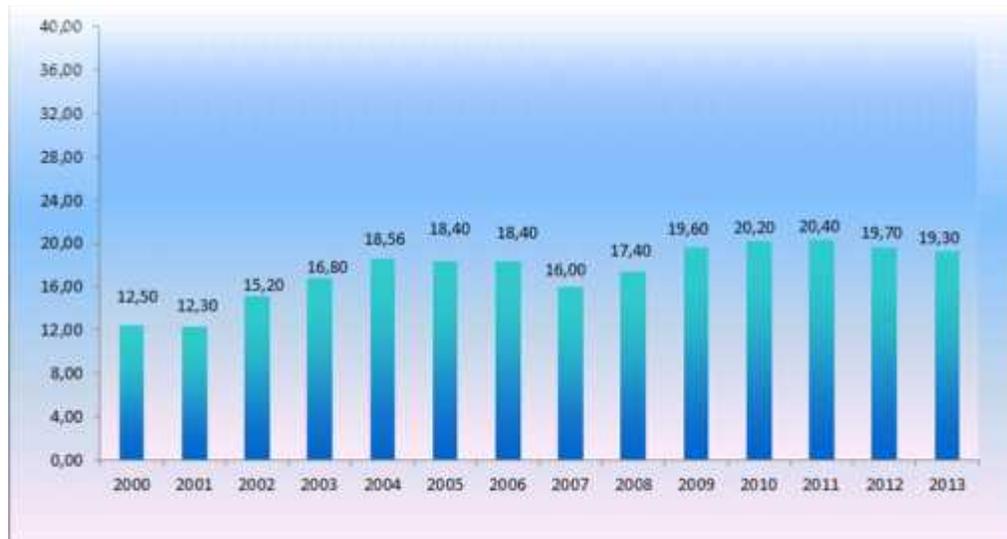
**Fuente:** Elaboración propia con base en los datos del Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico de COMIBOL

Los anteriores gráficos muestran que durante los próximos años existiría una demanda insatisfecha de los minerales de la Estaño y Plata, toda vez que las

fuentes de abastecimiento de este metal precioso no se ajustarían a la tendencia de la demanda, lo que permite colegir que el mercado de la Plata por el lado del consumo será mayor.

## 5.2 PRODUCCIÓN NACIONAL DE ESTAÑO Y PLATA.

Gráfica N° 15  
PRODUCCIÓN NACIONAL DE ESTAÑO  
(En miles de toneladas)



Fuente: Elaboración propia con base en los datos del Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico de COMIBOL

Gráfica N° 16  
PARTICIPACIÓN DE LA PRODUCCIÓN NACIONAL DE ESTAÑO EN LA PRODUCCIÓN MUNDIAL  
PERIODO 2000-2013  
(En miles de toneladas)

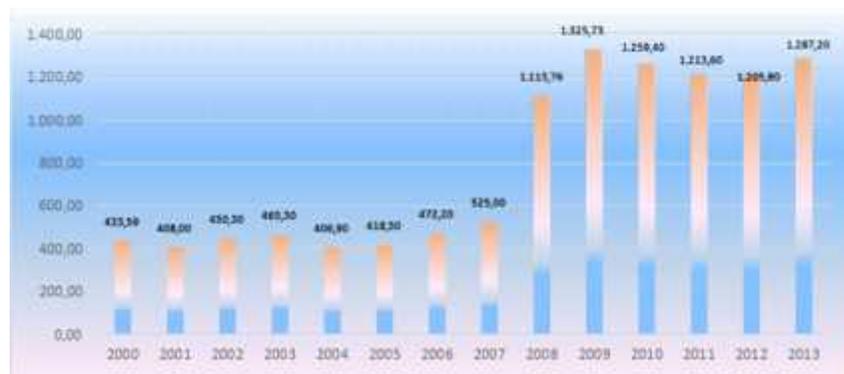


Fuente: Elaboración propia con base en los datos del Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico de COMIBOL

El estaño ocupa el segundo lugar en el valor de las exportaciones mineras de Bolivia, aún significa un rubro importante en la generación de divisas para el país; sin embargo, la participación nacional en la producción mundial en promedio no rebasa el 6,3% durante el periodo 2000-2013, por lo cual no es relevante.

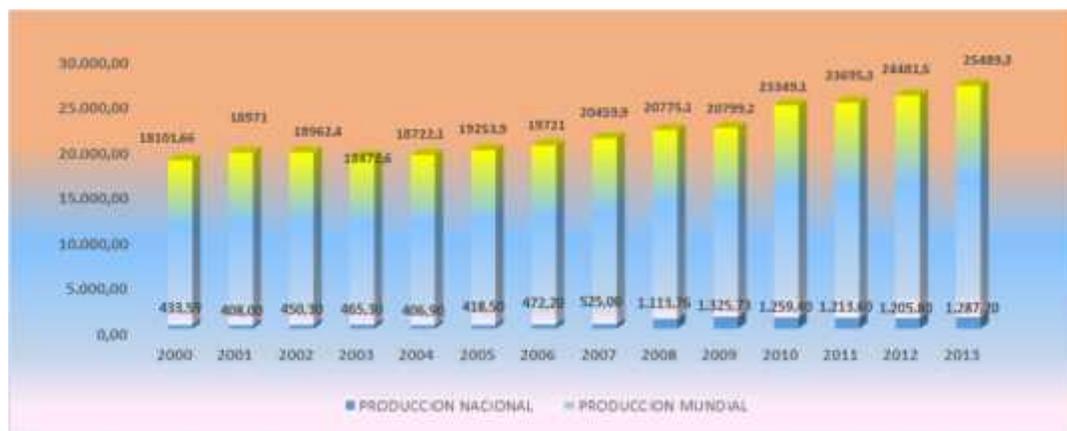
No obstante, a partir del segundo semestre del año 2003, suben las cotizaciones del estaño y las producciones se incrementan, tanto en la minería mediana, cooperativizada y chica, aunque a muchos operadores sorprendió este factor, porque muchas unidades de producción se encontraron sin labores de reconocimiento y preparación para su explotación.

**Gráfica N° 17**  
**PRODUCCIÓN NACIONAL DE PLATA**  
(En Toneladas Métricas)



**Fuente:** Elaboración propia con base en los datos del Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico de COMIBOL

**Gráfica N° 18**  
**PARTICIPACIÓN DE LA PRODUCCIÓN NACIONAL DE PLATA EN LA PRODUCCIÓN MUNDIAL**  
(En Toneladas Métricas)



**Fuente:** Elaboración propia con base en los datos del Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico de COMIBOL

La producción nacional de la Plata durante el periodo 2000-2013 en promedio representa el 3,92%

### 5.3 PRECIO

Los precios de los metales se hallan controlados por los mercados de metales de Londres, New York y de Penan. Durante las gestiones 2009-2012 el estaño volvió a cobrar relevancia con una tendencia creciente en la demanda insatisfecha de los países industrializados. Sin embargo, debido a la actual coyuntura es importante realizar una proyección del precio de este mineral, empleando los precios históricos de la siguiente manera.<sup>25</sup>

#### 5.3.1 Precios Históricos

Los precios históricos oficiales de los minerales de Estaño y Plata, se detallan en la figura de la página siguiente:

Gráfica N° 19  
EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS PRECIOS DEL ESTAÑO Y PLATA  
PERIODO 2000-2013  
(En Dólares Americanos)



Fuente: Elaboración propia con base en los datos del Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico de COMIBOL

<sup>25</sup> Dirección de Proyectos de COMIBOL.

### 5.3.2 Precios de los minerales para el presente documento.

De acuerdo a las cotizaciones oficiales establecidas por el Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, los precios que se consideran para calcular los ingresos económicos del presente trabajo son los siguientes:

Estaño = 5,65 \$us/ LF  
Plata = 6,12 \$us/O.T.

### 5.4 Producto Interno Bruto Minero

El promedio de participación del PIB del sector minero fue de 7,1% con respecto al PIB nacional en el período 1980-1985, siendo el nivel más alto del período 1980-2000 (ver cuadro). Después de la crisis minera de los años 80, la importancia del PIB minero en el PIB nacional entró en una fase de tendencia decreciente, con períodos cortos de recuperación, como entre los años 1988-1990 y 1994-1997.

**Cuadro N° 4**  
**PRODUCTO INTERNO BRUTO MINERO Y PARTICIPACIÓN EN EL PIB NACIONAL**  
**PERIODO 1980-2013**  
**(Expresado en Millones de Bolivianos)**

Descripción	Unidad	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Bo. de 1980		1.280.100	1.286.772	1.175.805	1.115.237	895.843	712.997	523.658	557.162	676.513	850.850	858.019
PIB Total	Bo. de 1980	15.361.208	15.303.261	14.701.834	14.104.378	14.078.713	13.847.011	13.485.735	13.817.653	14.719.387	14.758.341	15.443.131
% del Total	Porcentaje	8,2%	8,4%	8,0%	7,9%	6,4%	5,7%	3,9%	4,0%	4,6%	5,8%	6,2%

Descripción	Unidad	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Bo. de 1980		892.281	1.002.820	1.480.044	1.690.501	1.781.212	1.121.861	1.111.112	1.131.175	1.049.886	1.046.808	1.063.819
PIB Total	Bo. de 1980	18.268.495	18.829.115	17.338.678	15.833.725	18.827.348	18.700.708	20.878.718	21.718.875	21.804.328	21.858.285	22.732.703
% del Total	Porcentaje	4,9%	5,3%	8,5%	10,7%	9,4%	5,9%	5,3%	5,2%	4,8%	4,8%	4,7%

Descripción	Unidad	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013 (P)
Bo. de 1980		1.066.081	1.073.746	988.186	1.080.312	1.160.314	1.265.995	1.954.416	2.148.307	2.061.999	2.130.192	2.077.816	2.055.474
PIB Total	Bo. de 1980	23.297.731	23.829.417	24.828.052	26.030.740	27.278.913	28.534.027	38.277.826	31.294.253	32.585.680	34.271.640	36.046.688	38.487.830
% del Total	Porcentaje	4,6%	4,5%	4,0%	4,2%	4,3%	4,4%	5,1%	6,8%	6,3%	6,3%	5,8%	5,4%

Fuente: Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico de COMIBOL

Del cuadro precedente se infiere que mientras el PIB nacional creció a una tasa anual media de 3.66%, el PIB minero no acompañó ese ritmo llegando a tener tasas negativas como en 1996, 1998, 2001 e incluso el año 2004, sin embargo el despegue en los precios internacionales coadyuvo a un crecimiento fuerte en las tasas posteriores de crecimiento logrando un comportamiento promedio de 3.52%.

Según los datos disponibles, el PIB del sector minero en el periodo 1988-2006 ha mostrado un comportamiento relativamente homogéneo en cuanto a su participación en el PIB total con un promedio de aproximadamente 5.7% y un rango de variación del orden del 0.8% en la participación respecto del promedio. Asimismo, es importante observar que, en el periodo considerado, el PIB de la minería a precios de 1990 ha experimentado un decrecimiento únicamente en los años 1996 (-4.72%) y 1999 (-5.63%).

Por otra parte, la caída del PIB del estaño en el PIB nacional en la primera mitad de la década del 80 y su franca disminución en la década del 90, sumada a la tendencia decreciente del PIB del oro, el zinc y la plata en el PIB nacional, configuran la tendencia decreciente del PIB del sector minero en la economía del país. La disminución de la participación del PIB del sector minero en el PIB nacional pasa de alrededor de 7% en los primeros años 80 a alrededor de 3,5% en las postrimerías de los 90. La recuperación del PIB minero no significó la recuperación de la importancia del sector en la economía nacional a los niveles previos a la crisis minera.

La mayor importancia de la minería desde el ángulo de la exportación que desde el punto de vista del PIB, significa que, en Bolivia, los productos del sector minero son bienes comerciales por excelencia<sup>26</sup>. Esta propiedad de los productos mineros convierte al sector en generador natural de divisas para el país.

Dentro de las perspectivas de crecimiento del sector minero en términos económicos, concepto que va asociado al Producto Interno Bruto, cuya variable muestra si un país o un sector aumentan o disminuyen el nivel de producción de bienes o servicios. En este marco, durante los años de 2001 a 2004, se observa que el producto minero mantuvo una tendencia de crecimiento desapercibida, a excepción de 2004.

En la gestión 2005, el sector minero tuvo un comportamiento general positivo en un 11.55% respecto a la gestión 2004.

