



— Universidad —  
**Inca Garcilaso de la Vega**  
Nuevos Tiempos. Nuevas Ideas

FACULTAD DE INGENIERÍA ADMINISTRATIVA  
E INGENIERÍA INDUSTRIAL

MODALIDAD:

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Ejecución del Proceso de Recuperación de Valores de Oro y Plata**

**a partir de Relaves Antiguos Acumulados, con el Objetivo de**

**Generar Nuevos Ingresos para la Unidad Minera Orcopampa**

Para obtener el Título Profesional de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

Autor:

Bachiller: Muñoz Salazar, Roger

Asesor:

Magister: Barriga Herrera, Cesar Manuel

**Lima - Perú**

**2022**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo es gracias a los planes de Dios y al esfuerzo de mis ex compañeros de trabajo.



## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a la empresa Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., por haberme permitido trabajar e interactuar con profesionales que han contribuido a mi desarrollo profesional.

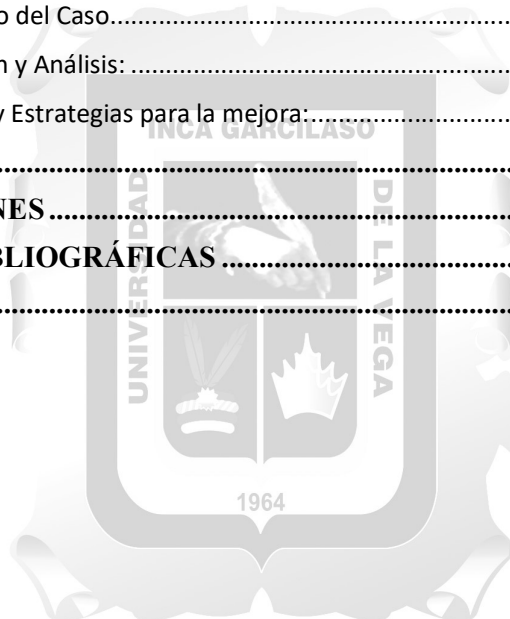
A la Universidad Inca Garcilaso de la Vega por darnos los conocimientos para contribuir al desarrollo del país.



## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN Y PALABRAS CLAVES .....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT AND KEYWORDS.....</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO I: INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1    Datos Generales.....</b>	<b>4</b>
1.1.1    Razón social.....	4
1.1.2    RUC.....	4
1.1.3    Dirección.....	4
1.1.4    Ubicación de Operaciones y Proyectos .....	4
<b>1.2    Actividad Principal .....</b>	<b>6</b>
1.2.1    Productos .....	6
1.2.2    Organigrama.....	6
1.2.3    Partes interesadas.....	9
1.2.4    Certificaciones.....	11
<b>1.3    Reseña Histórica y Realidad Problemática.....</b>	<b>11</b>
1.3.1    Reseña Histórica de la Empresa .....	11
1.3.2    Realidad Problemática de la Empresa.....	12
1.3.3    Definición del problema.....	12
1.3.4    Identificación de las causas .....	14
1.3.5    Análisis crítico y planteamiento de alternativas .....	16
<b>1.4    Misión, Visión y Valores.....</b>	<b>16</b>
1.4.1    Misión:.....	16
1.4.2    Visión:.....	17
1.4.3    Valores:.....	17
<b>1.5    Descripción del Área donde el Bachiller realizó sus Actividades.....</b>	<b>17</b>
1.5.1    Área de Planta concentradora .....	18
1.5.1.1    Proceso de Cianuración.....	18
1.5.1.2    Proceso de Flotación. ....	24
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>28</b>
<b>2.1    Marco Teórico General .....</b>	<b>28</b>
2.1.1    Antecedentes Internacionales: Oro y Plata en el Mundo .....	28
2.1.2    Antecedentes Nacionales: el oro y la palta en Perú.....	32
<b>2.2    Marco Teórico Específico.....</b>	<b>36</b>
2.2.1    Incremento de los Precios de los Metales .....	37

2.2.2	Proceso de Cianuración Carbón en Leach.....	37
2.2.3	Proceso Desorción.....	38
2.2.4	Concentración de carbonatos para hacer cemento.....	41
2.2.5	Clasificación de relaves para uso de relleno en mina .....	41
2.2.6	Transformación a ladrillo y transformación a cerámica.....	41
2.2.7	Evaluación Económica .....	41
<b>CAPÍTULO III: APLICACIÓN PROFESIONAL .....</b>		<b>49</b>
3.1	Contexto Laboral – Situacional .....	49
3.2	Descripción de las Actividades Realizadas por el Bachiller .....	50
<b>CAPITULO IV: APLICACIÓN PRÁCTICA .....</b>		<b>53</b>
4.1	Desarrollo Practico de las Contribuciones Planteadas por el Bachiller en la Empresa....	53
4.1.1	Síntesis de la Realidad Problemática:.....	53
4.1.2	Desarrollo del Caso.....	60
4.1.3	Aplicación y Análisis: .....	67
4.1.4	Registro y Estrategias para la mejora:.....	88
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>90</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>91</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>92</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>95</b>



## FIGURAS

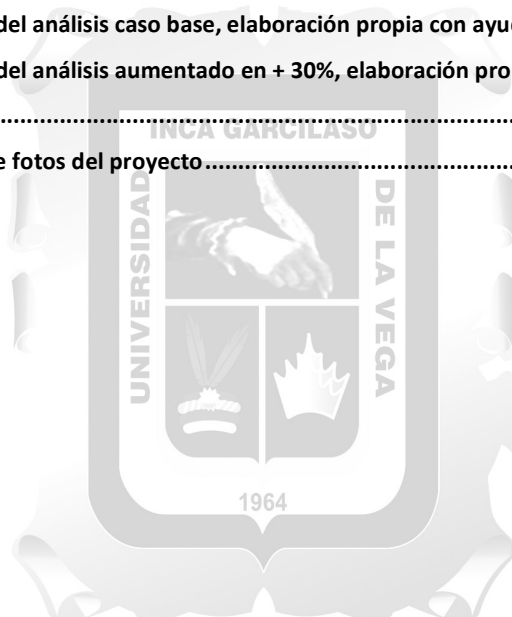
Figura 1 Ubicación de las operaciones y proyectos de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. ....	5
Figura 2 Organigrama de la unidad operativa Orcopampa .....	8
Figura 3 Organigrama de la Superintendencia de planta de la unidad operativa Orcopampa .....	9
Figura 4 Stakeholder de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. ....	10
Figura 5 Diagrama de Ishikawa con los factores para llevar a cabo el proyecto de Relave .....	15
Figura 6 Diagrama de Bloques de la planta de beneficio - Cianuración CIL .....	23
Figura 7 Diagrama de Bloques de la planta de beneficio - Flotación.....	27
Figura 8 Países productores de oro .....	29
Figura 9 Precio histórico del oro.....	30
Figura 10 Países productores de plata.....	31
Figura 11 Precio histórico de la plata .....	32
Figura 12 Producción histórica del oro en el Perú .....	33
Figura 13 Regiones del Perú productoras de oro.....	34
Figura 14 Producción histórica del oro en el Perú .....	35
Figura 15 Regiones del Perú productoras de plata .....	36
Figura 16 Diagrama de flujo del proceso de cianuración carbón en leach .....	39
Figura 17 Diagrama de flujo del proceso de desorción .....	40
Figura 18 Diagramas de flujo de fondos.....	43
Figura 19 Relave acumulado en estudio con vista de la gerencia central .....	54
Figura 20 Zonas definidas de mineralización.....	55
Figura 21 Puntos de Perforación en el Relave Acumulado .....	57
Figura 22 Sección N S, de las Filas A, B, C, D con Zonas Mineralizadas.....	59
Figura 23 La Recuperación: Dependencia de su Mayor Liberación Granulométrica.....	63
Figura 24 Curva de Equilibrio para la Adsorción del Oro Sobre el Carbón.....	64
Figura 25 Curva de Equilibrio para la Adsorción de la Plata Sobre el Carbón.....	65
Figura 26 Flujo de efectivo en miles de dólares .....	76
Figura 27 Análisis de sensibilidad del precio oro - plata, recuperación oro-plata, ley oro-plata, tonelaje, Inversión y tasa de interés Fuente: Análisis de sensibilidad unidimensional, elaboración propia .....	81
Figura 28 Resumen del análisis de sensibilidad unidimensional.....	82
Figura 29 Análisis de sensibilidad del valor presente neto por acción del precio oro vs Inversión y Tonelaje vs Recuperación Au .....	83
Figura 30 Análisis de sensibilidad del valor presente neto reduciendo -40% de los parámetros.....	84
Figura 31 Análisis de sensibilidad del valor presente neto reduciendo -20% de los parámetros.....	85
Figura 32 Análisis de sensibilidad del valor presente neto caso base .....	86
Figura 33 Análisis de sensibilidad del valor presente neto aumentando +30% de los parámetros.....	87

## TABLAS

Tabla 1 Leyes históricas de relave acumulado.....	56
Tabla 2 Tonelaje y ley promedio del Relave N° 3, obtenido de las 39 perforaciones y sus respectivos análisis de laboratorio .....	58
Tabla 3 Resultado de las interpretaciones de los sondajes por zonas de valores.....	60
Tabla 4 Resumen de resultados de las investigaciones metalúrgicas .....	62
Tabla 5 Onzas Recuperables.....	66
Tabla 6 Número de Tanques a Diferentes Tonelajes de Tratamiento por Día.....	67
Tabla 7 Flujo de Producción y las Onzas Recuperables por año.....	68
Tabla 8 Costos Operativos en dólares por Tonelada.....	68
Tabla 9 Costos de Inversión en miles de dólares .....	69
Tabla 10 Costos de Inversión en miles de dólares .....	70
Tabla 11 Costos de Inversión en miles de dólares .....	71
Tabla 12 Costos del mineral (\$/tn) .....	72
Tabla 13 Detalle de los Costos Operativos en miles de dólares.....	73
Tabla 14 Detalle de Costos compromisos adquiridos y depreciación en miles de dólares .....	73
Tabla 15 Detalle Cálculo de utilidades antes de impuestos e intereses en miles de dólares.....	74
Tabla 16 Detalle de cálculos a la base imponible en miles de dólares (utilidad antes de impuestos y/o beneficio operativo) .....	75
Tabla 17 Detalle Cálculo de utilidades antes de impuestos e intereses en miles de dólares.....	76
Tabla 18 Detalle de del flujo de efectivo en miles de dólares.....	77
Tabla 19 Resumen de análisis de sensibilidad .....	88