La actividad de Minerales Metálicos y No metálicos en el año 2005 tuvo una participación de 3,53% en el Producto Interno Bruto, con una incidencia de 0,44% y un crecimiento de 11,55% respecto a similar periodo del año anterior, explicada por el incremento en el volumen de producción de Antimonio 72,10%; la recuperación en la extracción de Oro que creció en 44,45%; Cobre 3,20%; Wólfram 29,64%; Zinc 6,50%; Plomo 8,20%; Estaño 3,20% y Plata 1,87%.<sup>27</sup>

---

<sup>26</sup> (Loayza y Franco, 2001)

<sup>27</sup> Análisis de la Actividad Económica Gestión 2005. INE

### 5.5 Ingresos Estatales por la producción de minerales concentrados de Estaño y Plata.

**Cuadro N° 5**  
**EVOLUCIÓN DE LOS INGRESOS ESTATALES POR LA VENTA DE CONCENTRADOS DE**  
**ESTAÑO Y PLATA**  
**PERIODO 1980-2013**  
**(Expresado en Millones de Dólares Americanos)**

Descripción	Unidad	1981	1990	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
<b>Total</b>	<b>Us\$</b>	99.090.763	81.469.000	27.704.297	79.217.546	25.044.876	37.482.089	29.950.410	25.795.806	34.062.462	21.407.454	-
<b>Zinc</b>	K.F.	51.465.213	27.811.123	20.558.122	10.958.800	8.387.812	7.285.188	5.875.188	6.658.098	8.331.007	2.041.201	-
	Sub	34.694.455	34.714.156	19.552.564	10.534.888	1.837.941	7.452.774	11.794.714	5.650.892	8.178.600	3.518.270	-
<b>Estaño</b>	K.F.	7.372.277	2.661.990	6.310.522	5.213.712	3.967.258	3.925.738	2.180.395	3.455.467	4.524.921	3.504.944	-
	Sub	11.289.631	24.695.602	26.150.214	28.117.216	23.286.909	29.036.011	16.312.104	19.111.118	21.812.062	21.108.191	-
<b>Oro</b>	K.F.	12	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sub	140.411	28.687	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Plata</b>	K.F.	112.710	89.055	14.803	1.086	-	-	-	-	-	-	-
	Sub	12.821.152	12.462.951	1.596.100	180.744	-	-	-	-	-	-	-

Descripción	Unidad	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013(p)
<b>Total</b>	<b>Us\$</b>	-	-	-	-	8.346.768	111.744.738	146.852.490	137.280.389	206.083.492	250.008.331	238.482.286	251.138.943
<b>Zinc</b>	K.F.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.421.856	14.678.650
	Sub	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.425.828	27.685.203
<b>Estaño</b>	K.F.	-	-	-	-	74.512	7.658.921	7.076.080	9.969.886	9.720.923	9.603.156	10.246.520	11.079.654
	Sub	-	-	-	-	5.348.755	111.774.738	146.882.705	135.815.898	198.733.257	241.328.911	217.823.917	248.031.889
<b>Oro</b>	K.F.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sub	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Plata</b>	K.F.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sub	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico de COMIBOL

Durante las últimas tres décadas del siglo XX, los ingresos generados por la Corporación Minera de Bolivia por concepto de la Venta de Minerales, asciende a un promedio de 80 Millones de Dólares Americanos; sin embargo, en el Siglo XXI debido a la política aplicada mediante el Decreto Supremo 21060 (terciarización de la producción nacional del estaño hacia el sector privado) conllevó a que la Corporación Minera de Bolivia no genere ningún ingreso durante el periodo 2001-2005. Posteriormente gracias al Decreto Supremo 28901 de 31-10-2006, la Empresa Minera Huanuni (Ex RBG Huanuni) pasa al sector como parte de la COMIBOL, con lo que desde la gestión 2006 el promedio de Ingresos Estatales de la COMIBOL, por concepto venta de concentrados de estaño asciende a 129 Millones de Dólares Americanos. Por una producción promedio de 7 Mill de Kilos Finos anuales.

Sin embargo, las reservas estatales de estaño están disminuyendo, fruto de la explotación indiscriminada en áreas selectivas sin la aplicación del desarrollo de la mina y la exploración de nuevos yacimientos. Por tanto las colas y relaves estatales de estaño, se convierten en una alternativa inmediata para incrementar la producción y la generación de ingresos

## 5.6 Impuestos.

En las últimas dos décadas, la distribución de las rentas mineras cambió de la administración y uso desde el gobierno central, a la administración y uso descentralizado de las regiones, a través de los Gobiernos Autónomos Departamentales. Los Gobiernos Autónomos Departamentales son el poder ejecutivo departamental, compuesto por el Gobernador y la Asamblea Departamental. Departamental.<sup>28</sup>

Antes de la reforma del régimen impositivo de 1991, un porcentaje variable de las rentas mineras se destinaba a los departamentos productores y el porcentaje restante, mayor al de las regiones, al Tesoro General de la Nación.

La Ley de Descentralización Administrativa (Ley N° 1654, 1995) consolidó las rentas mineras como ingresos de Los Gobiernos Autónomos Departamentales de los departamentos productores.

El Código de Minería de 1997 establece el destino directo del 100% de las regalías mineras, que se originan en el ICM, a las prefecturas de los departamentos productores.

De esta manera, las rentas mineras se consolidaron, en forma plena, como ingresos de los departamentos productores del recurso mineral.

No ha sido reglamentada la participación de las localidades en las rentas mineras departamentales, tales como los municipios y las comunidades en donde se explotan los recursos mineros. En la metodología de asignación de las rentas departamentales, entre los municipios y las comunidades, no existen una relación específica entre la estructura de gastos y la estructura de fuentes de recursos. La estructura del gasto depende de consideraciones políticas de las regiones con mayor gravitación o poder en el departamento como las ciudades capitales. Por lo tanto, es posible que las regalías mineras financien, por ejemplo, proyectos de desarrollo agropecuario, de las ciudades capitales, de los municipios o comunidades mineras (Loayza, Franco, *et. al.*, 2000).

**Cuadro 6**  
**REGALÍAS E IMPUESTOS POR SUBSECTORES**  
**PERIODO 1980-2012**  
**(Expresado en Dólares Americanos)**

Descripción	Unidad	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
<b>Total</b>	<b>\$m</b>	127 523 967	57 168 358	48 284 327	46 467 075	37 851 745	34 103 050	2 397 616	3 966 283	6 519 776	18 146 706	3 524 866
<b>Sub Total Regalías</b>	<b>\$m</b>	127 523 967	57 168 358	48 284 327	46 467 075	37 851 745	34 103 050	2 397 616	3 966 283	6 519 776	18 146 706	3 524 866
<b>COMBOL</b>	<b>\$us</b>	82 807 163	36 820 961	29 380 447	20 628 195	21 285 54	10 285 821	1 162 038	121 532	1 388 035	1 193 050	1 280 861
<b>Mm. Mediana</b>	<b>\$us</b>	26 548 119	12 394 056	11 334 302	11 90 314	6 390 720	8,70 2259	614,750	2 022 426	3,670 038	6,131 694	1,416 250
<b>Mm. Chirica</b>	<b>\$us</b>	11 088 360	8 882 742	7 336 557	5 419 364	5 191 179	5 734 270	290 815	721 581	1 441 977	3 545 862	2 421 735
<b>Sub Total IMF</b>	<b>\$us</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<sup>28</sup> Minería, minerales y desarrollo sustentable. Sección II Capítulo 4

Descripción	Unidad	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Total	\$us	7.498.914	8.196.477	3.540.548	4.754.381	6.289.457	7.328.528	11.691.420	11.773.899	13.242.462	12.57.893	7.598.021
Sub Total Regaíses	\$us	7.496.914	8.196.477	3.540.548	4.627.357	6.289.336	6.215.423	11.833.891	6.427.458	7.418.533	7.990.548	6.678.069
COMIBOL	\$us	1.252.072	1.664.609	232.797	377.827	256.726	313.743	524.223	375.000	904.320	672.216	833
Mín. Mediana	\$us	4.434.057	4.760.357	7.638.871	3.990.955	4.460.050	5.772.225	7.632.555	4.932.345	5.515.717	5.645.854	5.661.507
Mín. China y Coop.	\$us	1.888.972	1.721.458	87.730	58.585	60.120	828.758	2.477.091	918.507	1.091.388	1.376.758	1.008.128
Sub Total ME(*)	\$us	--	--	--	128.944	1.340.121	1.164.500	617.529	3.264.432	5.891.529	261.381	927.352

Descripción	Unidad	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Total	\$us	7.127.989	6.698.757	12.333.735	58.837.548	68.713.958	188.518.297	193.248.987	195.818.497	256.741.864	304.231.358	335.368.333
Sub Total Regaíses	\$us	6.516.282	6.236.507	3.678.378	11.290.337	17.967.188	68.746.380	84.119.872	82.814.589	120.731.210	167.862.393	188.909.446
COMIBOL	\$us	16.830					6.009.011	8.919.001	1.803.111	1.279.193	2.472.468	1.523.000
Mín. Mediana	\$us	5.422.420	4.148.361	1.023.046	9.891.406	11.012.515	29.201.830	65.920.601	62.482.661	30.488.526	114.145.311	51.576.268
Mín. China y Coop.	\$us	988.009	1.201.529	4.656.300	4.458.121	16.151.651	22.101.441	21.472.391	14.968.891	29.175.190	52.143.110	41.010.178
Sub Total ME(*)	\$us	781.320	680.280	2.454.759	15.747.009	18.745.684	49.563.834	89.038.435	42.883.823	138.030.354	228.268.963	195.460.687

(\*) Datos preliminares  
 (\*) Incluye China, África del Sur, Australia, Canadá y otros países.  
 Fuente: Organización Mundial de Exportación y Comercio de minerales y metales.  
 Elaboración: Unidad de Análisis de Política Minera,  
 Ministerio de Minería y Metalurgia.

**Fuente:** Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico de COMIBOL

El sector minero boliviano, que ha sido la base del desarrollo económico y social del occidente y contribuyera al despegue económico y social del oriente, en las dos últimas décadas viene experimentando una disminución sostenida de su aporte a la economía nacional, en términos del PIB y el valor de exportación, debido a la tendencia decreciente del precio internacional de los minerales, con presencia de momentos de recuperación y de recesión.

La respuesta a la crisis minera fue el cambio tecnológico, que significa la introducción de métodos masivos de explotación, y la diversificación de la minería, del estaño al oro y el complejo zinc-plata-plomo. Las nuevas inversiones en el sector se dirigen a la búsqueda de yacimientos de estos minerales. El uso de tecnologías para la explotación masiva característico de la nueva minería hace que los yacimientos con mayor probabilidad de explotarse sean los yacimientos mayores, lo que podría retardar la implementación de nuevos proyectos mineros.

Con alrededor de 90% de su potencialidad minera sin explotar, Bolivia ofrece el escenario natural para la implementación de nuevos proyectos mineros.

A pesar de la crisis minera estatal y la subsecuente pérdida de su preponderancia en la economía nacional, este sector puede desempeñar un rol importante en la economía nacional, en especial en la economía de las regiones de larga tradición minera como Potosí y Oruro. En primer lugar porque este sector produce bienes comerciables y, como tal, genera divisas para el país, en segundo lugar, porque dinamiza la economía regional en los departamentos de tradición minera (Loayza y Franco, 2001), y en tercer lugar porque como consecuencia de 50 años de explotación minera de los yacimientos minerales de estaño, plata, cobre, etc, se han originado pasivos ambientales denominado colas, relaves y desmontes, mismos que brindan la posibilidad de ser reprocesados con tecnología de punta y la obtención de estos minerales que en

la actualidad poseen un alto valor comercial, pudiéndose generar recursos económicos frescos para la minería estatal y el país en general.

### **5.7 CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Con el contenido del presente capítulo se cumple con el cuarto y quinto objetivo del presente documento, siendo que se ha demostrado la existencia de una demanda insatisfecha para los minerales tradicionales de Estaño y Plata, toda vez que para la plata se establece una demanda insatisfecha anual promedio de 3.490.- toneladas durante el periodo 2014-2019. Asimismo para el Estaño, se estima una demanda insatisfecha de 21,09 Miles de Toneladas anuales durante el mismo periodo.

Asimismo, se hizo un análisis de la producción nacional de estaño y plata, la participación del sector minero en el Producto Interno Bruto Nacional, los ingresos estatales generados y el aporte impositivo del sector minero estatal al TGN.

---

## *Capítulo VI.*

*Inversiones requeridas y valor económico potencial de los recursos minerales contenidos en las Colas, Relaves y Desmontes de Estaño y Plata.*

---

**CAPITULO VI****INVERSIONES REQUERIDAS Y VALOR ECONÓMICO POTENCIAL DE LOS RECURSOS MINERALES CONTENIDOS EN LAS COLAS RELAVES Y DESMONTES DE ESTAÑO Y PLATA****6.1 COMPORTAMIENTO DE LAS INVERSIONES EN EL SECTOR MINERO.**

En la primera mitad de los años 80, las condiciones macroeconómicas prevalecientes en el país no fueron favorables para las inversiones, en especial para las inversiones privadas, debido a la dramática inestabilidad económica y social que se vivió en ese período. La tasa de inflación anual, a partir de septiembre de 1984, superó el 1.000% y, en agosto de 1985, llegó a 20.561%. El abandono en ese momento del capitalismo de Estado y la instauración de un modelo de economía de mercado, crearon condiciones más propicias para la inversión en Bolivia, incentivando de esta manera la llegada de nuevas inversiones y la atracción de capitales externos hacia el sector minero.

La inversión privada en el sector minero en 1985 fue de US\$ 5 millones, el nivel más bajo del período 1985-2000. (ver cuadro página siguiente)

La inversión pública en el sector minero, no obstante el cambio del modelo económico, creció entre los años 1987 y 1990, disminuyendo a partir de ese año, hasta llegar a cero en 1998. La inversión privada del sector minero, después del establecimiento del modelo económico de mercado, tuvo crecimiento significativo respecto a 1985. Como resultado de sus políticas de atracción de inversiones del exterior, las empresas mineras más importantes se asociaron a capitales externos.

Luego de la crisis minera y el establecimiento de condiciones favorables para la inversión, los principales flujos se orientaron hacia proyectos de explotación de oro y los poli metálicos de zinc-plata-plomo. La inversión más importante fue realizada entre 1990 y 1992 por la minera Inti Raymi, empresa conformada, en ese entonces, por la Boliviana Zeland Mines y la norteamericana Battle Mountain Gold Company para la implementación del proyecto de sulfuros de Kori Kollo, Inti Raymi invirtió 115 millones de dólares americanos, cuyo principal componente fue la instalación de la planta de lixiviación por agitación. La aplicación de esta empresa aportó de manera significativa al incremento de la inversión del sector en los años referidos.<sup>29</sup> Inti Raymi se constituyó así en el caso paradigmático de la nueva minería en Bolivia.

---

<sup>29</sup> (Loayza y Franco, 2001.).

**Cuadro N° 7**  
**INVERSIONES EN MINERÍA**  
**PERIODO 1985-2013**  
**(En millones de Bolivianos)**

Descripción	Unidad	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Total	MM Sus	216	13,5	25,9	42,2	40,8	10,5	64,3	124,7	24,8	74,1
Pública	MM Sus	16,8	5	10,1	77,2	33,7	75,5	15,3	3,9	3,5	5
Privada	MM Sus	8,8	8,5	15,8	15	8,8	11	48	114,8	21,3	69,1

Descripción	Unidad	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Total	MM Sus	115,1	24,8	37,2	48	43,5	48,7	40,6	38,2	24,5	31,2
Pública	MM Sus	4,4	3,1	3,4	-	-	-	-	8,4	4,5	3,2
Privada	MM Sus	111,7	21,8	33,8	48	43,5	48,7	40,6	31,8	20	28

Descripción	Unidad	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013 (p)
Total	MM Sus	285,8	350,2	401,3	245,0	167,8	130,3	223,0	221,8	124,8
Pública	MM Sus	6,1	7,2	5,8	35,4	47,7	77,4	90,7	70,8	115,2
Privada	MM Sus	280,0	343,0	395,5	209,6	120,1	102,9	132,3	151,0	9,6

Fuente: Dossier Estadístico del Sector Minero Metalúrgico de COMIBOL

Durante la década de los noventa, las principales inversiones en los polimetálicos de zinc-plata-plomo fueron las realizadas por la Compañía Minera del Sur (COMSUR), empresa boliviana asociada a la transnacional Río Tinto Zinc, que invirtió alrededor de US\$ 17 millones para la instalación del método de minería sin rieles y una moderna planta de tratamiento de minerales complejos de zinc-plata-plomo en la mina Porco, entre 1991 y 1992. Posteriormente, entre 1993 y 1994, ésta misma empresa invirtió alrededor de 13 millones de dólares americanos en la planta de tratamiento de minerales complejos de zinc-plata-plomo en la mina Bolívar.<sup>30</sup>

Finalmente, la empresa Andean Silver invirtió cerca de US\$ 100 millones en el complejo metálico zinc-plata-plomo de San Cristóbal, norte de Potosí, entre 1996 y 2000 (Banco Central de Bolivia, 1999). Se estima que la inversión total de ese proyecto alcanzó a US\$ 500 millones, lo que sería la mayor inversión privada de la historia minera boliviana.

Posteriormente, durante el primer semestre de 2003 la Inversión Extranjera Directa en explotación y exploración de minas y canteras muestra una importante disminución (132%) con respecto al periodo anterior; (\$us3,1 millones vs. \$us7,2 millones, respectivamente).

La empresa minera Esperanza Silver Corporation compró el 100% de la propiedad del proyecto de plata Atocha en Bolivia, de manos de General Minerals Corporation Limited, generando nuevas expectativas de inversión en el sector. Entre las

<sup>30</sup> (Rivas, 1998).

principales medidas destacan la ampliación del Programa Minero de Empleo Productivo, que permitió incrementar la producción de Estaño y Zinc, a la vez de asegurar las fuentes de trabajo de los mineros. Asimismo, la mina Huanuni (ahora perteneciente al estado), alcanzó utilidades de \$us180.000 mensuales, gracias a la reinversión planificada de las ganancias de la misma.

En el 2004, el sector minero asistió a una influencia positiva resultante de continuos incrementos en los precios de los minerales, por la mayor demanda internacional, creando expectativas de mayor crecimiento en el sector para los próximos años.

De la misma manera, las inversiones en el sector minero se incrementaron, debido a la caída del dólar estadounidense -que se encuentra en el nivel más bajo frente a la libra esterlina desde 1992, además de en su mínimo histórico contra el euro presentando nuevas oportunidades rentables en el sector.

Adicionalmente, se incrementó la producción y exportación de plata y oro por la puesta en marcha del proyecto de plata en Atocha, de la apertura de la mina Kori Chaca y por nuevas disposiciones legales que promuevan la reactivación minera.

La participación de la inversión sobre el producto interno bruto se duplicó de 12.53% en 1990 a 23.9% en 1998. Después volvió a descender (1999). Sin embargo, los efectos sobre el empleo y crecimiento del producto son poco visibles dada la calidad de la inversión en capital fijo, con escasa generación de empleo, incidiendo en una leve participación del sector hidrocarburos, petróleo crudo y gas natural en la generación del PIB. La participación del sector hidrocarburos, petróleo crudo y gas natural en la generación del PIB tan sólo subió del 4.3% en 1990 a 6.04% el año 2000.

## **6.2 INVERSIONES REQUERIDAS EXPLOTACION DE LAS COLAS RELAVES Y DESMONTES Y BALANCE DE INGRESOS Y EGRESOS.**

### **6.2.1 Colas Relaves San Miguel-Potosí <sup>31</sup>**

#### **6.2.1.1 Inversiones Fijas. (Ver página siguiente)**

---

<sup>31</sup> Información elaborada por la Dirección de Proyectos de COMIBOL

**Cuadro N° 8**  
**Inversiones Fijas Requeridas en las Colas Relaves San Miguel**  
**(Expresado en Dólares Americanos)**

ITEM	DETALLE	TOTAL (\$us)
1	Corte y acopio de Colas	2.631.190,28
2	Transporte de Colas	1.559.223,87
3	Equipo y maquinaria concentración gravimétrica	5.412.000,00
4	Equipo y maquinaria lixiviación Ácida	3.017.000,00
5	Equipo y maquinaria lixiviación Básica	3.150.000,00
6	Const. Infraestructura Edificio incluye fundamentos de equip y mag.	2.315.800,00
7	Instalación y montaje de equipo 7%	810.530,00
8	Instalación conductos de agua y pulpa 5%	578.950,00
9	Electrificación incluye tsbleros de control 10%	1.157.900,00
10	Servicios de agua a la planta y dispositivos de conducción 2%	231.580,00
11	Automatización 2%	231.580,00
12	Equipo y Maquinaria Pesada	930.000,00
13	Vehículos	393.000,00
14	Edificaciones y Construcciones	450.000,00
15	Muebles y enseres	27.408,00
16	Equipo de Computación y comunicación	39.000,00
17	Laboratorio Químico	150.000,00
18	Construcción de Dique de Colas	2.953.980,74
	<b>TOTAL</b>	<b>26.039.142,89</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base a datos incluidos en el Estudio de "Remediación ambiental y Reprocesamiento de Relaves San Miguel de Dir. De Proy. COMIBOL" 2007.

### 6.2.1.2 Inversiones Diferidas

**Cuadro N° 9**  
**Inversiones Diferidas Requeridas en las Colas Relaves San Miguel**  
**(Expresado en Dólares Americanos)**

ITEM	DETALLE	TOTAL (\$us)
1	Elaboración del estudio de prefactibilidad	20.000,00
2	Terreno	1.000.000,00
3	Pruebas metalúrgicas	400.000,00
4	Estudio de Impacto Ambiental	30.000,00
5	Puesta en Marcha	100.000,00
6	Trámites y asuntos sociales	250.000,00
7	Imprevistos 10%	180.000,00
	<b>TOTAL</b>	<b>1.980.000,00</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base a datos incluidos en el Estudio de "Remediación ambiental y Reprocesamiento de Relaves San Miguel de la Dir. De Proy. COMIBOL" 2007.

### 6.2.1.3 Capital de Trabajo

Considera aquellos recursos que requiere el proceso para atender las operaciones de producción y contempla los recursos monetarios necesarios para dar inicio al ciclo productivo del proyecto en su fase de funcionamiento. En este sentido, de acuerdo a los costos de producción para cada proceso detallado en el punto 5.2.1.1, el Costo Labor asciende a \$us. 1.605.760,00 (**2 meses**).

### 6.2.1.4 Estructura de la Inversión Total

**Cuadro N° 10**  
**INVERSION TOTAL COLAS SAN MIGUEL**  
**(Expresado en Dólares Americanos)**

ITEM	DETALLE	TOTAL (\$us)
<b>a</b>	<b>INVERSION FIJA</b>	<b>26.039.142,89</b>
1	Corte y acopio de Colas	2.631.190,28
2	Transporte de Colas	1.559.223,87
3	Equipo y maquinaria concentración gravimétrica	5.412.000,00
4	Equipo y maquinaria lixiviación Ácida	3.017.000,00
5	Equipo y maquinaria lixiviación Básica	3.150.000,00
6	Const. Infraestructura Edificio incluye fundamentos de equip y maq	2.315.800,00
7	Instalación y montaje de equipo 7%	810.530,00
8	Instalación conductos de agua y pulpa 5%	578.950,00
9	Electrificación incluye tsbleros de control 10%	1.157.900,00
10	Servicios de agua a la planta y dispositivos de conducción 2%	231.580,00
11	Automatización 2%	231.580,00
12	Equipo y Maquinaria Pesada	930.000,00
13	Vehículos	393.000,00
14	Edificaciones y Construcciones	450.000,00
15	Muebles y enseres	27.408,00
16	Equipo de Computación y comunicación	39.000,00
17	Laboratorio Químico	150.000,00
18	Construcción de Dique de Colas	2.953.980,74
<b>b</b>	<b>INVERSION DIFERIDA</b>	<b>1.980.000,00</b>
1	Elaboración del estudio de prefactibilidad	20.000,00
2	Terreno	1.000.000,00
3	Pruebas metalúrgicas	400.000,00
4	Estudio de Impacto Ambiental	30.000,00
5	Puesta en Marcha	100.000,00
6	Trámites y asuntos sociales	250.000,00
7	Imprevistos 10%	180.000,00
<b>c</b>	<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>	<b>1.605.760,00</b>
	<b>TOTAL a + b + c</b>	<b>29.624.902,89</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base a datos incluidos en el Estudio de "Remediación ambiental y Reprocesamiento de Relaves San Miguel de la Dir. De Proy. COMIBOL" 2007.

Según estudios de la Dirección de Proyecto de COMIBOL, la inversión total para el Tratamiento de Colas San Miguel es de: \$us. 29.654.902,89. Donde la Inversión Fija es de \$us 26.039.142,89 que representa en términos relativos el 87,8% y la Inversión Diferida es de: \$us. 2.010.000,00 que es el 6,78%, y el Capital de Trabajo \$us. 1.605.760,00, el 5,42% de la inversión Total.

La inversión total del proyecto será asumida por COMIBOL en un 100%. El proyecto deberá amortizar anualmente a la institución con un costo financiero de 9%.

### 6.2.1.5 Costos de Operación Planta

Los costos son calculados estimados de los recursos que requiere el proyecto y que tienen relación directa o indirecta con el proceso de producción o tratamiento de las Colas y Relaves San Miguel en todas sus fases (producción

administración y comercialización). En otros términos el costo el proyecto es cualquier flujo de recursos e insumos que se hallan inmediatamente comprometidos con el proyecto o consumido totalmente por aquel.

**Cuadro N° 11**  
**COSTOS DE OPERACIÓN DE LA PLANTA**  
**(Expresado en Dólares Americanos)**

ITEM	DETALLE	COCENTRACION	L. ACIDA	L. BASICA	TOTAL \$us.
1	Costo Labor Directa	47.713,41	21.568,00	117.344,00	186.625,41
2	Repuestos	43.450,00	16.016,00	33.300,00	92.766,00
3	Materiales e Insumos	62.296,00	15.470,00	533,00	78.299,00
4	Grasas y Aceites	4.724,00	4.914,00	899,00	10.537,00
5	Reactivos y Combustibles	46.556,00	55.520,00	160.462,84	262.538,84
6	Mantenimiento		20.930,00		20.930,00
7	Agua	30.940,25		16.172,00	47.112,25
8	Energía Eléctrica	62.249,03	14.706,89	12.189,12	89.145,04
9	Otros Costos		14.912,00		14.912,00
<b>TOTAL</b>		<b>297.928,69</b>	<b>164.036,89</b>	<b>340.899,96</b>	<b>802.865,54</b>
<b>P. UNIT (\$us/Ton)</b>		<b>5,73</b>	<b>3,15</b>	<b>6,56</b>	<b>15,44</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base a datos incluidos en el Estudio de "Remediación ambiental y Reprocesamiento de Relaves San Miguel de la Dir. De Proy. COMIBOL" 2007.

El costo unitario del proyecto es de 15,44 \$us/Ton.