## ANEXOS

<b>Anexos 1 Detalle de cálculos de volumen y número de tanques .....</b>	<b>95</b>
<b>Anexos 2 Detalla los cálculos tonelaje y onzas por año .....</b>	<b>96</b>
<b>Anexos 3 Detalla la Inversión de Equipos e inversión de obras civiles.....</b>	<b>97</b>
<b>Anexos 4 Cálculos de cada componente del análisis unidimensional, elaboración propia con ayuda de software Excel .....</b>	<b>98</b>
<b>Anexos 5 Cálculos de cada componente del análisis dimensional -60%, elaboración propia con ayuda de software Excel.....</b>	<b>100</b>
<b>Anexos 6 Cuadro general del análisis con reducción del – 40%, elaboración propia con ayuda de software Excel .....</b>	<b>101</b>
<b>Anexos 7 Cuadro general del análisis con reducción del – 20%, elaboración propia con ayuda de software Excel .....</b>	<b>102</b>
<b>Anexos 8 Cuadro general del análisis caso base, elaboración propia con ayuda de software Excel ....</b>	<b>103</b>
<b>Anexos 9 Cuadro general del análisis aumentado en + 30%, elaboración propia con ayuda de software Excel .....</b>	<b>104</b>
<b>Anexos 10 3 Secuencias de fotos del proyecto .....</b>	<b>107</b>





## RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

La Unidad Económica Administrativa Orcopampa, el año 2007, vio la oportunidad, asumiendo el reto de procesar parte de los relaves de la cancha N° 3, con el propósito de recuperar valores de oro y plata y aprovechar a atender la solución a impactos ambientales existentes.

Se ha evidenciado la existencia de 1'066,233 Tm, con una ley promedio para el oro (Au) de 2.20 gramos por tonelada (g/Tm) y para la plata (Ag) de 12.03 gramos por tonelada (g/Tm). El objetivo de este procesamiento es obtener 52,633 onzas de oro (OzAu) y 231,8985 onzas de plata (OzAg) recuperables, con una recuperación metalúrgica promedio estimadas en 77% para el oro (Au) y 62% para la plata (Ag).

De acuerdo con la evaluación económica el proyecto es factible, para un precio de los metales de \$500 Onza Oro y \$13.0 Onza Plata, dando una tasa interna de retorno de 58.9%, con un flujo efectivo de \$7,404,847 millones y valor presente neto de \$4,736,794 millones.

El procesamiento del relave consideró la cianuración carbón en leach (CIL) y desorción. El proyecto fue favorecido con el uso de los equipos instalados que tiene capacidad disponible en la planta de procesos, dentro del ámbito de la concesión de beneficio existente y sin afectar nuevas áreas, realizar instalaciones adicionales y poder alcanzar la capacidad de 1800 tmsd autorizada. En el año 2007 se venía procesando un promedio de 1,258.53 tmsd (1,188.07 tmsd por cianuración y 70.46 tmsd por flotación). El residuo de este procesamiento será depositado en la actual cancha de relaves N° 4.

Se resalta que, las demás etapas de la planta de procesos actual, como son los circuitos de chancado, molienda, gravimetría, cianuración, precipitación y fundición no sufrirán modificación y continuarán operando.

Palabras Claves: Flotación, Relave, Recuperación (%), Cianuración, Ley de mineral (g/tn), Oro y Plata

## ABSTRACT AND KEYWORDS

In 2007, the Orcopampa Administrative Economic Unit saw the opportunity, taking on the challenge of processing part of the tailings from yard No. 3, with the purpose of recovering gold and silver values and taking advantage of addressing the solution to existing environmental impacts.

The existence of 1,066,233 Tm has been evidenced, with an average grade for gold (Au) of 2.20 grams per ton (g/Tm) and for silver (Ag) of 12.03 grams per ton (g/Tm). The objective of this processing is to obtain recoverable 52,633 ounces of gold (OzAu) and 231,898 ounces of silver (OzAg), with an estimated average metallurgical recovery of 77% for gold (Au) and 62% for silver (Ag).

According to the economic evaluation, the project is feasible, for a metal price of \$500 Gold Ounce and \$13.0 Silver Ounce, giving an internal rate of return of 58.9%, with an effective flow of \$7,404,847 million and a net present value of \$4,736,794 million.

Tailings processing considered carbon cyanidation in leach (CIL) and desorption. The project was favored with the use of the installed equipment that has available capacity in the process plant, within the scope of the existing benefit concession and without affecting new areas, carrying out additional installations and being able to reach the authorized capacity of 1,800 tmsd. In 2007, an average of 1,258.53 tmsd was processed (1,188.07 tmsd for cyanidation and 70.46 tmsd for flotation). The residue from this processing will be deposited in the current tailings dam No. 4.

It is highlighted that the other stages of the current process plant, such as the crushing, grinding, gravimetry, cyanidation, precipitation and smelting circuits, will not be modified and will continue to operate.

Keywords: Flotation, Tailings, Recovery (%), Cyanidation, Ore grade (g/Tm), Gold and Silver

## INTRODUCCIÓN

El objetivo general del presente trabajo de suficiencia profesional es la ejecución del proceso de recuperación de valores de oro y plata a partir de relaves antiguos acumulados para generar nuevos ingresos para la Unidad Minera Orcopampa, en una coyuntura mundial del alza de precios, la aplicación de las nuevas tecnologías, la evolución de las regulaciones de los sectores industriales y las buenas prácticas de gestión social.

El presente trabajo comprende un primer capítulo que brinda información de la empresa Compañía minas Buenaventura, como son: datos generales de la actividad extractiva de minerales a la que está dedicada, veremos sus productos, sus stakeholders, una reseña histórica, bajo el contexto de su misión, visión y valores e identificar una oportunidad de proponer el proyecto de proceso de relave en valor, sustentada en un desarrollo de la realidad problemática y análisis crítico.

En el segundo capítulo profundizaremos en el marco teórico general y específico, para establecer antecedentes internacionales y nacionales para dar viabilidad al proyecto de proceso de relaves.

En el capítulo tres describiremos el contexto donde el bachiller se desarrolló profesionalmente empleado sus conocimientos que apoyaron a identificar la oportunidad de procesar los relaves.

En el capítulo cuarto plasmaremos los resultados del proyecto, producto de las contribuciones prácticas del conocimiento del bachiller para el desarrollar el proyecto, mediante aplicaciones, como por ejemplo la evaluación económica y su respectivo análisis adquiridos en la universidad.

Terminando con unas conclusiones y recomendaciones, que ayuden a tomar decisiones futuras para otras oportunidades en todos los sectores de la industria.

Así mismo, la empresa considera que la ejecución de este proyecto permitió incrementar la oportunidad de empleo en la zona y contribuirá al desarrollo sostenible de las comunidades aledañas, del sector y del país.

## CAPÍTULO I: INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

### 1.1 DATOS GENERALES

Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., es una empresa peruana productora de metales preciosos con más de 69 años de experiencia en actividades de exploración, desarrollo, construcción y operación de minas.

Iniciaron sus operaciones en el año 1953 con la adquisición de la mina Julcani, en Huancavelica. Desde entonces desarrollamos una cultura empresarial que tiene como eje el cuidado del medio ambiente, la salud y la seguridad de todos nuestros colaboradores y el respeto a las comunidades.

Es la primera empresa minera latinoamericana en listar en la Bolsa de Valores de Nueva York desde 1996. (<https://www.buenaventura.com/es/nosotros#historia>, 2022)