El costo de operación calculado para las plantas de concentración, lixiviación ácida y básica se resume de la siguiente manera:

**Cuadro N° 12**  
**RESUMEN DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN DE LA PLANTA SAN MIGUEL**  
**(Expresado en Dólares Americanos)**

PLANTA	\$us/mes	\$us/año	\$us/ton
P. Concentradora Estaño	297.928,69	3.575.144,28	5,73
P. Lixiviación ácida	164.037,00	1.968.444,00	3,15
P. Lixiviación básica	340.920,00	4.091.040,00	6,56
<b>TOTAL</b>		<b>9.634.628,28</b>	

**Fuente:** Elaboración propia con base a datos incluidos en el Estudio de "Remediación ambiental y Reprocesamiento de Relaves San Miguel de la Dir. De Proy. COMIBOL" 2007.

En síntesis, la inversión total requerida del proyecto, corresponde al monto de \$us.29.654.903, según informes de la Dirección de Proyectos de COMIBOL.

#### 6.2.1.6 Balance de Ingresos y Egresos Colas San Miguel.

La vida de operación planificada es 6 años de producción, durante este tiempo se producirán lingotes de plata, oro, lingotes de cobre y concentrados de estaño con un valor de \$us.131.313.804, y los costos de operación ascienden a \$us.57.807.770.-, obteniéndose una utilidad bruta de \$us.73.506.034.-, de acuerdo al siguiente resumen:

**Cuadro N° 13**  
**Balance de Ingresos y Egresos proyectados Colas San Miguel**  
**(Expresado en Dólares Americanos)**

Descripción	\$us
Valor Neto del concentrado	131.313.804,00
Costo de tratamiento	57.807.770,00
<b>Utilidad Bruta San Miguel</b>	<b>73.506.034,00</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base a datos incluidos en el Estudio de "Remediación ambiental y Reprocesamiento de Relaves San Miguel de la Dir. De Proy. COMIBOL" 2007.

## 6.2.2 Colas Arenas Catavi

### 6.2.2.1 Parámetros de Diseño e Índices metalúrgicos de la Planta Colas Arenas Catavi

**Cuadro N° 14**  
**Diseño e Índice Metalúrgicos Planta Colas Arenas Catavi**

PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR
Capacidad Instalada	Ton/día	5000.00
Capacidad mensual	Ton/mes	130.00000
Ley de mineral promedio	%Sn	0,29
Ley del concentrado	%Sn	50,82
Recuperación	%	58,61
Tiempo de operación	Días/mes	26,00
Costo de tratamiento estimado	\$us/ton	4,00

**Fuente:** Elaboración propia con base a datos incluidos en el Estudio de "Tratamiento Colas Arenas Catavi de la Dir. De Proy. COMIBOL" 2007.

### 6.2.2.2 Cuantificación de la Inversión Colas Arenas Catavi.

Según la Dirección de Proyectos de COMIBOL, la inversión estimada en equipo, maquinaria y otros se detallan a continuación:

**Cuadro N° 15**  
**Inversión Requerida Planta Colas Arenas Catavi**  
**(Expresado en Dólares Americanos)**

Descripción	Inversión \$us
Equipos y maquinarias	6.500.000,00
Obras Civiles e instalación	2.990.000,00
Dique de Colas	2.500.000,00
Otros (10%)	119.900,00
<b>TOTAL</b>	<b>12.109.900,00</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base a datos incluidos en el Estudio de "Tratamiento Colas Arenas Catavi de la Dir. De Proy. COMIBOL" 2007.

### 6.2.2.3 Balance de ingresos y egresos Colas Arenas Catavi

**Cuadro N° 16**  
**Balance de Ingresos y Egresos proyectados Colas Arenas Catavi**  
**(Expresado en Dólares Americanos)**

Descripción	\$us
Valor Neto del concentrado	196.193.862,00
Costo de tratamiento	78.000.000,00
<b>Utilidad Bruta Catavi</b>	<b>118.193.862,00</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base a datos incluidos en el Estudio de "Tratamiento Colas Arenas Catavi de la Dir. De Proy. COMIBOL" 2007.

### 6.2.3 Inversiones en el Tratamiento Metalúrgico Colas antiguas Telamayu.

#### 6.2.3.1 Parámetros de Diseño

**Cuadro N° 17**  
**Diseño e Índice Metalúrgicos Planta Colas Antiguas Telemayu**

PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR
Capacidad Instalada	Ton/día	1000,00
Capacidad mensual (26 días)	Ton/mes	26.000,00
Ley de mineral promedio	%Sn	1,00
Ley de mineral promedio	DM Ag	1,96
Ley del concentrado	%Sn	45,00
Ley del concentrado	DM Ag	60,00
Recuperación estimada	%Sn	60,00
Recuperación estimada	%Ag	65,00
Costo de tratamiento estimado	\$us/Ton	15,00

**Fuente:** Elaboración propia con base a datos incluidos en el Estudio de "Tratamiento Metalúrgico Colas Antiguas Telamayu de la Dir. De Proy. COMIBOL" 2007.

### 6.2.3.2 Cuantificación de la inversión estimada

**Cuadro N° 18**  
**Inversión Requerida Planta Colas Antiguas Telamayú**  
**(Expresado en Dólares Americanos)**

<b>Descripción</b>	<b>Inversión \$us</b>
Maquinaria Nueva	606.982,00
Maquinaria de COMIBOL	739.500,00
Costo infraestructura e instalación	614.790,00
Costo construcción dique de colas	1.200.000,00
Costo pruebas metalúrgicas	150.000,00
Costo de instrumentación	180.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>3.491.272,00</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base a datos incluidos en el Estudio de "Tratamiento Metalúrgico Colas Antiguas Telamayú de la Dir. De Proy. COMIBOL" 2007.

### 6.2.3.3 Balance de Ingresos y Egresos

La comercialización de los concentrados de plata y de estaño, considerando los cálculos, permitirán una utilidad bruta por venta de los mismos de acuerdo al siguiente detalle:

**Cuadro N° 19**  
**Balance de Ingresos y Egresos proyectados Colas Antiguas Telamayú**  
**(Expresado en Dólares Americanos)**

<b>DESCRIPCION</b>	<b>\$us.</b>
Concentrado Sn	14.737.255
Concentrado de Ag	8.634.114
Costo Tratamiento	6.718.065,00
<b>Utilidad Bruta Telamayú</b>	<b>16.653.304,00</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base a datos incluidos en el Estudio de "Tratamiento Metalúrgico Colas Antiguas Telamayú de la Dir. De Proy. COMIBOL" 2007.

## 6.2.4 Colas de Estaño Caracoles

### 6.2.4.1 Parámetros de Diseño

**Cuadro N° 20**  
Diseño e Índice Metalúrgicos Planta Colas de Estaño Caracoles

PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR
Capacidad Instalada	Ton/día	600.00
Capacidad mensual	Ton/mes	15.600
Ley de mineral promedio	%Sn	0,38
Ley del concentrado	%Sn	40,00
Ley del concentrado	DM Ag	30,00
Recuperación estimada	%Sn	53,00
Costo de tratamiento estimado	\$us/Ton	5,00

**Fuente:** Elaboración propia con base a datos incluidos en el Estudio de "Tratamiento Metalúrgico Colas de Estaño Caracoles de la Dir. De Proy. COMIBOL" 2007.

### 6.2.4.2 Inversión Estimada

**Cuadro N° 21**  
Inversión Requerida Planta Colas de Estaño Caracoles  
(Expresado en Dólares Americanos)

Descripción	Inversión \$us
Equipos y maquinarias	960.000,00
Infraestructura e instalación	442.056,78
Construcción dique de colas	800.000,00
Componente ambiental	15.000,00
Pruebas Metalúrgicas	15.000,00
Entrenamiento tecnología	10.000,00
Capital de Trabajo	186.096,81
<b>TOTAL</b>	<b>2.428.153,59</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base a datos incluidos en el Estudio de "Tratamiento Metalúrgico Colas de Estaño Caracoles de la Dir. De Proy. COMIBOL" 2007.

### 6.2.4.3 Balance de Ingresos y Egresos

Según la Dirección de Proyectos de la Corporación Minera de Bolivia el total de la utilidad durante la vida útil del proyecto es la siguiente:

**Cuadro N° 22**  
Balance de Ingresos y Egresos proyectados Colas de Estaño Caracoles

DESCRIPCIÓN	\$us.
Valor neto del concentrado de estaño	12.972.793
Costo de Tratamiento	7.488.000
<b>Utilidad Bruta Caracoles</b>	<b>5.484.793</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base a datos incluidos en el Estudio de "Tratamiento Metalúrgico Colas de Estaño Caracoles de la Dir. De Proy. COMIBOL" 2007.

### **6.2.5 Inversiones Rehabilitación Planta de Tratamiento Metalúrgico Colas Lamas y Desmontes Catavi<sup>32</sup>**

El proceso en sí, consiste en mejorar las condiciones de operación que existían hasta el año 1977, a fin de que la planta pueda operar a su máxima capacidad de 1.000 TPD en su sección flotación. Considerando que el funcionamiento de planta y su rendimiento, dependen de la cantidad y calidad del material que recibe, el mejoramiento y selección del método de explotación de las reservas es fundamental. Se tratará de realizar una alimentación continua y acorde a la necesidad, haciendo que el dragado de los depósitos sea eficiente y sistemático, combinando las diferentes cargas con el fin de obtener leyes de cabeza más elevadas y estables, a objeto de que el ingenio pueda incrementar sus porcentajes de recuperación y obtener producciones que sean económicamente rentables.

Según la Dirección de Proyectos de COMIBOL, para alcanzar estos objetivos, se debe implementar las siguientes mejoras: 1) Una nueva unidad de explotación, con suficiente capacidad para alimentar un mínimo de 2.000 TPD. Se sugiere la adquisición de una Escavadora Rotativa, Considerando las condiciones de escasez de agua, trabajo en seco y facilidad de movimiento y transporte por correa transportadora. La Draga actual se mantendrá en "stand-by" o en trabajos de limpieza. 2) tanques de Agitación, ciclones y bombas en la sección "clasificación". 3) Adición de scrubber y bombas en la sección "flotación". 4) Instalación de bombas y tuberías para bombeo en agua desde diferentes fuentes de alimentación. 5) Construcción de Diques de Tierra para los depósitos de agua de agua y colas del Ingenio Victoria, Sink & Float y planta El Kenko. 6) Adquisición de Equipo pesado para construcción de lo anterior y transporte de material a la planta. 7) Instalación de monitores.

#### **6.2.5.1 El proceso metalúrgico.**

La alimentación a la planta en forma continua y en el tonelaje necesario, se efectuará, los dos primeros años, con la draga y mediante un monitor o camiones. La excavadora rotativa (bucket Wheel) es diseñada para producir en un solo turno (8 horas), la carga requerida por el ingenio. Esta máquina entrará en operación a partir del 2do año como máximo. Mientras opere la draga de succión, el control del nivel e agua en la poza es importante, ya que la draga operará en una poza cerrada.

Desde el inicio de las operaciones, las descargas del Ingenio Victoria serán suspendidas y desaguado los excedentes de las aguas pluviales.

Los tanques agitadores adicionales en la sección clasificación, proveerán flexibilidad para acomodarse a variaciones en la alimentación al ingenio y a sus

---

<sup>32</sup> Texto extraído parcialmente del Estudio denominado "Tratamiento Colas Lamas y Desmontes Catavi", preparado por la Dirección de Proyectos de COMIBOL en la G.2007.

características, dosificando las cargas pobres y ricas y proveyendo una carga más homogénea a la sección flotación.

La disposición de las colas en las plantas en depósitos independientes al lago Kenko, favorecerán el dragado de este depósito.

Asimismo, con el secado del lago Kenko, la explotación con el Bucket Wheel de los diques que bordean el lago, no ofrecerán peligro y serán fácilmente explotados.

### 6.2.5.2 Inversión Requerida.

El costo de inversión asciende a la suma de \$us3.823.600.-. de acuerdo al siguiente detalle:

🚧	Equipo	\$us.1.983.200.-
🚧	Repuestos	\$us. 404.200.-
🚧	Construcciones – obras locales	\$us. 119.900.-
🚧	Fletes y Seguros	\$us. 502.900.-
🚧	Impuestos	\$us. 84.500.-
🚧	Obras preliminares	\$us. 15.000.-
🚧	Ingeniería	\$us. 56.000.-
🚧	Herramientas	\$us. 33.000.-
🚧	Contingencias	\$us. 171.000.-
🚧	Materiales	\$us. 219.100.-
🚧	Capital de Trabajo	\$us. 234.800.-
	<b>TOTAL</b>	<b>\$us. 3.823.600.-</b>

### 6.2.5.3 Balance de Ingresos y Egresos

Según la Dirección de Proyectos de la Corporación Minera de Bolivia el total de la utilidad durante la vida útil del proyecto es la siguiente:

**Cuadro N° 23**  
**Balance de Ingresos y Egresos proyectados Colas Lamas y Desmontes Catavi**

DESCRIPCIÓN	\$us.
Valor neto del concentrado de estaño	61.052.770,00
Costo de Tratamiento	10.318.200,00
<b>Utilidad Bruta Colas Arenas Catavi</b>	<b>50.734.570,00</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base a datos incluidos en el Estudio de “Tratamiento Colas Lamas y Desmontes Catavi de la Dir. De Proy. COMIBOL” 2007.