#### 1.1.1 *Razón social*

Compañía de Minas Buenaventura S.A.A

#### 1.1.2 *RUC*

RUC: 20100079501

#### 1.1.3 *Dirección*

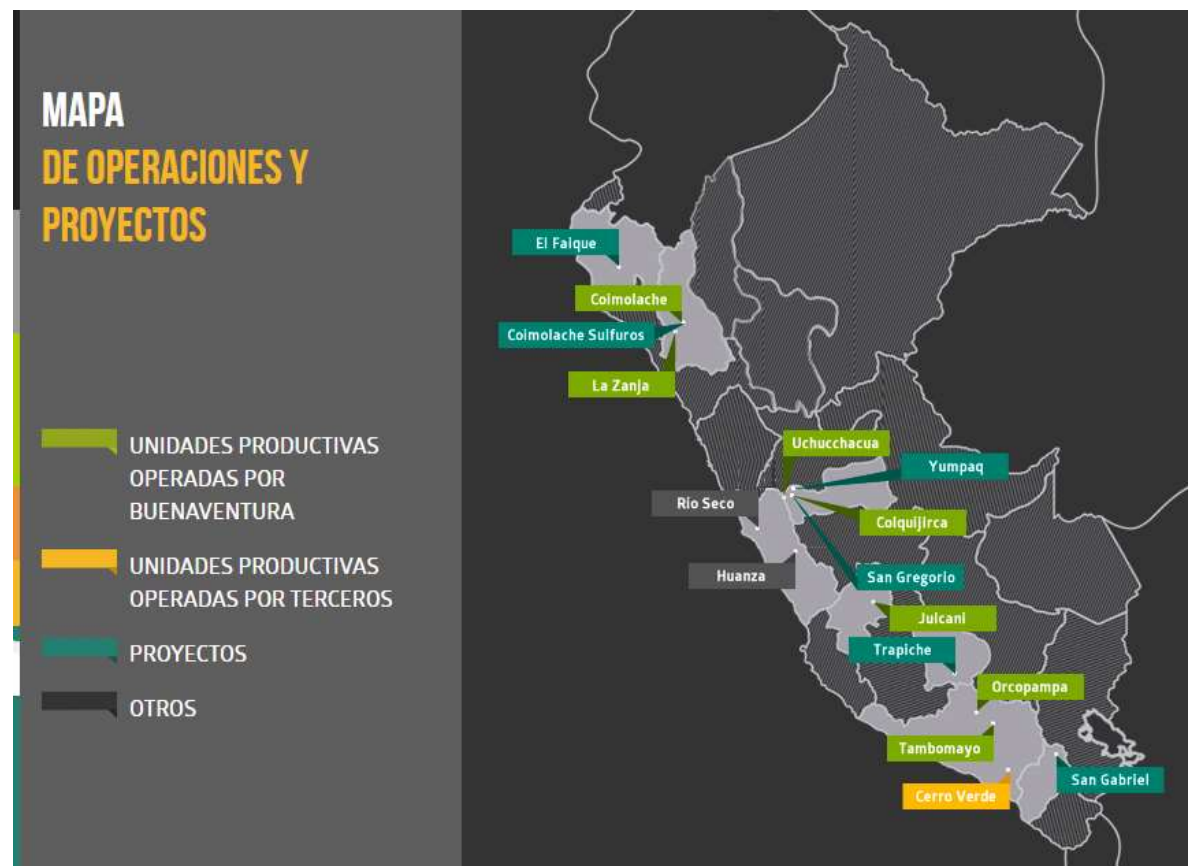
Oficina de Lima están ubicadas en, Las Begonias 415, Piso 19, San Isidro Lima – Perú. La unidad minera Orcopampa se ubica en la región de Arequipa en la provincia de castilla a 3225 m.s.n.m, está aproximadamente a 150 kms. al norte de la ciudad de Arequipa. (<https://www.buenaventura.com/es/nosotros#historia>, 2022)

#### 1.1.4 *Ubicación de Operaciones y Proyectos*

Compañía de minas buenaventura tiene presencia con su operaciones y proyectos a nivel nacional, el proyecto se realizó en la unidad de Orcopampa en la región Arequipa. (en el Figura N°1 se observa la ubicación de las operaciones y proyectos de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.)

**Figura 1**

*Ubicación de las operaciones y proyectos de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.*



Fuente: Mapa del Perú con Operaciones y Proyectos. Reproducido de (<https://www.buenaventura.com/es/operaciones#mapa-de-operaciones-y-proyectos>, 2022)

## **1.2 ACTIVIDAD PRINCIPAL**

La actividad principal de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., es la producción de metales preciosos, procesando minerales provenientes de minas subterráneas y minas a tajos abiertos.

### **1.2.1 *Productos***

Compañía de minas buenaventura es una productora de metales preciosos, dentro de su cartera está producir Oro, Plata, Plomo, Zinc y Cobre.

Sus métodos de explotación, extracción son a tajo abierto y subterráneo. El método de tajo abierto es una operación de movimiento de tierras masivas y alto tonelaje por tener menor ley de valores en el mineral, se preparan extensas áreas con alto volumen de mineral y la explotación se realiza disparando taladros utilizando dinamita, con el objetivo de fracturar a una granulometría adecuada el mineral, para ser trasladado en carros mineros de alto tonelaje para su procesamiento.

El método subterráneo, es una operación de interior mina que explota minerales de alta ley, para su explotación en mina usa el método de “corte y relleno” (Gutiérrez Híjar, 2008, pag 13), preparando los tajos mediante chimeneas a lo largo de la galería, el mineral se rompe disparando taladros utilizando dinamita, el acarreo de mineral se hace en carros mineros.

Para el caso de estudio la unidad Orcopampa este una mina subterránea, El mineral es tratado en una planta concentradora, que empela los procesos de Flotación y Cianuración para obtener productos de con valor económico en concentrados y lingote dore.

### **1.2.2 *Organigrama***

La empresa cuenta con una casa matriz donde esta las siguientes jefaturas corporativas:

- Presidente de directorio
- 6 directores
- Gerente general
- Vicepresidente de operaciones

- Vicepresidente de sostenibilidad
- Vicepresidente de finanzas y administración
- Vicepresidente de desarrollo de negocios y comercialización

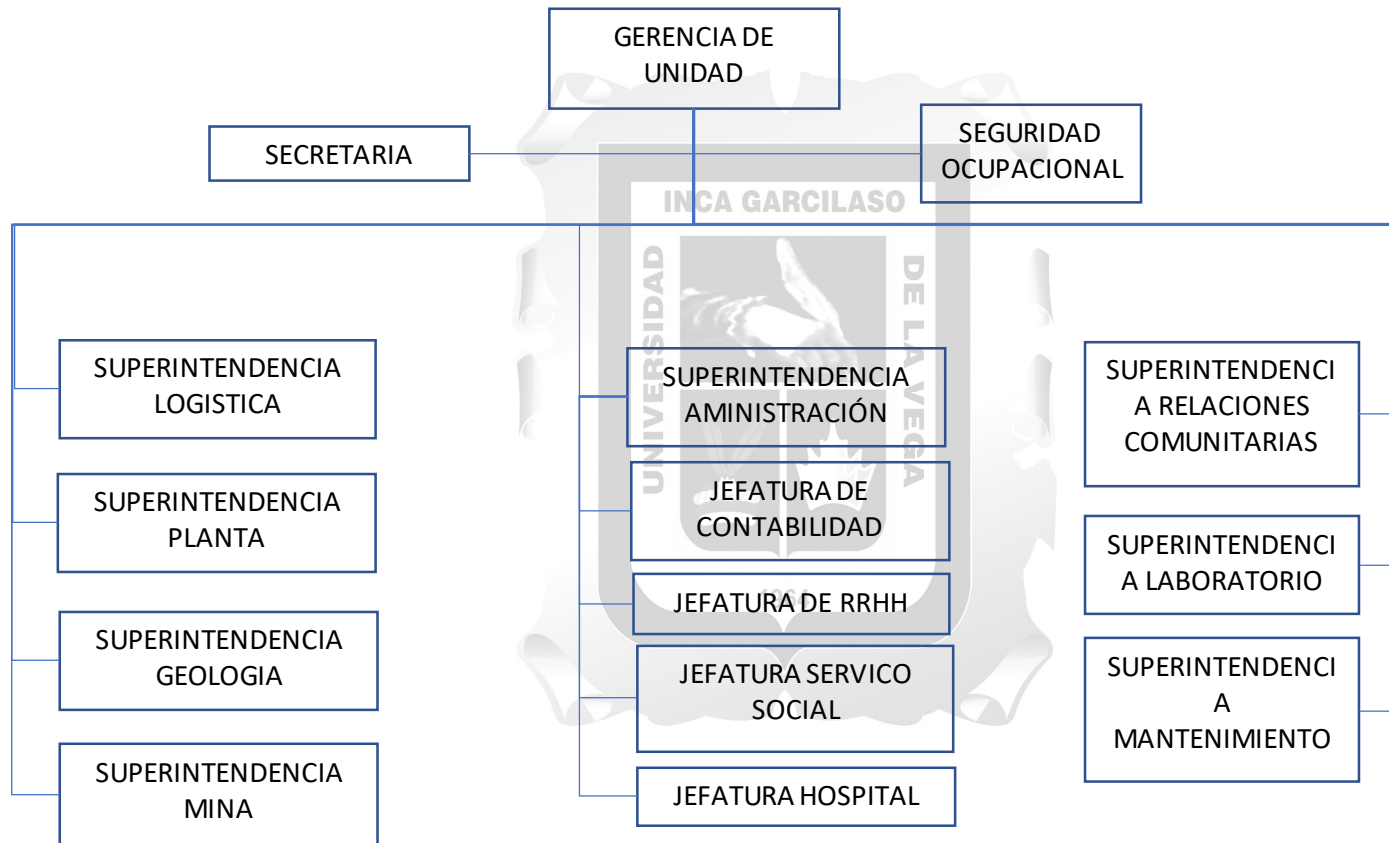
( <https://www.buenaventura.com/es/inversionistas/directorio-y-gerencia>, 2022)

Se tiene un organigrama de la unidad de operación Orcopampa que está liderada por una gerencia de unidad, dos áreas de apoyo y 8 áreas operativas (en el Figura N°2 se observa el organigrama de la unidad operativa Orcopampa)



**Figura 2**

*Organigrama de la unidad operativa Orcopampa*



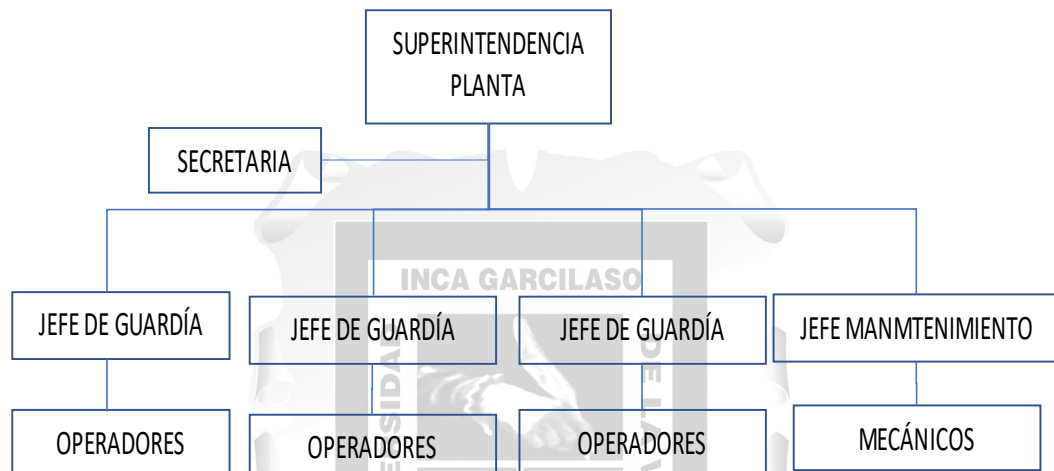
*Fuente: Elaboración propia, Adaptado de (Aquepucho Meza, 2022, pág, 3)*



Así mismo el área de planta donde se realizó el proyecto está comprendida por una superintendencia, un área de apoyo y 4 áreas de operaciones, distribuida en guardias de un sistema de trabajo 20 x 10 (en el Figura N°3 se observa el organigrama de la Superintendencia de planta de la unidad operativa Orcopampa)

**Figura 3**

*Organigrama de la Superintendencia de planta de la unidad operativa Orcopampa*



Fuente: Elaboración propia

### 1.2.3 ***Partes interesadas***

La empresa es dirigida por el grupo Benavides, las partes interesadas son los accionistas, actores internos, el estado y las comunidades.

Los accionistas, tienen un vínculo económico con la empresa asegurando el financiamiento y beneficiándose de su rentabilidad, traducido en dividendos, la empresa cotiza en la Bolsa de Nueva York (NYSE - New York Stock Exchange). ( <https://www.buenaventura.com/es/inversionistas/directorio-y-gerencia>, 2022)

Los actores internos, que suma alrededor de 5,000 trabajadores, que se benefician directamente y son representado por los directivos, trabajadores y proveedores, que están trabajan bajo políticas, valores y procedimientos corporativos. (en el Figura N°4 se observa los Stakeholder de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.)

**Figura 4**

*Stakeholder de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.*



Fuente: Elaboración propia

El estado, es el ente regulador que apoya a la actividad, beneficiándose con los impuestos, las entidades reguladoras son OSINERMIN; OEFA, MINEN, SUNAFIL y Ministerio de Trabajo.

y las 3 comunidades que son el distrito de Chachas, el distrito Chilcaymarca y el distrito de Orcopampa, las operaciones se encuentran dentro de su jurisdicción del distrito de Orcopampa quien cuenta con 15 anexos Allhuire, Huancarama, Marcani, Misahuanca, Panahua, Tintaymarca, Vizcacuto. Huimpilca, Lontojoya, Condorhuayco, Calera,

Misapuquio, Sarpane, Sausa y Choquetambo. Son los actores que se encuentran alrededor de las operaciones que ven afectados positiva o negativamente, con quienes se desarrolla relaciones de cooperación e involucramiento, a través de convenios, obras por impuestos, apoyos en educación, salud, infraestructura, de esta manera se sientan escuchados y respetados con el objetivo de tener una larga convivencia amigable y estable.

#### **1.2.4 Certificaciones**

La empresa el año 2007, contaba para las operaciones con el certificado de gestión ISO 9001 y está vigente hasta la actualidad, para la Seguridad y Salud ocupacional se regía por el certificado de gestión OHSAS 18001, la ley 29783, a la actualidad cuenta con certificados de gestión ISO 45001 y contaba con el certificado de gestión ISO 14001 para medio ambiente y lo tiene vigente hasta la actualidad, así mismo también cuentan en la actualidad con el BSAC para comercialización. (<https://www.buenaventura.com/es/nosotros#historia>, 2022)

### **1.3 RESEÑA HISTÓRICA Y REALIDAD PROBLEMÁTICA**

#### **1.3.1 Reseña Histórica de la Empresa**

La empresa inicia sus operaciones el año 1953 con el inicio de las operaciones de Julcani, para el 1956 inician operaciones de Recuperada, el año 1967 pone en operación la planta de flotación de Orcopampa, el año 1975 inicia la operación de la planta de flotación en Uchucchacua, el año 1977 inicia sus actividades la empresa de ingeniería BISA, el año 1979 adquieren participación en el Brocal, el año 1980 inicia las operaciones de Ishihuinca y constituyen la empresa eléctrica CONEHUA, el año 1989 Shila y Paula inician operaciones, el año 1993 se produce la primera barra doré en Yanacocha, el año 1994 participan conjuntamente con Cyprus Minerals en la privatización de cerro verde, el año 1996 licitan en la bolsa de Nueva York – NYSE, el año 2001 inician operaciones en Antapite, el año 2010 ponen en operación la Zanja, el año 2011 se obtiene la 'primera barra de Coimolache, el año 2012 sacan pone el operación Mallay y Breapampa, el año 2013 inauguran planta industrial de Rio Seco,

el año 2014 terminan la construcción de la Hidroeléctrica Huanza, el año 2016 se obtiene la primera barra doré en Tambomayo. (<https://www.buenaventura.com/es/nosotros#historia>, 2022)

### ***1.3.2 Realidad Problemática de la Empresa***

La existencia de yacimientos con bajos niveles de producción, bajos contenido metálico (menor ley de mineral) y que requiere de mayor inversión, están a la expectativa de su ejecución o de lo contrario son postergados indefinidamente. Ello debido a que son materias primas (commodity) que son comercializados en los mercados financieros alrededor del mundo, esperando mejores oportunidades de crecimiento de la demanda, el desarrollo de nuevas tecnologías y principalmente el incremento de los precios de los metales, resultando ser atractivos para darle viabilidad económica a este tipo de yacimientos, brindando la oportunidad de convertir el proyecto en su ejecución para su operación.

Así mismo debido a exigentes regulaciones ambientales, los relaves que se encuentran en la categoría de yacimientos con bajos contenido metálico, la industria minera tiene que evaluar la opción de procesarlos o tomar la decisión de cerrarlos cuando ya han cumplido con su vida útil. Ello obliga a las empresas a remediar relaves antiguos, almacenar mayor cantidad de material en la misma área, o tengan que encontrar nuevas áreas de terreno para su almacenamiento o beneficiarlos por un proceso innovador que le facilite su viabilidad económica.

### ***1.3.3 Definición del problema***

#### ***Problema General:***

- ¿La ejecución del Proceso de Recuperación de Valores de Oro y Plata a partir de Relaves Antiguos Acumulados, generar nuevos ingresos para la Unidad Minera Orcopampa?

La unidad minera Orcopampa propiedad de la Compañía de minas Buenaventura S.A.A., como parte de su plan de explotación en el año 2007, al evaluar los minerales acumulados en su relavera, determino su tonelaje en 1,066,233 Tn, los contenidos

metálicos se consideraron de baja ley, los cuales luego de ser evaluados, se les determinó una ley promedio de oro (Au) de 2.20 g/Tm y de plata (Ag) de 12.03 g/Tm. Valores que lo califican a este como un depósito mineral con bajo contenido de oro y plata, dando 75,347 onzas de oro (OzAu) y 412,293 onzas de plata (OzAg)

### ***Problemas Específicos***

- ¿La coyuntura mundial del alza de precios de los metales contribuirán a generar nuevos ingresos para la Unidad Minera Orcopampa?

Para este periodo de tiempo, los mercados internacionales registraron una evolución para las cotizaciones del oro y la plata, con la siguiente variación, \$288 USD/oz promedio para el año 2000 a \$500USD/oz promedio para el año 2007.

- ¿La aplicación de las nuevas tecnologías para la recuperación de los metales de oro y plata contribuirán a generar nuevos ingresos para la Unidad Minera Orcopampa?

Así mismo, en el Perú aparecen métodos de extracción y procesamiento con tecnologías modernas como el proceso de cianuración con carbón en Leach y desorción., los cuales ofrecen desempeños de extracción y recuperación óptimos aunado a sus bajos costos.

- ¿La evolución de las regulaciones de los sectores industriales para la recuperación de los metales de oro y plata contribuirán a generar nuevos ingresos para la Unidad Minera Orcopampa?

También la entidad reguladora del sector incluye nuevos cumplimientos y los estándares y requisitos de protección ambientales.

- ¿Las buenas prácticas de gestión social para la recuperación de los metales de oro y plata contribuirán a generar nuevos ingresos para la Unidad Minera Orcopampa?

Sumado a esta coyuntura, La Cía. de Minas Buenaventura, en su política de gestión social, se ha caracterizado por sostener relaciones de transparencia y respeto a las Comunidades localizadas en las proximidades de la Unidad Minera.

Este proyecto brinda la oportunidad de ejecutar un proyecto económicamente viable que “utilice las mejores prácticas y tecnologías disponibles, respetando las leyes y reglamentaciones vigentes manteniendo un compromiso permanente con la excelencia, respetando las costumbres locales e integrarnos a las comunidades, minimizando los impactos negativos al medio ambiente y brindando oportunidad a la mano de obra local.” (Plan de Contingencia y Capacidad de Respuesta ante, 2006, pág 4)