### 6.3 RESUMEN GENERAL DEL BALANCE DE INGRESOS Y EGRESOS

**Cuadro N° 24**  
**BALANCE GENERAL DE INGRESOS Y EGRESOS TRATAMIENTO COLAS RELAVES Y DESMONTES**  
**ESTATALES DE ESTAÑO Y PLATA**  
**(Expresado en Dólares Americanos)**

DESCRIPCIÓN	\$us.
Valor Bruto de Venta Concentrados de Sn y Ag	416.270.484,00
Costo de Tratamiento	160.332.035,00
<b>Utilidad Bruta</b>	<b>255.938.449,00</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### 6.4 VALOR ECONÓMICO POTENCIAL DE LOS RECURSOS MINERALES ACUMULADOS EN LAS COLAS RELAVES Y DESMONTES ESTATALES DE ESTAÑO Y PLATA (ver cuadro página siguiente).

El cuadro de la página siguiente se puede explicar de la siguiente manera:

- Los Recursos Minerales contenidos en las Colas, Relaves y Desmontes Estatales de Estaño y Plata en Toneladas Métricas Brutas (T.M.B), asciende a 71.695.418.-.
- De dichos recursos minerales se podría obtener una producción potencial de 198.349,89 Toneladas Métricas Finas (T.M.F) de Estaño, equivalentes a la producción de 19 años de la Corporación Minera de Bolivia comparado con el promedio de producción anual de la estatal de las gestiones 2011 al 2013, importe que asciende a 10.336.6 T.M.F
- Para el caso de la Plata, la producción potencial asciende a 842.579,56 Kilos Finos, equivalente al 68% de la producción nacional del sector privado en una gestión, mismo que asciende a 1.235.530.- Kilos Finos.
- El valor económico potencial de la producción de Estaño y Plata alcanza a \$us.2.471.051.603,84.-.

**Cuadro N° 25**  
**VALOR ECONÓMICO POTENCIAL IN SITU DE LAS COLAS, RELAVES Y DESMONTES ESTATALES**

Detalle	Composición	Recursos Minerales (T.M.B)	%Sn	Ag	T.M.F Sn	Kilos Finos Ag	Libras Finas Sn	Onza Troy	Cotizac Libras Finas Sn	Cotizac. Onza Troy Ag	Valor Sn	Valor Plata	Valor Total
<b>1.- Relaves San Miguel Potosi</b>													
Sulfuros	Esfalerita Plata Nativa, Tetraédrica,	3.738.405,00	0,0001	0,1000	332,72	373.840,50	733.516,86	11.627,74	5,65	14,69	4.144.370,24	170.811,49	5.064.927,77
Oxidos	Pirargirita, Mirargirita, Galena, Casiterita, Estanina	405.282,00	0,0001	0,1777	57,55	71.998,35	126.875,98	2.239,40	5,65	14,69	716.849,28	32.896,77	
<b>INVERSION REQUERIDA</b>													<b>29.624.903,00</b>
<b>2.- Colas Relaves Catavi</b>													
Arenas		18.974.181,00	0,0029		55.025,12	0,00	121.309.490,86	0,00	5,65	14,69	685.398.623,34	0,00	
Piritas "A"	Casiterita, Piritita, Limonita,	16.949,00	0,0137		232,20	0,00	511.915,63	0,00	5,65	14,69	2.892.323,31	0,00	818.277.887,50
Piritas "B"	Aluminita, Calcopirita, Pirrotina,	370.949,00	0,0086		3.190,16	0,00	7.033.093,63	0,00	5,65	14,69	39.736.978,99	0,00	
Granzas	Turmalina, Marcasita y otros	1.249.214,00	0,0058		7.245,44	0,00	15.973.444,58	0,00	5,65	14,69	90.249.961,87	0,00	
<b>INVERSION REQUERIDA</b>													<b>3.491.272,00</b>
<b>3.- Colas Lamas y Desmontes Catavi</b>													
OLD SECTION		901.085,00	0,0123		11.119,39	0,00	24.514.027,16	0,00	5,65	14,69	138.504.253,44	0,00	
"KENKO 1"		6.760.590,00	0,0038		25.690,24	0,00	56.637.221,32	0,00	5,65	14,69	320.000.300,45	0,00	
"KENKO II		4.562.894,00	0,0001		250,96	0,00	553.269,61	0,00	5,65	14,69	3.125.973,27	0,00	1.316.709.734,30
Golden City		1.199.312,00	0,0031		3.717,87	0,00	8.196.484,39	0,00	5,65	14,69	46.310.136,78	0,00	
Desmontes		24.972.901,00	0,0026		64.929,54	0,00	143.144.968,21	0,00	5,65	14,69	808.769.070,37	0,00	
<b>INVERSION REQUERIDA</b>													<b>3.823.600,00</b>
<b>4.- Colas de Estaño Caracoles</b>													
Miguillas	Casiterita, Piritita, Blenda, piritita,	5.645,00	0,0087	0,00	49,11	0,00	108.272,20	0,00	5,65	14,69	611.737,90	0,00	
Relave Antiguo	limonita, hemtita, wolfranita, scheelita.	333.936,00	0,0019	0,00	634,48	0,00	1.398.783,77	0,00	5,65	14,69	7.903.128,30	0,00	80.482.470,09
Relave Nuevo		1.699.323,00	0,0034	0,00	5.777,70	0,00	12.737.629,01	0,00	5,65	14,69	71.967.603,88	0,00	
<b>INVERSION REQUERIDA</b>													<b>2.428.154,00</b>
<b>5.- Relaves Itos Centro Minero San José</b>													
Área principal		1.649.630,00	0,0033	0,0016	5.443,78	2.622,91	12.001.464,06	81,58	5,65	14,69	67.808.271,93	1.198,43	67.809.470,37
<b>6.- Relaves Telamayu</b>													
Relave Antiguo	Esfalerita Plata Nativa, Tetraédrica,	470.798,00	0,0125	0,2970	5.884,98	139.827,01	12.974.133,58	4.349,11	5,65	14,69	73.303.854,75	63.888,37	182.707.113,80
Relave Nuevo	Pirargirita, Mirargirita, Galena, Casiterita, Estanina	4.384.324,00	0,002	0,0580	8.768,65	254.290,79	19.331.536,75	7.909,33	5,65	14,69	109.223.182,66	116.188,02	
<b>INVERSION REQUERIDA</b>													<b>3.491.272,00</b>
<b>RECURSOS MINERALES TOTALES EN TONELADAS MÉTRICAS BRUTAS</b>												<b>71.695.418,00</b>	
<b>VALOR ECONÓMICO POTENCIAL IN SITU EN DÓLARES AMERICANOS</b>												<b>2.471.051.603,84</b>	
<b>IMPORTE TOTAL DE LAS INVERSIONES REQUERIDAS PARA SU EXPLOTACION Y DESARROLLO</b>												<b>42.859.201,00</b>	

Fuente: Elaboración Propia

---

## Capítulo VII.

Impacto en los Ingresos Estatales, de las inversiones en los recursos minerales de las Colas, Relaves y Desmontes.

---

## CAPITULO VII

### IMPACTO DE LA EXPLOTACIÓN DE LOS RECURSOS MINERALES DE LAS COLAS RELAVES Y DESMONTES, EN LOS INGRESOS DE LA MINERÍA ESTATAL

#### 7.1 MODELADO ECONOMÉTRICO

Dentro del tema de investigación, se concentra la atención en la relación causal de las inversiones estimadas necesarias para la explotación de las 71 millones de toneladas métricas brutas de mineral de estaño y plata, existentes en las colas, relaves y desmontes identificados por la investigación. Por lo que se pretende estimar el efecto directo de las inversiones sobre los ingresos estatales de COMIBOL. En este sentido, se espera que las inversiones efectivas incidan determinantemente sobre la generación de ingresos para la estatal, este aspecto se lo puede expresar en el siguiente esquema:

Gráfica N° 20  
Esquema de demostración de la hipótesis



Fuente: Elaboración propia

De manera general se pretende estimar el efecto potencial de las inversiones, si éstas se hubieran realmente efectivizado durante el periodo de estudio (1980-2014) y de manera particular, en que cuantía se habrían incrementado los recursos de la COMIBOL a los precios de cada gestión.

Para este efecto, es necesario estimar el valor potencial de la inversión a precios de 2015, para obtener un valor con el cual se compararían las mismas inversiones en cada año de la muestra, para ello se debe realizar una transformación sobre este valor y actualizarlo sobre la muestra, considerando el efecto de la inflación.

Se aplicará la propuesta de De Gregorio, cuando plantea la función de consumo intertemporal, como una medida permanente del ingreso. Esta tiene la forma:

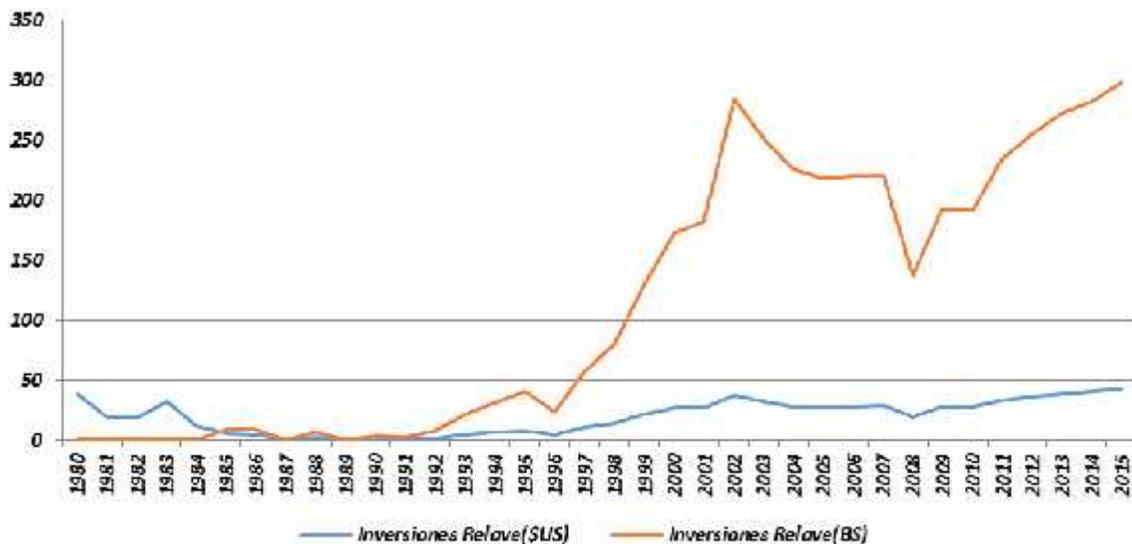
$$\sum_{s=0}^N \frac{C_{t+s}}{(1+r)^s} = \sum_{s=0}^N \frac{Y_{l,t+s} - T_{t+s}}{(1+r)^s} + (1+r)A_t$$

Donde el cociente hace referencia a un valor presente del numerador, estimado para un determinado periodo de tiempo  $s=0,1,\dots,N$ . este esquema es el que se emplea para estimar el valor presente neto de un esquema financiero, en el cual se emplea la tasa de descuento. Para el presente caso, se procederá a estimar la misma relación descontada por la tasa de inflación, a fin de eliminar el efecto de la variación en el nivel de precios domésticos, a fin de encontrar un valor con el cual se podrían comprar las mismas inversiones necesarias en 2015, en cada año de la muestra.

$$\sum_{s=0}^N \frac{INVRELAVES_{t-s}}{(1+f)^s} = \frac{INVRELAVES_{t-1}}{(1+f)^1} + \dots + \frac{INVRELAVES_{t-N}}{(1+f)^N}$$

Entonces, se calcula este valor y los resultados de las inversiones actualizadas para cada gestión, obteniendo la siguiente forma.

**Gráfica N° 21**  
**Bolivia: Inversiones en relaves potenciales, 1980-2015**  
 (En millones de bolivianos y dólares)



Fuente: Elaboración propia

## 7.2 DEFINICIÓN DE VARIABLES

En el esquema actual, se define las variables que intervienen en la relación, clasificándolas en cuatro grupos: ingresos, inversiones, producción física de minerales, y precios de minerales.

Las definimos como sigue:

**Gráfica N° 22**  
**Definición de las variables del Modelo Econométrico**

Variable	Abreviación	Tipo	Unidad	Definición
Ingresos COMIBOL	<b>ingcdbl</b>	Continua	MM Bs.	Valor de los ingresos de COMIBOL
Inversiones COMIBOL	<b>invcdbl</b>	Continua	MM Bs.	Valor de las inversiones de COMIBOL
Producción Estaño	<b>prodsn</b>	Continua	Mil/TM	Cantidad producida de estaño
Producción Plata	<b>prodag</b>	Continua	Mil/TM	Cantidad producida de plata
Precio Estaño	<b>prsn</b>	Continua	\$US/LF	Cotización oficial del estaño
Precio Plata	<b>prag</b>	Continua	\$US/LF	Cotización oficial de la plata
Inversiones Relaves	<b>invrelave</b>	Continua	MM Bs.	Valor de las inversiones estimadas para la explotación de relaves de plata y estaño
Política económica	<b>poleco</b>	Discreta	D=1/D=0	Diferencia de las políticas económicas antes de 2006 y después de ese año
Estacionalidad del precio de minerales	<b>dprecio</b>	Discreta	D=1/D=0	Dummy que refleja la periodicidad del precio de los minerales
Estacionalidad de las inversiones de COMIBOL	<b>dinv</b>	Discreta	D=1/D=0	Dummy que refleja la periodicidad de las inversiones de COMIBOL

**Fuente:** Elaboración propia

Antes de definir el modelo, corresponde identificar uno que coadyuve a estimar efectos dinámicos sobre la variable dependiente, en general se pretende estimar una tasa de crecimiento de los ingresos de COMIBOL, dados incrementos en alguna de las variables explicativas (cantidad, precios, inversiones).