#### 1.3.4 *Identificación de las causas*

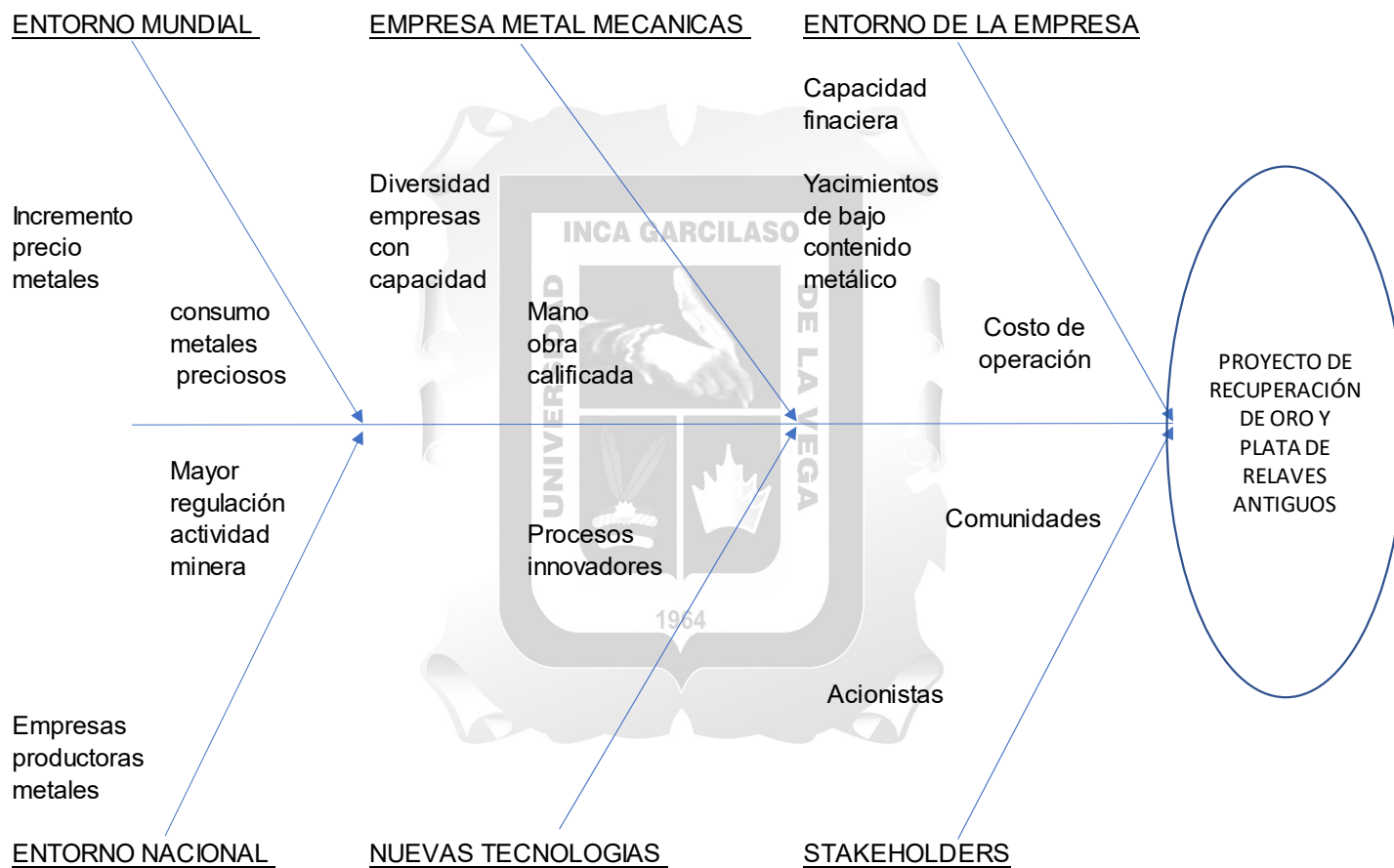
Con el objetivo de viabilizar al proyecto de recuperación de valores de oro y plata de los relaves, con una óptima eficiencia operativa, se tuvo en consideración la evaluación de 6 factores, el entorno mundial, el entorno nacional, los procesos innovadores, las empresas metal mecánicas, el entorno de la empresa y los stakeholders. (en el Figura N°5 se observa el diagrama de Ishikawa con los factores para llevar a cabo el proyecto de Relave)

- Entorno mundial
- Entorno nacional
- Procesos innovadores
- Empresas metal mecánicas
- Entorno de la empresa
- Stakeholders

De las causas evaluadas, las causas del entorno mundial, el entorno nacional, los procesos innovadores y el entorno de la empresa, fueron más decisivas y concluyentes.

**Figura 5**

*Diagrama de Ishikawa con los factores para llevar a cabo el proyecto de Relave*



Fuente. Elaboración propia, adaptado del Diagrama de Ishikawa

### 1.3.5 *Análisis crítico y planteamiento de alternativas*

En el análisis del primer concepto interno válido, se tomó como premisa los yacimientos con bajos contenido metálico, debido a que el relave cae en esta categoría, demostrado con el estudio geológico, así mismo se realizó análisis de valores por laboratorio y pruebas metalúrgicas con el objetivo de definir el proceso y la recuperación de los valores del mineral de oro y plata.

Los valores en el depósito de relave evidenciaron la existencia de 1'066,233 Tm, con una ley promedio para el oro (Au) de 2.20 g/Tm y para la plata (Ag) de 12.03 g/Tm., brindando un resultado de condiciones favorables con un objetivo de procesar y obtener 52,633 OzAu y 231,898 OzAg recuperables.

En segundo término, la validez externa, referida a las condiciones favorables del entorno mundial y nacional, principalmente al incremento de precio del oro de \$288 USD/oz el año 2000 a \$500USD/oz al año 2007, y la llegada de las nuevas tecnologías de cianuración carbón en leach y desorción, resultando atractivo económicamente reuniendo condiciones de oportunidad para su ejecución.

Compañía de minas Buenaventura S.A.A., para tomar una decisión, realizó una evaluación económica, sustentada en un estudio de factibilidad y una evaluación financiera, con criterios de VAN Y TIR, viendo la oportunidad de la coyuntura y las regulaciones ambientales, acepta la validez del entorno interno y externo, planteando la ejecución del proceso de relaves por cianuración.

## 1.4 MISIÓN, VISIÓN Y VALORES

### 1.4.1 *Misión:*

Ser el operador minero de elección y de mayor aceptación para las comunidades, las autoridades y la opinión pública en general.

Generar la más alta valoración de la compañía ante todos sus públicos de interés (stakeholders). (<https://www.buenaventura.com/es/nosotros#historia>, 2022)



#### 1.4.2 *Visión:*

Desarrollar recursos minerales generando el mayor valor posible a la sociedad.  
(<https://www.buenaventura.com/es/nosotros#historia>, 2022)

#### 1.4.3 *Valores:*

Seguridad: es un valor central que promueve el respeto a la vida de nuestros colaboradores y que está presente en todos nuestros procesos, operaciones y actividades.

Honestidad: actuamos de manera recta y proba, sin mentir, engañar u omitir la verdad.

Laboriosidad: sentimos pasión por nuestro trabajo; damos lo mejor de nosotros y actuamos de manera eficiente, segura y responsable.

Lealtad: estamos comprometidos con nuestra empresa, misión, visión y valores. Somos parte de un mismo equipo.

Respeto: demostramos consideración y trato cortés hacia las personas, sus ideas, su cultura y sus derechos.

Transparencia: nuestras comunicaciones y actos son veraces, claros, oportunos y sin ambigüedad. (<https://www.buenaventura.com/es/nosotros#historia>, 2022)

### **1.5 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DONDE EL BACHILLER REALIZÓ SUS ACTIVIDADES**

La unidad minera Orcopampa tiene tres áreas operativas, geología, mina, planta; y siete áreas de apoyo, contabilidad, almacén, mantenimiento, RR.HH., laboratorio, relaciones comunitarias y Seguridad.

El área de trabajo fue realizada en la planta concentradora.

### 1.5.1 *Área de Planta concentradora*

La planta concentradora de capacidad de 1800 TMD, es el área donde se procesa en varias etapas el mineral que contiene Oro (Au) y Plata (Ag), que sale de la mina, con la finalidad de obtener productos comerciales en concentrado y barras dore.

Los procesos que se vienen empleando en la planta para la obtención de los productos comerciales son cianuración y flotación, (<https://www.911metallurgist.com>, 2022):

#### 1.5.1.1 **Proceso de Cianuración.**

En el proceso metalúrgico de cianuración se obtiene barras dore por reducción del mineral y la adición de cianuro, empleando las siguientes secciones operativas

- Chancado
- Molienda, Clasificación y Concentración gravimétrica
- Cianuración del concentrado gravimétrico
- Cianuración del relave de la gravimetría – proceso CIL
- Desorción, Electrodeposición y Regeneración
- Merrill Crowe - Precipitación
- Fundición
- Disposición de relaves

La descripción de las operaciones es la siguiente.

***Operaciones de Chancado.*** El mineral proveniente de la mina Chipmo (vetas Prometida, Nazareno y otras), es alimentado en un tamaño promedio de 8”, obteniéndose luego del chancado, un producto con un tamaño promedio menor a 3”. El mineral chancado mediante una faja transportadora es almacenado en una tolva pulmón de 2000 TM de capacidad.

La chancadora trabaja 15 horas por día con una capacidad promedio de 80 TM/h.

El mineral chancado es almacenado en una tolva de 2000 toneladas. De allí se alimenta al circuito de molienda mediante dos fajas alimentadoras, donde también se controla el peso del mineral que alimenta a la molienda.

#### Operación de Molienda

***Molienda Primaria.*** Este circuito está compuesto por un molino 15.5' x 11' y una zaranda vibratoria 6' x 12', operando en circuito cerrado. Es decir, la descarga del molino alimenta por gravedad a la zaranda vibratoria 6' x 12', por lo que el producto grueso de este clasificador, mediante una faja transportadora, retorna a la alimentación del molino.

El producto fino de la zaranda vibratoria 6' x 12', previamente muestreado por un muestreador automático de cabeza, es enviado por gravedad al cajón de las bombas de la molienda secundaria.

***Molienda Secundaria y Concentración Gravimétrica.*** La molienda secundaria está constituida por el molino de bolas 12' x 16', que trabaja con sus respectivas baterías de ciclones en circuito cerrado. Los gruesos de los ciclones D-15 con una densidad de 1 800 g/L retornan al molino 12' x 16', completándose de esta manera el circuito cerrado

Una porción de la pulpa de este circuito se alimenta a un concentrador centrífugo. Se obtiene así un concentrado gravimétrico, que luego pasa a ser tratado en el circuito de cianuración. El concentrador centrífugo opera con su respectiva zaranda y cuenta adicionalmente con un equipo concentrador Knelson en stand bay.

El producto fino de la batería de ciclones, con una granulometría promedio de 90 % en la fracción de tamaño – 200, se alimenta al circuito de cianuración CIL.