En econometría existen ciertas formas funcionales que permiten medir efectos según el criterio del investigador, tales como: i) modelo lineal-lineal, ii) lineal- logarítmico, iii) logarítmico lineal, y iv) doble logarítmico, las cuales expresan como sigue:

- |                                                             |                     |
|-------------------------------------------------------------|---------------------|
| (1) $Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_t$                         | Lineal-Lineal       |
| (2) $Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Log}(X_t)$             | Lineal- Logarítmico |
| (3) $\text{Log}(Y_t) = \alpha_0 + \alpha_1 X_t$             | Logarítmico Lineal  |
| (4) $\text{Log}(Y_t) = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Log}(X_t)$ | Doble Logarítmico   |

La primera forma, vierte coeficientes beta “ ” marginales estáticos, es decir, un cambio absoluto en Y generados por ante cambios absolutos en X. la segunda representa una semielasticidad, es decir, cambios absolutos en Y, generados ante cambios porcentuales en X. la tercera también es una semielasticidad, que representa cambios porcentuales en Y, generados ante cambios absolutos en X. mientras que la tercera forma representa un modelo de elasticidad constante, porque representa cambios porcentuales en Y, generados ante cambios porcentuales en X.

La forma elegida para la demostración de los efectos dinámicos se presenta en la tercera forma, es decir el modelo log-lineal, el cual presenta características particulares que lo hacen aplicables para el presente trabajo de investigación. En primer lugar, al ser una semielasticidad, se puede encontrar cambios marginales expresados como tasa de crecimiento, es decir, se estimará en qué porcentaje crece la variable dependiente ( $\%X_t$ ), cuando incrementamos alguna variable independiente en una unidad (por ejemplo un incremento de un millón de dólares), el coeficiente beta que se estimará, representará un cambio porcentual, aun no multiplicado por el coeficiente cien, que deberá transformarse posteriormente. De forma general el modelo de semielasticidad considerando además la perturbación aleatoria será:

$$\ln(Y_t) = S_0 + S_1 X_t + v_t$$

Donde se halla el cambio marginal aplicando derivadas o el operador diferencial (para cambios grandes), se obtiene entonces:

$$\Delta \ln(Y_t) = S_1 \Delta X_t \Rightarrow S_1 = \frac{\Delta \ln(Y_t)}{\Delta X_t}$$

El lado derecho de la segunda ecuación, representa lo que se conoce como semielasticidad, en la medida que mide un cambio porcentual de la variable dependiente, generado ante cambios absolutos en la variable independiente. Empleando elementos de algebra podríamos aproximar el cambio porcentual en la variable dependiente, multiplicando el coeficiente  $S_1$  por cien, de la forma:

$$\Delta \% Y_t \approx (100 * S_1) \Delta X_t$$

Esta forma de hallar el crecimiento de la variable dependiente, es práctica cuando los cambios en la variable independiente, son unitarios, pero cuando estos cambios son altos, la aproximación es errática, así que se hace necesario emplear un método exacto para hallar esta tasa de crecimiento. Esto se logra realizando operaciones algebraicas, además del operador exponencial.<sup>33</sup>

$$\hat{\Delta} \% Y_t = 100 * \left[ \exp(\hat{S}_1 \Delta X_t) - 1 \right]$$

Cuando el cambio en  $X_t$  es unitario la formula siguiente se transforma como:

$$\hat{\Delta} \% Y_t = 100 * \left[ \exp(\hat{S}_1) - 1 \right]$$

Con lo anterior, tendremos una forma funcional que representa el cambio porcentual (crecimiento) de una variable dependiente, en función de una o más variables

<sup>33</sup> Wooldridge, J. (2011). *Introducción a la econometría*. Cengage Learning. México, DF. México.

independientes. Se procederá a definir las variables intervinientes en el modelo, antes de formular la ecuación a estimarse.

### 7.3 ESTIMACIÓN Y RESULTADOS

El primer paso para la estimación, es definir la forma funcional de la ecuación que se estimara. Como se indicó anteriormente, se aplica logaritmo natural a la variable dependiente, se incorporará los regresores, que para el efecto serán continuas y dicotómicas.

Por tanto se obtiene:

$$\ln(\text{ingcmb}) = S_0 + S_1 \text{invcmb} + S_2 \text{prods}\eta + S_3 \text{prodag} + S_4 \text{prsn}\eta + S_5 \text{prag} + u_1 \text{polecq} + u_2 \text{dprec} + u_3 \text{din}_i + u_i$$

Se espera que los signos de las variables continuas, sean positivos, porque mientras se incrementen tanto las inversiones, la producción de minerales y los precios, es de esperar que los ingresos de COMIBOL se incrementen en un determinado porcentaje positivo.

Se realiza el análisis gráfico de las variables intervinientes. Observando un marcado sesgo truncado en los periodos de baja cotización del precio internacional de los principales minerales de exportación (Plata y Estaño). Se presentan primero los valores mínimo, máximo y medio de cada variable, así como su desviación estándar. Es de esperar una elevada dispersión de las variables debido a que las variables de precio e inversión son muy volátiles.

**Tabla N° 11**  
**Estadísticos descriptivos de las variables continuas**

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min.	Max
ing	35	415.3167	607.167	3.705458	2005.193
invcmb	35	70.07400	109.9024	.0075	675.1105
prsn	35	14.55964	4.076471	5.4338	20.87058
prag	35	.1982953	.4016856	.05831	1.342022
prsn	35	5.025571	5.069076	1	16
prag	35	9.828571	8.161912	3	35
irelavesus	35	19.15063	10.52274	.2710100	40.6204
irelavelw	35	107.6506	107.835	.0004704	234.6503
ivrm	35	139.8607	70.71702	12.32	271.37

Fuente: Elaboración propia

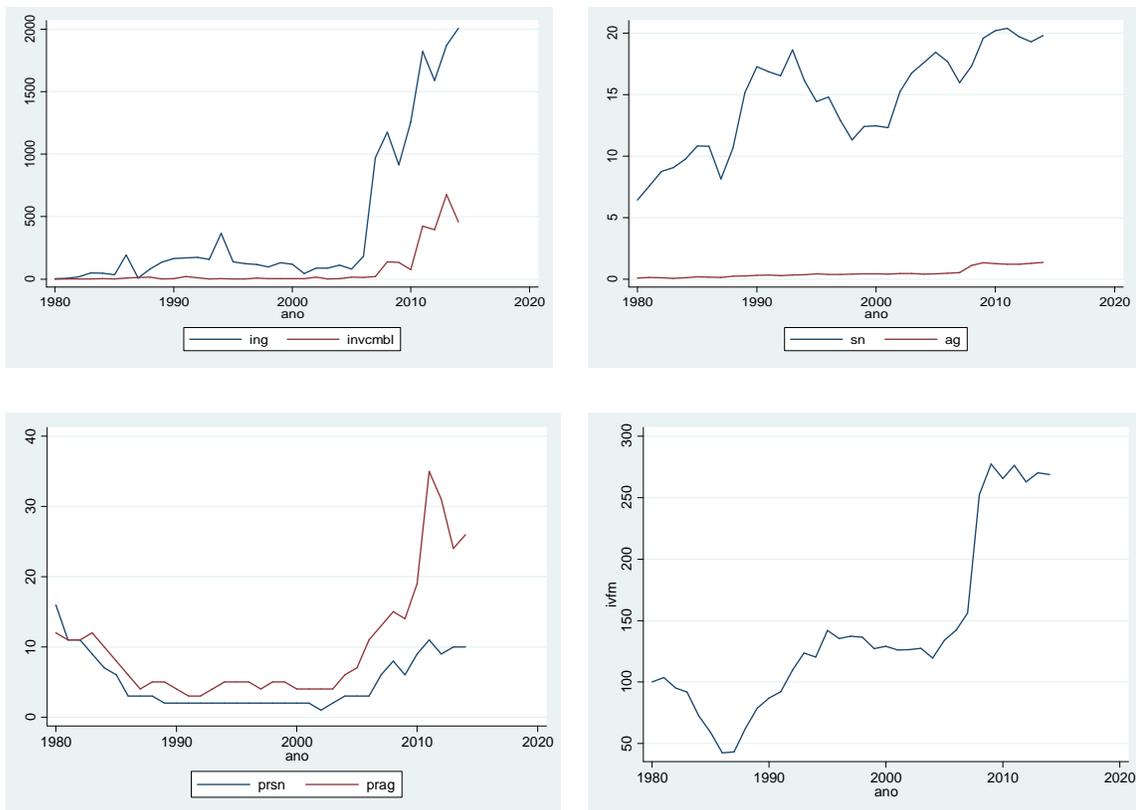
Se evalúa el comportamiento gráfico de las variables continuas, clasificándolas por similitud.

Como se puede apreciar en la Gráfica N° 23 de la página siguiente, existe un periodo amplio en los cuales tanto los ingresos como las inversiones de COMIBOL se mantuvieron en niveles sumamente bajos, siendo a partir de 2006 que este panorama

comienza a cambiar. De la misma manera, los niveles de producción de estaño y plata difieren sustancialmente una de la otra, manteniéndose bajo el nivel de explotación de plata durante el periodo de estudio, mientras que la producción de estaño es más volátil, lo cual indica una fuerte respuesta a los cambios en el contexto internacional.

La caída de los precios de ambos minerales, se mantiene en niveles que bordean los dos dólares por más de diez años, mejorando nuevamente posterior a 2003. Asimismo, el índice de volumen físico de la minería que mide la dinámica de producción física de todos los minerales producidos en Bolivia, registra una baja importante entre 1980 y 1985, periodo tras el cual, se recupera la actividad, aunque en niveles sumamente bajos que mejoran solo a partir de la segunda mitad de la década de dos mil.

**Gráfica N° 23**  
**Series intervinientes en el modelo econométrico**



**Fuente:** Elaboración Propia

Posteriormente se evalúa la correlación entre las variables independientes, como forma preliminar para eliminar la presencia de colinealidad perfecta entre ellas, siendo que en este caso no se podría estimar la regresión. Como se aprecia, las variables dependientes, están altamente correlacionadas de manera positiva con las restantes independientes, hecho que en primera instancia valida nuestra regresión y los posibles signos de los coeficientes a estimarse.

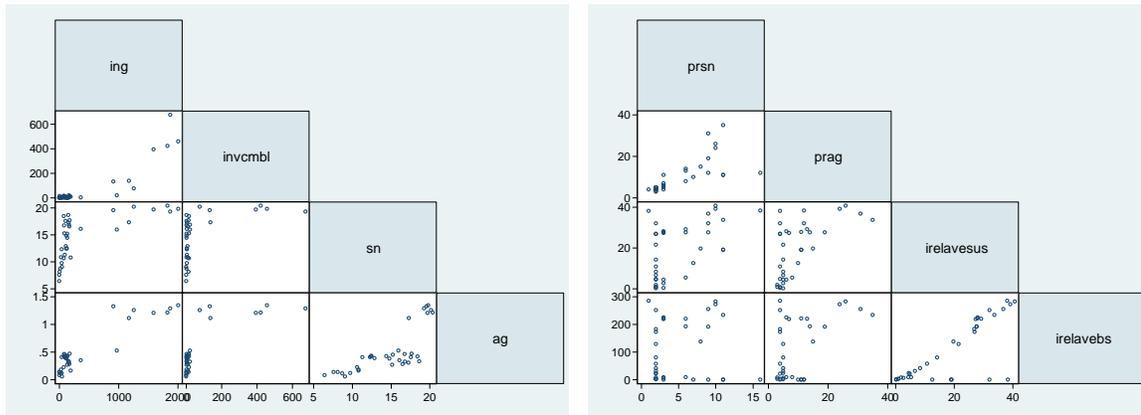
**Tabla N° 12**  
Correlación entre las variables del modelo

	ing	invcmbl	sn	ag	prsn	prag	irela~us	irela~bs
ing	1.0000							
invcmbl	0.8390	1.0000						
sn	0.6493	0.5158	1.0000					
ag	0.9166	0.7913	0.7568	1.0000				
prsn	0.4940	0.4847	-0.1225	0.3218	1.0000			
prag	0.8884	0.8402	0.4212	0.7611	0.7341	1.0000		
irelavesus	0.5144	0.5116	0.2603	0.5335	0.5333	0.6131	1.0000	
irelavebs	0.6095	0.5549	0.6457	0.7168	0.0836	0.5077	0.7945	1.0000

Fuente: Elaboración Propia

Se realiza también el análisis de correlación variable por variable en términos gráficos, en primer lugar con las variables de gasto e ingreso.