***Cianuración de Concentrados Gravimétricos.*** En esta etapa se procesa el concentrado obtenido por gravimetría mediante cianuración intensiva en tanques de cianuración Pachuca y Chapacocos. La pulpa es filtrada para obtener solución rica que es clarificada y enviada al Merrill Crowe. Los sólidos filtrados

son enviados al proceso CIL. La recuperación en esta etapa es de aproximadamente 98.7 % para el oro y 83.5 % para la plata.

**Cianuración (CIL).** El proceso de cianuración (CIL), es el método de adsorción del oro en el carbón activado durante la cianuración en tanques agitadores. El carbón activado es descargado en contracorriente. La descarga del proceso de cianuración (CIL), es la pulpa de relave que es transferida al sistema de destrucción de cianuro.

**Destrucción de Cianuro de la pulpa de Relave.** La destrucción de cianuro se realiza mediante el método del ácido de caro, que se forma de la mezcla del peróxido de hidrógeno y el ácido sulfúrico. La pulpa de relave es transferida por gravedad a un tanque reactor, donde se dosifica el ácido caro para lograr la destrucción de cianuro.

**Circuito de Desorción, Electrodeposición y Regeneración.** Mediante el proceso de desorción se extrae el oro y la plata adsorbido en el carbón. Resulta así una solución cargada en oro y plata, metales que luego son recuperados por electrodeposición.

El carbón después de la desorción es regenerado. Se realiza mediante reactivación térmica, que permite recuperar las propiedades de adsorción del carbón.

**Merill Crowe – Precipitación.** En esta etapa se recuperan el oro y la plata de la solución rica clarificada mediante la precipitación con polvo de zinc. La solución rica del over flow del espesador se junta con la solución rica de la cianuración de concentrados gravimétricos. Esta solución es clarificada y desoxigenada. Posteriormente se agrega zinc en polvo, ocurriendo la precipitación del oro y de la plata. Esta solución es bombeada hacia los filtros prensa para separar el precipitado (<https://www.911metallurgist.com>, 2022).

El precipitado cosechado contiene un valor promedio de 52% de oro y 13 % de plata. Luego se seca y calcina en la retorta.

**Fundición.** En esta etapa se recupera el oro y plata de los precipitados obtenidos por electrodeposición y de la precipitación obtenida por el uso de polvo de zinc. Finalmente, el precipitado es fundido para obtener barras bullión

**Instrumentación.** Con el objeto de mejorar la eficiencia metalúrgica y control ambiental se utiliza los siguientes controles instrumentales centralizados en un PLC:

- Control de torque, nivel de rastras, consumo de energía y nivel de interfase en el espesador de 70 ft y enlace a la bomba de dosificación de floculante;
- Control de densidad de pulpa y flujo de la pulpa espesada del espesador de 70 ft;
- Control de nivel de sumideros de las bombas de soluciones y relave;
- Monitoreo de consumo de energía de los agitadores;
- Control de encendido y apagado de bombas de transferencia de carbón entre tanques;
- Control automático de pH en la cianuración;
- Control de adición de cianuro;
- Monitoreo de todos los motores de planta; y
- Control de preparación de ácido caro.

**Disposición de Relave.** La pulpa de relave final proveniente del proceso CIL, es enviada a la cancha de relaves N° 04. La pulpa se decanta y las aguas clarificadas son retornadas nuevamente a la Planta para ser reutilizadas en las operaciones de la Planta. De esta forma no se tiene efluente alguno (“efluente cero”). La empresa cuenta con una Resolución de reciclaje

**Sistema de Disposición de Relaves.** El relave es conducido por gravedad a través de una tubería HDPE de 250 mm de diámetro hasta la coronación del dique (cota 3 799 msnm).

**Sistema de Recuperación de Aguas.** La recuperación de agua permite proveer una parte del agua necesaria para la operación de la planta. Se logra mediante el empleo de un sistema de bombeo flotante. Las bombas se ubican sobre el

agua sobrenadante, la succionan y la conducen a través de una tubería HDPE (SDR 17) de 200 mm descargando en un reservorio de 1 000 m<sup>3</sup> de capacidad. El reservorio está ubicado cerca de la planta permitiendo derivar el caudal requerido por la planta de proceso.

La presa tiene suficiente capacidad para almacenar el volumen máximo del agua en condiciones normales durante la temporada de lluvia, más el volumen de agua asociado a la crecida con un periodo de retorno de 1 en 100 años durante la vida útil de la presa y manteniendo en todo momento un borde libre de 1,2 m

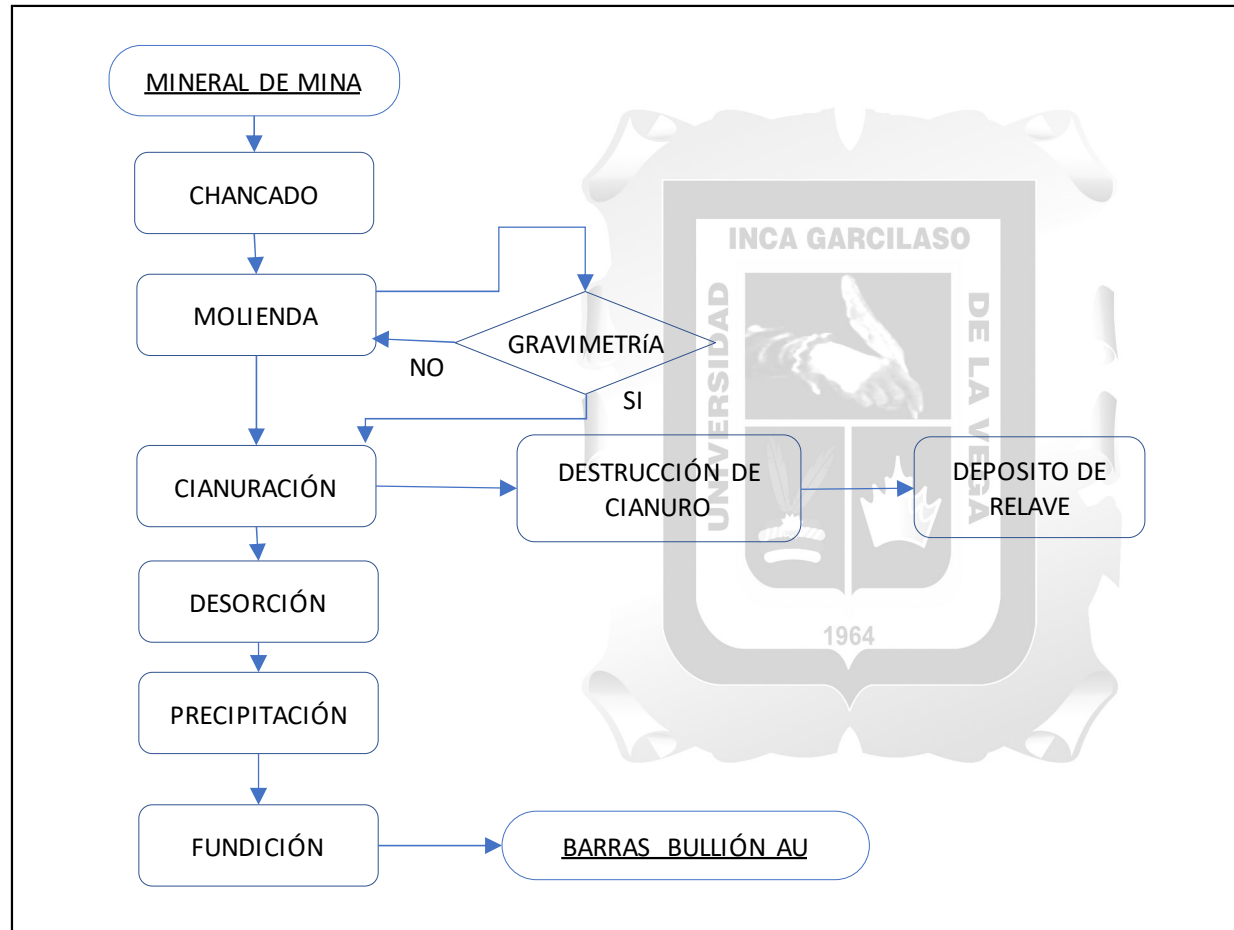
Se debe mantener un volumen mínimo de 5 000 m<sup>3</sup> del agua sobre los relaves con el objeto de facilitar las operaciones de extracción del sobrenadante.

***Manejo de filtraciones.*** Para controlar eventuales filtraciones que pudieran ocurrir bajo la presa y a través de los drenes instalados en el piso, se cuenta con infraestructura para su captura, aprovechando un muro de retención de agua de subdrenes y/o zanja colectora la cual descargaría a través de una tubería sólida CPT de 150 mm de diámetro a un tanque de recepción de agua de subdrenaje. El agua sería bombeada desde el tanque de recepción de agua de subdrenaje por una bomba sumergible al depósito de relaves.

En el Figura N° 6 se presenta el diagrama de bloques de la planta de beneficio - Cianuración CIL

**Figura 6**

*Diagrama de Bloques de la planta de beneficio - Cianuración CIL*



Fuente. Elaboración propia

### 1.5.1.2 Proceso de Flotación.

El proceso metalúrgico de flotación se obtiene concentrados de Oro y Plata por la reducción del mineral y la adición de reactivos químicos, empleando las siguientes secciones operativas:

- Chancado
- Molienda y Clasificación
- Flotación
- Espesamiento, Filtrado, Secado y Despacho de concentrados
- Disposición del relave

La descripción de las operaciones es la siguiente.

**Operaciones de Chancado.** El circuito de chancado está constituido por tres etapas de chancado y dos etapas de clasificación.

**Chancado Primario.** El mineral de la mina Chipmo y de Poracota, se alimenta en un tamaño promedio de 8", obteniéndose un producto del chancado con un tamaño promedio menor 3"

El mineral producto del chancado es transportado hasta una tolva pulmón de 500 TM de capacidad.

La chancadora primaria trabaja 15 horas por día con una capacidad promedio de 80 TM/h.

**Chancado Secundario y Terciario.** Las operaciones de estas etapas se realizan en forma continua desde la faja alimentadora de la tolva pulmón de 500 TM, hasta la tolva de finos. El circuito opera 18 horas por día a un promedio de 65 TM/h.

El mineral con tamaño promedio menor a 3", producto del chancado primario alimenta a la zaranda vibratoria. Los productos gruesos de esta zaranda pasan a la chancadora secundaria, donde el mineral se reduce a -1 ½".



El producto del chancado secundario es transportado hacia la segunda zaranda que trabaja en circuito cerrado con la chancadora terciaria. El producto fino de la zaranda - 3/4", es recepcionado y almacenado en una tolva de Finos de 1000 Tm de capacidad.

Las tres etapas de chancado se encuentran implementadas con sistemas de recolección de polvos con agua, cuyos sólidos finos son recuperados en forma de pulpa y enviados directamente al circuito de molienda.

***Molienda y Clasificación.*** Previamente a la operación de molienda el mineral chancado almacenado en la tolva de finos de 1 000 TM, es extraído para alimentar al molino primario.

***Molienda Primaria.*** Este circuito está compuesto por un molino de barras 7' x 12', que opera en circuito abierto sin clasificación. La pulpa que descarga este molino previamente muestreado es enviada por gravedad al cajón de las bombas horizontales 8" x 6", que alimentan a la molienda secundaria

***Molienda Secundaria.*** La molienda secundaria está constituida por el molino de bolas 8' x 10', este opera en circuito cerrado con un ciclón D-15. Los gruesos del ciclón D-15 con una densidad de 1 800 g/L retornan al molino 8' x 10', completándose de esta manera el circuito cerrado. El producto fino de la clasificación del molino de bolas 8' x 10', con una granulometría en promedio de 90 % en – 200 mallas alimentan al circuito de flotación.

Se dispone de un molino de bolas 7' x 12', que se encuentra actualmente en stand by, debido a que no se está tratando mayor tonelaje en este proceso.

Para el mejor desempeño de cada una de las etapas de molienda, se tiene equipos de control automático que incluye medidores de densidad, medidores de flujo, variadores de velocidad en las bombas y un analizador de tamaño de partícula

***Operaciones de Flotación y Remolienda.*** El producto de la molienda secundaria, con una granulometría de 90% en -200 mallas, se alimenta al

circuito de flotación Au. Este se lleva a cabo a través de las etapas convencionales Rougher, Scavenger, Cleaner Scavenger, Cleaner. Las espumas del circuito de flotación son remolidas en un molino TOWER MILL con la finalidad de obtener recuperaciones de 80%, con un producto fino de 80% en - 325 mallas. De esta forma, se obtiene un concentrado de una calidad promedio de Au de: 3.49 OzAu/t y 4.02 OzAg/t.

### ***Espesamiento, Filtrado y Despacho de Concentrados***

***Concentrado Au.*** La pulpa del concentrado Au llega por gravedad a dos espesadores 25' x 8'. Estos trabajan en serie, con la finalidad de eliminar parte del agua que contiene. Luego de adquirir una densidad adecuada de 1500 gr/lit. la pulpa es bombeada a un filtro de discos, para obtener un concentrado de Au con una humedad de 8 a 9%. De esta forma, el concentrado queda en condiciones favorables para su manipuleo, transporte y comercialización.

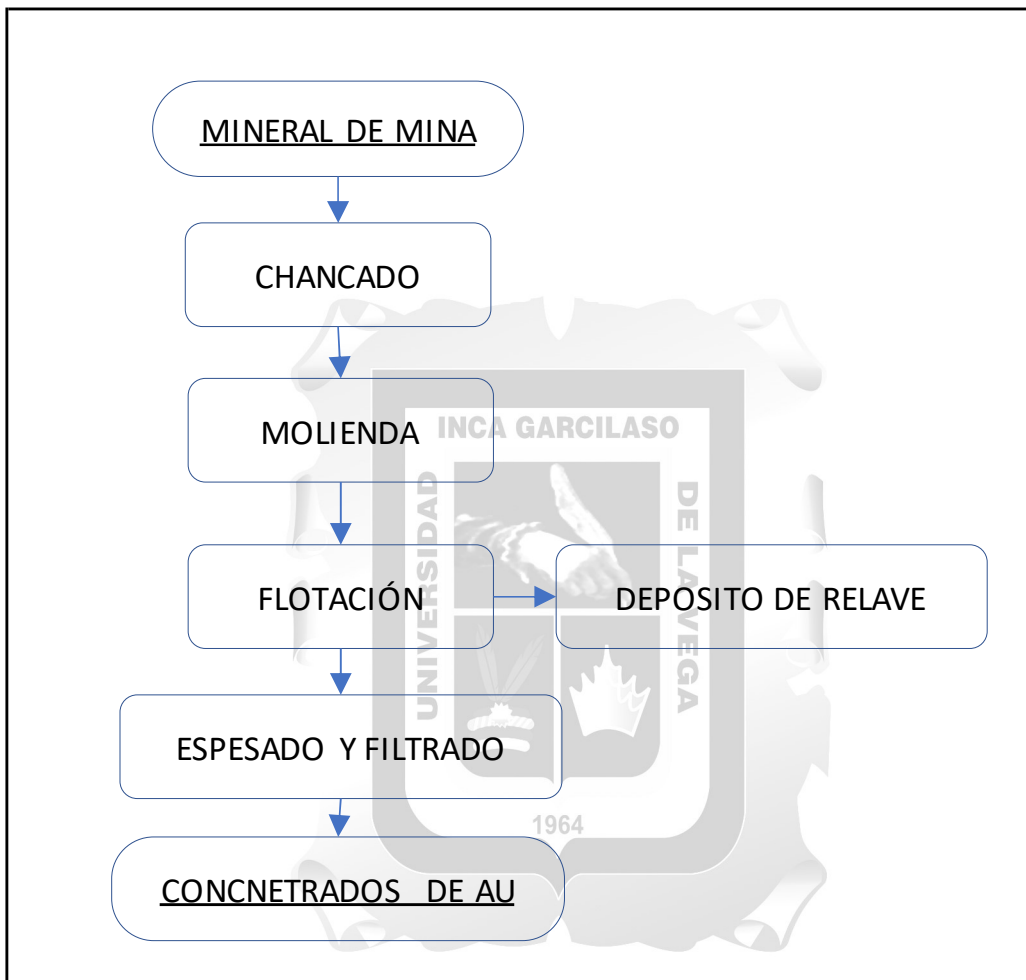
***Despacho de Concentrados.*** Los concentrados filtrados de Au que son depositados en tolvas son previamente muestreados y luego cargados en camiones de transporte de 20 Tm a 30 Tm de capacidad. Estos camiones utilizan tolderas y precintos de seguridad para transportar el concentrado hasta el puerto de embarque.

***Disposición de relave.*** El relave evacuado del circuito de flotación, juntamente con el relave destruido de la cianuración del proceso CIL, forman el relave final. Este relave mediante bombeo es almacenado en la presa de relave N° 4. En este depósito la pulpa se decanta y las aguas clarificadas son retornadas nuevamente al proceso para ser nuevamente reutilizadas en las operaciones de la Planta lográndose tener un efluente externo de “cero”.

En el Figura N° 7 se presenta el diagrama de bloques de la planta de beneficio  
- Flotación

**Figura 7**

*Diagrama de Bloques de la planta de beneficio - Flotación*



Fuente. Elaboración propia

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 MARCO TEÓRICO GENERAL

El interés de mayor demanda de metales preciosos por la industria mundial concretamente en el oro y la plata, para distintos usos, es reflejado en su cotización con mayor valor en el mercado mundial, brinda una oportunidad de poner en ejecución nuevas operaciones mineras en el mundo para satisfacer la demanda.

#### 2.1.1 *Antecedentes Internacionales: Oro y Plata en el Mundo*

El oro, en metal es empleado como depósito de valor y medio internacional de cambio. Siendo su principal uso, la fabricación de monedas y lingotes de oro.

Los bancos centrales e inversionistas lo utilizan como valor de refugio por su alta factibilidad de intercambio.

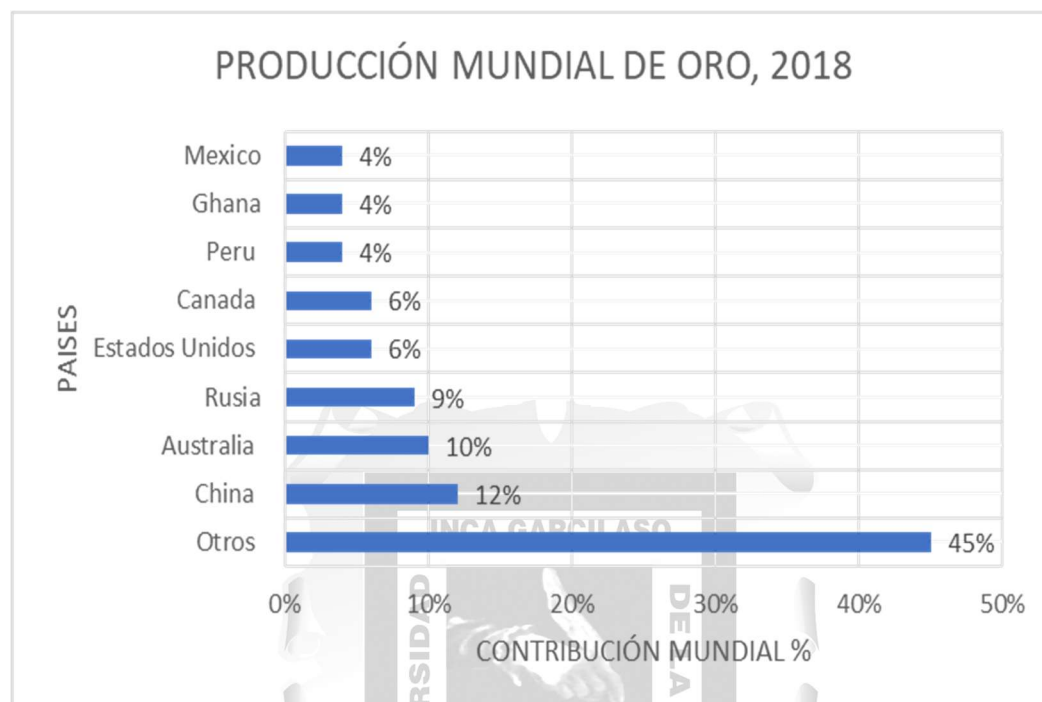
El principal consumidor es el sector de la joyería y la orfebrería.