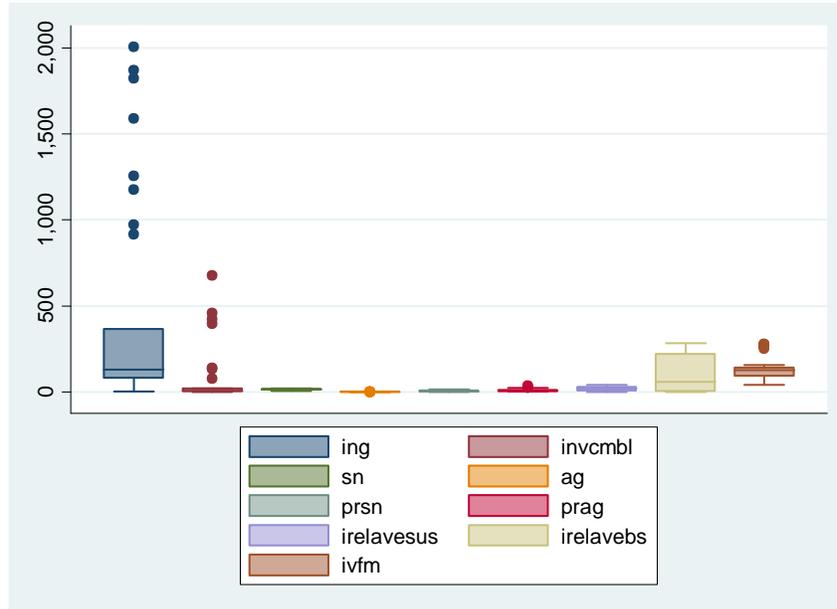
**Gráfica N° 24**  
Correlación grupal de las variables del modelo



Fuente: Elaboración Propia

De la misma manera, elaboramos los diagramas de caja, a fin de establecer la presencia de outliers, que podrían afectar la estimación final. Se aprecia que la variable de ingresos de COMIBOL, presenta elevada dispersión y registran ocho observaciones que están fuera del rango máximo aceptable. Asimismo, las variables de inversión e índice de volumen físico de la minería pueden afectar la estimación posterior y se deberán corregir.

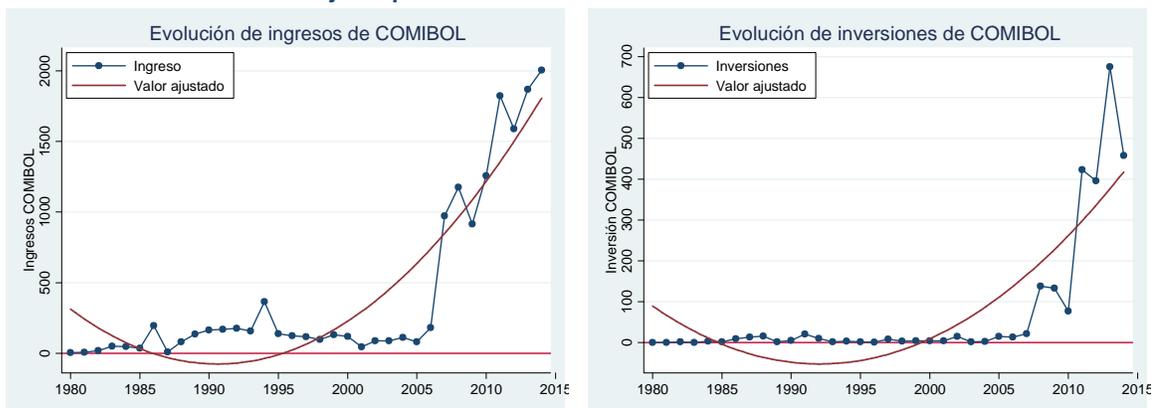
**Gráfica N° 25**  
**Diagrama de cajas de las variables intervinientes**

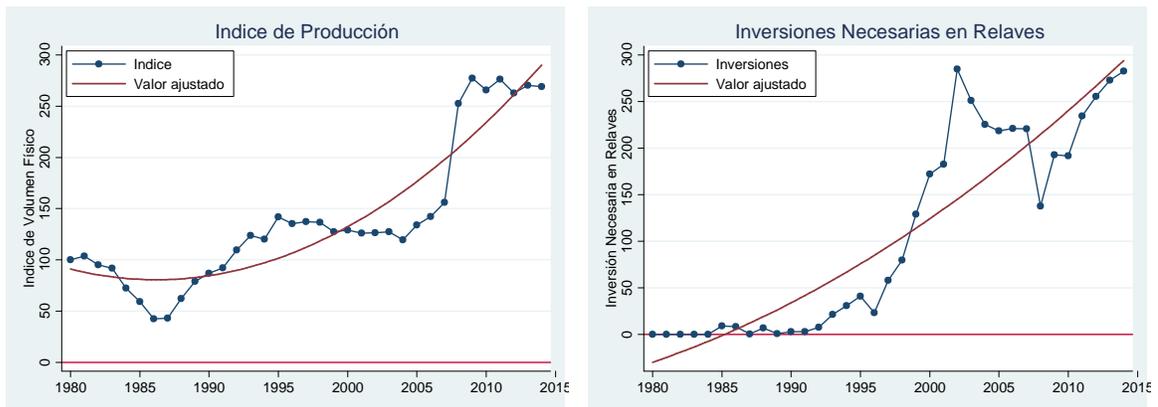


Fuente: Elaboración Propia

De la misma manera, se presenta la evolución de las principales variables, junto con su ajuste polinomial, a fin de establecer qué tipo de función se aproxima de mejor manera a la naturaleza de cada serie. Se aprecia que en particular, la serie de inversiones e ingresos de COMIBOL se ajustarían mejor a una función polinomial cuadrática, es decir, se puede esperar que la mejor aproximación se realice a través de un modelo cuadrático (logarítmico), para estimar de mejor manera el efecto.

**Gráfica N° 26**  
**Ajuste polinomial de las series intervinientes**





Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se procede a estimar los coeficientes del modelo planteado. En el cuadro siguiente se presentan dichos resultados, caracterizados por la relativa poca significancia individual de los coeficientes de las variables de inversiones y producción de plata, que es de esperarse dado el comportamiento de las series del modelo exponenciales.

Asimismo, los signos de los seis primeros coeficientes son positivos, hecho que condice con la teoría, en razón de que indicarían una relación directa entre las independientes y la variable dependiente (ingresos de COMIBOL).

Tabla N° 13  
Coeficientes ajustados del modelo planteado  
(Mínimos Cuadrados Ordinarios)

Source	SS	df	MS	Number of obs		
Model	73.7977656	8	9.2247207	35	F( 8, 26) =	22.77
Residual	10.5352405	26	.405201557		Prob > F	0.0000
Total	84.3330061	34	2.48038253		R-squared	0.8751
					Adj R-squared	0.8366
					Root MSE	.63655

lningcomibol	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
inversionescomibol	.0005944	.0016594	0.36	0.723	-.0028165	.0040052
prodestano	.0146435	.0058915	2.49	0.020	.0025334	.0267536
prodplata	.0700055	.0882392	0.79	0.435	-.1113728	.2513838
precioestano	.1469213	.0602339	2.44	0.022	.0231087	.2707338
precioplata	.0529099	.0409960	1.20	0.240	.0375269	.1403467
nuevapolitica	1.634595	.6970537	2.35	0.027	.2017805	3.06741
_ldinv_1	.003504	.7297200	0.11	0.910	1.416445	1.503510
ldprag_1	-.7605897	.5280392	-1.44	0.162	-1.84599	.3248104
_cons	2.476792	.0044291	3.00	0.005	.0232641	4.130319

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior, los coeficientes, no se pueden interpretar de manera directa, sin realizar la transformación exponencial, esta debe considerar la magnitud del cambio absoluto sobre el crecimiento de los ingresos de COMIBOL. Esta transformación se presenta en el cuadro siguiente.

**Tabla N° 14**  
**Coeficientes corregidos por el operador exponencial**

Variable	Coeficiente	$100 * [\exp(\hat{S}_1) - 1]$
inversionescomibol	0.00059437	0.06%
prodestano	0.0146435	1.48%
prodplata	0.0700055	7.25%
precioestano	0.14692126	15.83%
precioplata	0.05290989	5.43%
nuevapolítica	1.634595	132.74%
dinv_1	0.08353403	8.71%
dprag_1	-0.76058965	-53.26%
Cons	2.4767917	1090.30%

Fuente: Elaboración propia

La interpretación de estos coeficientes es la siguiente:

- En promedio, durante el periodo de estudio, cuando el valor de las inversiones de COMIBOL se incrementaron en un millón de bolivianos, los ingresos totales de esta entidad, se incrementaron en un 0,06%.
- De la misma manera, por cada mil toneladas métricas de estaño y plata adicionales que se produjeron en las minas y plantas de procesamiento administradas por COMIBOL, los ingresos de estas últimas, se incrementaron 1,48% y 7,25% respectivamente. Es decir, que los ingresos de COMIBOL fueron más sensibles a la producción física de plata, que de estaño, cerca de siete veces por encima del primero.
- Por su parte, los ingresos de COMIBOL, son más sensibles al cambio en los precios del, estaño en un 15,8%; es decir, que por cada dólar adicional que se incremente la cotización oficial del estaño en el mercado local, los ingresos de COMIBOL se incrementan tres veces más lo generado por las variaciones en el precio de la plata. En promedio durante el periodo de estudio, por cada dólar de incremento en la cotización de la plata, generó un incremento promedio de los ingresos de COMIBOL en un 5,43%.

Para contrastar la eficiencia de las nuevas políticas implementadas desde el año 2006, también se incluyó en el modelo una variable dummy, que permite evaluar la eficiencia de éstas. En promedio, los ingresos de COMIBOL, entre 2006 y 2014, fueron superiores a los registrados entre 1980 y 2005, en un 132,7%.

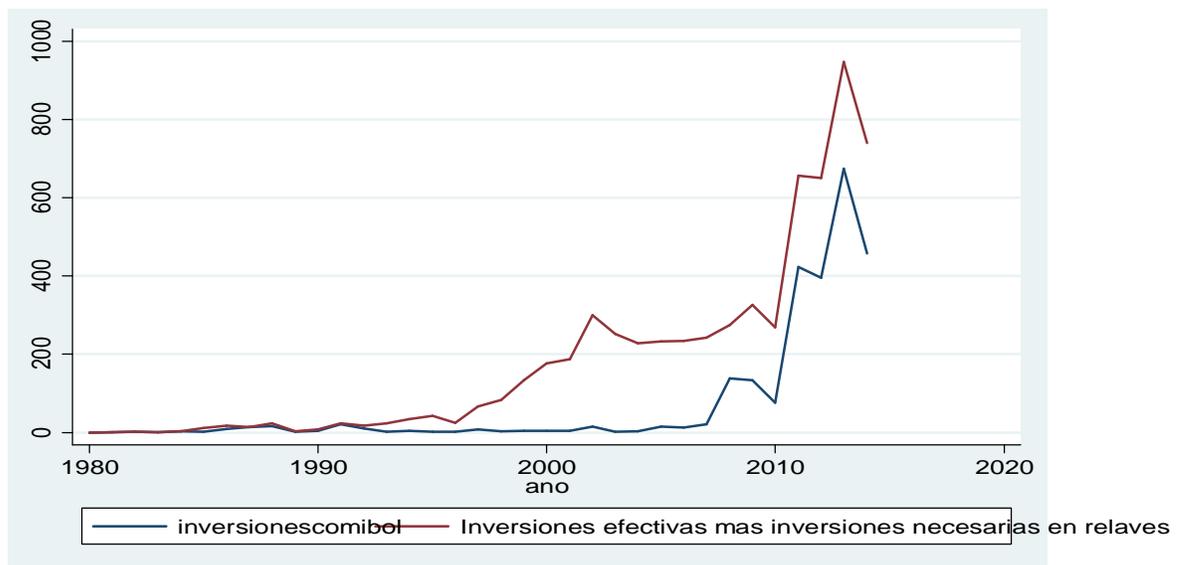
Las variables ficticias ( $dinv\_1$ ) y ( $dprag\_1$ ), fueron incluidas como auxiliares para corregir la forma parabólica de las series intervinientes. Como se aprecia tanto el precio de los minerales, como las inversiones, registran un comportamiento hacia la baja en la primera etapa (etapa de recesión de la minería nacional), se estancan por cerca de 15 años, y retoman su curso de crecimiento a partir de 2003. En promedio en las etapas expansivas de la dinámica de las inversiones realizadas por COMIBOL, los ingresos de esta instancia, fueron superiores en un 8,71%, a los ingresos que se percibieron en las etapas recesivas (etapas de inversiones bajas).

#### 7.4 PRONÓSTICO DEL MODELO

El modelo anterior, puede emplearse para estimar el comportamiento de los ingresos de COMIBOL, puesto que fueron estimados con información efectiva, las series intervinientes fueron compiladas de los dossiers estadísticos de COMIBOL, UDAPE y el Ministerio de Minería; sin embargo, el objetivo general de la tesis requiere estimar una medida de la incidencia que tendrían las inversiones necesarias para la explotación de los relaves y colas identificadas, de los cuales podrían explotarse estaño y plata.

En el siguiente modelo, replicamos el comportamiento de los ingresos de COMIBOL, incluyendo las inversiones potenciales actualizadas para cada año de la muestra.

**Gráfica N° 27**  
Inversiones efectivas e inversiones efectivas más inversiones potenciales, 1980-2014  
(En millones de bolivianos)



Fuente: Elaboración propia

El procedimiento, implica establecer la dinámica de los ingresos que potencialmente se hubieran generado en COMIBOL, si eventualmente estas inversiones se hubieran efectivamente realizado, es decir, que tras estimar el modelo, podremos establecer para cada año de la muestra, cuanto hubiera sido el ingreso estimado de COMIBOL, posteriormente podremos hallar la diferencia entre las predicciones i) con las inversiones efectivas, y ii) con las inversiones efectivas más las inversiones potenciales.

El modelo estimado con las inversiones efectivas más las potenciales es el siguiente:

**Tabla N° 15**  
**Coefficientes ajustados del modelo con inversiones potenciales**  
**(Mínimos Cuadrados Ordinarios)**

Source	SS	df	MS	Number of obs = 35		
Model	73.9608225	8	9.24510281	F( 8, 26) =	23.17	
Residual	10.3721836	26	.398930139	Prob > F =	0.0000	
				R-squared =	0.8770	
				Adj R-squared =	0.8392	
Total	84.3330061	34	2.48038253	Root MSE =	.63161	

lningcomibol	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
invneo	.0802623	.1093192	0.73	0.469	-.1444465	.3049711
prodestano	.0144917	.0058452	2.48	0.020	.0024767	.0265068
prodplata	.0956836	.0921347	1.04	0.309	-.0937019	.2850692
precioestano	.1630563	.061747	2.64	0.014	.0361336	.289979
precioplata	.0750417	.0426185	1.76	0.090	-.0125619	.1626454
nuevapolítica	1.45294	.703683	2.06	0.049	.0064994	2.899382
_Idinv_1	.2693975	.662968	0.41	0.688	-1.093353	1.632148
_Idprag_1	-.6754765	.5401358	-1.25	0.222	-1.785742	.4347885
_cons	2.408182	.7808489	3.08	0.005	.8031246	4.01324

**Fuente:** Elaboración propia

En primera instancia, se debe apreciar, que el coeficiente de las inversiones totales, es superior al coeficiente estimado con las inversiones efectivas, es decir, que en promedio las inversiones en relaves, si tienen una incidencia positiva sobre los ingresos de COMIBOL. Asimismo, se aprecia que el modelo es muy significativo de manera conjunta si se comparan los estadísticos F estimados.

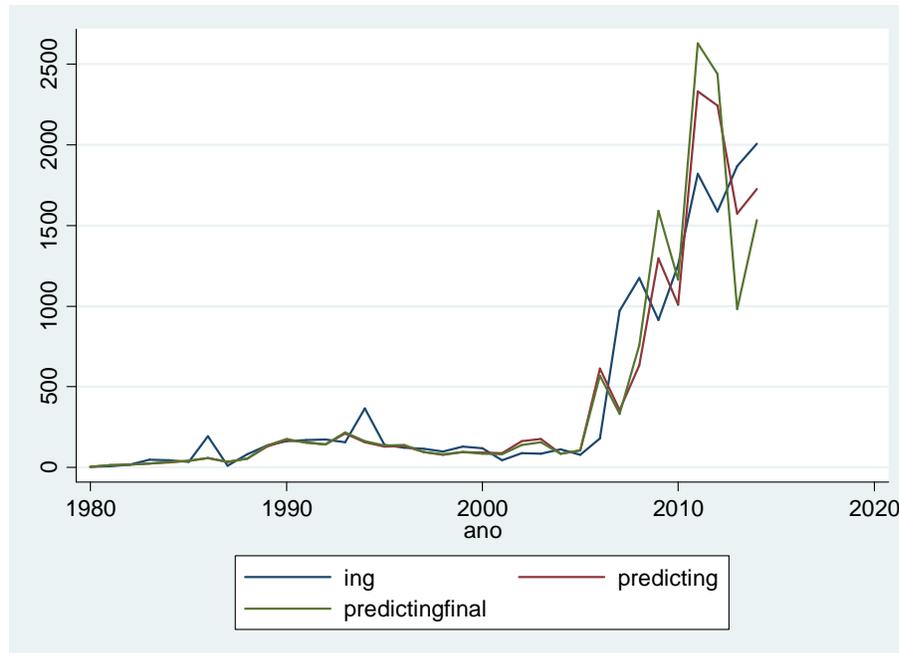
**Tabla N° 16**  
**Coeficientes corregidos por el operador exponencial de inversiones potenciales**

Variable	Coeficiente	$100 * [\exp(\hat{S}_1) - 1]$
invneo	0.0802623	8.4%
prodestano	0.0144917	1.5%
prodplata	0.0956836	10.0%
precioestano	0.1630563	17.7%
precioplata	0.0750417	7.8%
nuevapolitica	1.45294	186.6%
_ldinv_1	0.2693975	30.9%
_ldprag_1	-0.6754765	-49.1%
_cons	2.408182	1011.4%

Fuente: Elaboración propia

En general, se aprecia que la diferencia entre incidencia de las inversiones, es superior al 8% si en cada gestión, las inversiones realizadas por COMIBOL, se hubieran efectivizado. Es decir, que en promedio, un millón de bolivianos adicionales de inversión total (colas + relaves) en alguna gestión de la muestra, hubiera generado un 8,4% de incremento en el valor de los ingresos de COMIBOL. Los coeficientes restantes, corresponden a estimaciones que no tendrían mayor relevancia.

**Gráfica N° 28**  
**Valor de los ingresos de COMIBOL, estimados por ambos modelos**  
**(En millones de bolivianos)**



Fuente: Elaboración Propia

---

*Capítulo VIII.*

*Conclusiones y Recomendaciones*

---

**CAPITULO VIII****CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES****8.1 CONCLUSIONES DE LOS OBJETIVOS****8.1.1 CONCLUSIONES DEL OBJETIVO GENERAL.**

Con la presente investigación, se ha demostrado que de aplicar una política minera orientada a la inversión en el desarrollo y explotación de las colas, relaves y desmontes estatales de Estaño y Plata tiene un impacto positivo en el ingreso estatal, siendo que de acuerdo al modelo econométrico desarrollado en el Capítulo VI, se establece que por cada millón de bolivianos que se invertirían en el tratamiento de estos pasivos ambientales, incrementa en un 8,4% los ingresos estatales de la COMIBOL.

**8.1.2 CONCLUSIONES DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

En el desarrollo y contenido del Capítulo III se identificó el origen, la importancia económica y características generales de las colas, relaves y desmontes estatales de Estaño y Plata. Asimismo, se ha descrito brevemente los procesos minero metalúrgico para el tratamiento de las colas relaves y desmontes estatales de Estaño y Plata, estableciéndose que existen muy pocos estudios relevantes ajenos a los desarrollados por la Dirección de Proyectos de COMIBOL que permitan un mayor detalle técnico y económico.

De igual manera, en el Capítulo III se ha cuantificado los Recursos Minerales en Toneladas Métricas Brutas contenidos en las colas, relaves y desmontes estatales de estaño y Plata, estableciéndose una cantidad de 71.695.418 T.M.B.

Por su parte, en el Capítulo IV se ha establecido la existencia de una demanda insatisfecha mundial para los minerales tradicionales estaño y plata de acuerdo a la siguiente desagregación:

**8.1.2.1 Estaño**

Con referencia al mercado del Estaño, se evidencia que la participación nacional respecto de la producción mundial, alcanza a un promedio del 14%, durante el periodo 2000-2005, la demanda mundial insatisfecha anualmente alcanza aproximadamente al 10%, es decir que la producción de estaño solamente estaría cubriendo un 90% de la demanda promedio.

**8.1.2.2 Plata.**

Con referencia al mercado de la Plata, se evidencia que la participación nacional respecto de la producción mundial, alcanza a un promedio del 0,40%, durante el periodo 2000-2005, la demanda mundial insatisfecha anualmente alcanza al 48.5%, es decir que la producción mundial de estaño solamente estaría cubriendo un 51.45% de la demanda promedio.

Para la explotación y tratamiento de las colas, relaves y desmontes estatales de estaño y plata, la inversión requerida asciende a \$us.42.859.201, importe detallado en el Cuadro N° 24.

Por otra parte, aplicando los porcentajes de recuperación de Estaño y Plata en los Recursos Minerales contenidos en las colas, relaves y desmontes, el valor monetario potencial de éstos alcanza a \$us. 2.471.051.604.

Como se ha visto, los Recursos Minerales contenidos en las colas, relaves y desmontes estatales, mismas que alcanzan a 71.695.418 Toneladas Métricas Brutas están cuantificadas como las más grandes del país, y se constituyen en pasivos ambientales con un gran valor económico. Por ello, la investigación coadyuva y sirve de base para impulsar su desarrollo, sienta las bases económicas para emprender proyectos de inversión y aprovechar los recursos en su integridad no solo como materia prima sino con valor agregado.

De ésta forma, queda demostrado que existe la necesidad de implantar una política minero metalúrgica de INVERSIÓN ó atracción a la Inversión, orientado al desarrollo y explotación de las colas, relaves y desmontes estatales, la Inversión es fundamental para obtener un impacto económico positivo en la generación de ingresos frescos y soberanos, lo que impulsará la actividad económica integral de cada región donde se encuentran dichos pasivos ambientales.

## 8.2 CONCLUSIONES DE LA HIPÓTESIS

La hipótesis formulada como una relación de tipo causal, y por lo demostrado con el desarrollo del presente documento, se determina la relación directa que existe entre las variables analizadas, GR Est., Inv. en Colas. IEC, Prod. Sn Ag Colas, Vol prod principmin VPM, estableciendo una vez más que el determinante para la producción en el campo de la minería tradicional y no tradicional es la Inversión, puesto que las inversiones promueven la producción y a mayor producción habrá mayores ingresos estatales.

## 8.3 RECOMENDACIONES

- Es muy importante promover a corto plazo el desarrollo regional mediante la ejecución de proyectos de inversión pública para el desarrollo y explotación de las colas, relaves y desmontes estatales para el aprovechamiento INTEGRAL de las riquezas minerales contenidas en dichos pasivos ambientales.
- La política minera estatal debe estar orientada a la posibilidad de obtener ventajas comparativas en la generación de ingresos frescos, para su reinversión en el ámbito nacional; lo cual impulsará el principio de fortalecimiento sucesivo de todos los complejos industriales que resulten técnica y económicamente viables.
- Las fortalezas que se debe aprovechar es la abundancia del mineral, la planificación y la estrategia que se plantea en el desarrollo de la tesis y la explotación factible.

## BIBLIOGRAFÍA

- Metodología de la Investigación, Hernández Sampieri
- Macroeconomía, Sachs Larraín
- Econometría Damodar Gujarati
- Estadística Informatizada, Eviews 5 – Stata 8, David Barrera Ojeda
- Fundación MEDMIN, Descripción de la situación Económica de la minería en Bolivia, 2000
- Fundemos: Fundación para la capacitación democrática. Proyecto del Salar de Uyuni, marzo de 1984.
- "Minerales No Metálico, RI y G de B" de Salomón Rivas Valenzuela.
- Frases y Discursos de Sergio Almaráz
- Nueva Universidad, el Litio 1990
- Teoría Económica de Leibenstein, 1980
- Políticas Macroeconómicas, una perspectiva latinoamericana, René Cortázar, p. 357
- Enfoque de los programas de ajuste estructural propuesto por el Banco Mundial a varios países en desarrollo.
- La Razón miércoles 30/03/2005
- La Prensa 25 junio de 2004
- Bolivia, Promoción del sector minero, Ministerio de Minería y Metalurgia
- COMIBOL, La Minería Boliviana, nuevo rol de COMIBOL y su visión a futuro, Informes Estadísticos 2001
- COMIBOL, Perspectiva Minera
- COMIBOL, Proyecto de explotación de ulexita "Delta de Río Grande, Salar de Uyuni
- INE Anuarios Estadísticos 2001, 2005, temas: PIB, IED en Minería, Explotación y Exportación de minerales.
- Viceministerio de Minería y Metalurgia, Unidad de Analisis de Política Sectorial
- Anuario Estadístico Minero Metalúrgico 2001, 2006 UAPS. VMM.
- Política Minera y Plan de Reactivación del Sector Minero (PRESEMIN).
- Revista Bolivia Exporta, Bolivia crece Diciembre 2005 pag. 12-33
- UMSA, Tesis Diagnostico y Perspectivas de Industrialización de los Recursos Evaporíticos del Salar de Uyuni 1990, Jose Antonio Omoya A. Ing. Industrial
- UMSA, Diseño final Planta Piloto de Carbonato de Litio UMSA, UATF, UTO, CORMIME-UMSA
- UMSA, Perspectivas Y Potencialidades de las exportaciones Mineras del Departamento de Potosí, 2004, Jesús Vargas C.
- UMSA, Estudio Económico para la explotación de ulexita en Propiedad de Cossmil, 2004 Milton Burgoa
- Asociación Nacional de Mineros Medianos, ANMM
- Mineral Commodity Summaries, Geological Survey, 1993, 2002, 2003, 2004, 2005
- World Mineral Statistics, British Geological Survey, 1996 - 2000
- World Mining Data
- Minerals Yearbook, USGS, 1990, 1991, 1999 Y 2000
- Apex Silver Mines Limited Anual Report 1997
- Metal Bulletin London, Precios internacionales de minerales en el mercado de Londres
- FMI, World Economic and Financial Survey 1990
- Informes de CIRESU al VMM.