Debido a su buena conductividad eléctrica, resistencia a la corrosión, y su maleabilidad, es utilizada para la industria y la electrónica. ( <https://www.snmpe.org.pe/mineria/publicaciones-del-sector-minero/los-minerales/242-el-oro.html>, 2022)

Los países de mayor producción de oro son China (1er), Australia, Rusia, Estados Unidos, Canadá, Perú es el sexto productor de oro. (en el Figura N° 8 se presenta los países productores de oro)

**Figura 8**

*Países Productores de oro*



Fuente: Adaptado de ( <https://www.snmpe.org.pe/mineria/publicaciones-del-sector-minero/los-minerales/242-el-oro.html>, 2022), NOTA. Participación de los Países en Porcentaje

En los últimos 40 años en mina, se aumentó la producción mundial de oro, debido a las mejoras tecnológicas logrando aumentar las reservas probables y explotables, en el año 1978 se produjo de 1,210 TM, pasando a 3,259 Tm en el 2,018. ( <https://www.snmpe.org.pe/mineria/publicaciones-del-sector-minero/los-minerales/242-el-oro.html>, 2022)

El precio del oro fue en crecimiento en los últimos años, el 'recio del oro el año 2007 estaba en US \$ 500 la onza. Se puede ver que ha sido favorable la evolución histórica, el año 2000 estaba en \$ 288 dólares la onza (USD/oz), llegando a un precio de \$1,885 USD/oz. en setiembre del 2011, vuelve a caer en diciembre de 2015 a \$1,078 USD/oz., desde entonces está en alza, estando en agosto del 2022 en \$1,847 USD/oz. (en el Figura N° 9 se presenta del precio histórico del oro)

**Figura 9**

*Precio Histórico del oro*



Fuente: Adaptado de ( <https://www.kitco.com/charts/interactive-charts/>, 2022), NOTA. Precio en dólares por onza.

La plata como metal es usado por la industria para fabricar materiales de soldadura, paneles solares y conector en aparatos electrónicos (sobre todo en pantallas táctiles).

El sector de la joyería y la orfebrería, lo utilizan para la fabricación de cubiertos y vajillas por su belleza y brillo.

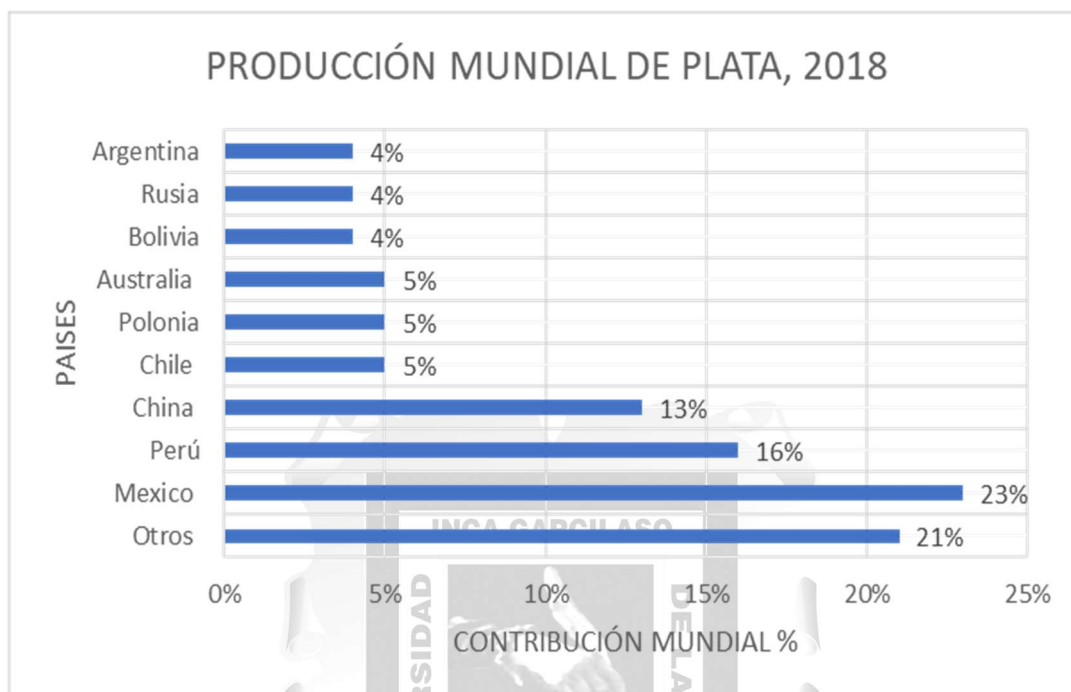
La industria del plástico lo utiliza como catalizador en la producción de algunos insumos químicos.

Para los inversionistas se ha convertido en un activo de inversión, por sus precios bajos y abundancia en la naturaleza. (<https://www.snmpe.org.pe/mineria/publicaciones-del-sector-minero/los-minerales/240-la-plata.html>, 2022)

México es el líder de producción de plata, seguido por Perú y China. (en el Figura N° 10 se presenta los países productores de plata)

**Figura 10**

*Países Productores de plata*



Fuente: Adaptado de ( <https://www.snmpe.org.pe/mineria/publicaciones-del-sector-minero/los-minerales/240-la-plata.html>, 2022), NOTA. participación de los países en porcentaje.

En el año 1958 se producía 7,430 TM, han pasado 60 años y en el año 2018 la producción mundial de plata (en mina) es de cerca de 27 mil TM. ( <https://www.snmpe.org.pe/mineria/publicaciones-del-sector-minero/los-minerales/240-la-plata.html>, 2022)

El precio de la plata el año 2007 estaba en US \$ 13 la onza. Se puede ver que ha sido favorable la evolución histórica, en el año 2000 estaba en \$5.54 dólares la onza (USD/oz), llegando a un precio de \$35.62 USD/oz. en mayo del 2011, vuelve a caer en junio de 2016 a \$13.83USD/oz., permaneciendo hasta el año 2020, cuando nuevamente en agosto del 2020 alcanza un valor de \$26,44 USD/oz., para agosto del 2020 el precio está \$22.4827 USD/oz. (en el Figura N° 11 se presenta del precio histórico de la plata)

**Figura 11**

*Precio Histórico de la plata*



Fuente: Adaptado de ( <https://www.kitco.com/charts/interactive-charts/>, 2022), NOTA. Precio en dólares por onza

### 2.1.2 *Antecedentes Nacionales: el oro y la plata en Perú*

El oro en el Perú

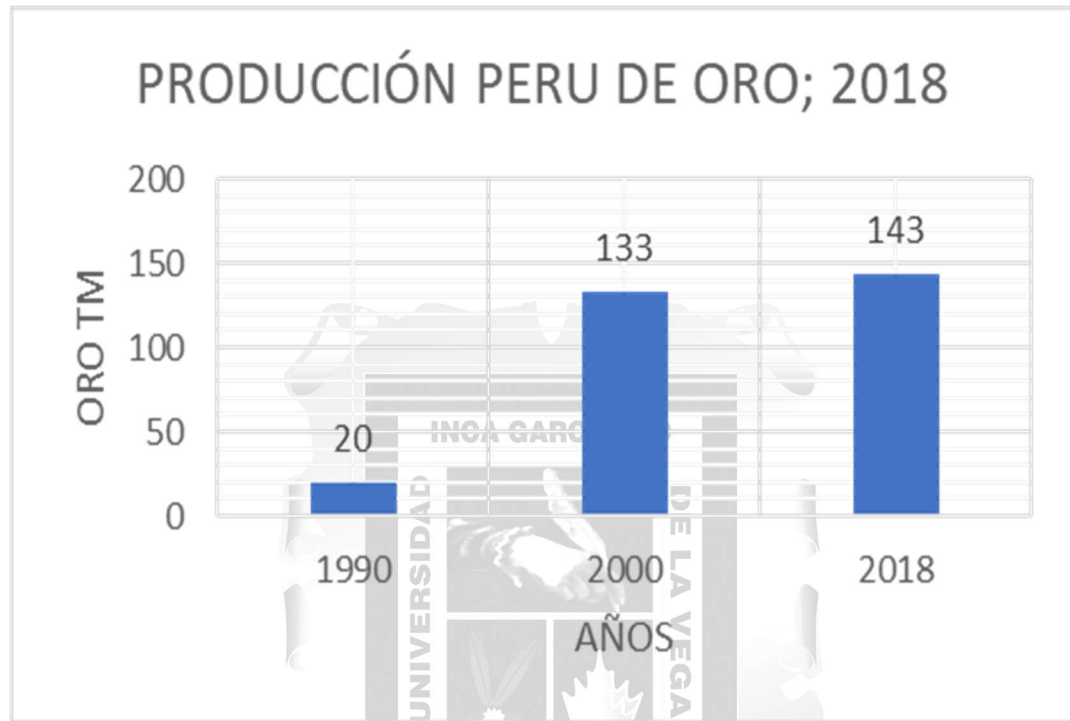
Para el año 2018, las empresas productoras de oro en el Perú estaban lideradas por Yanacocha (11%), Barrick (7%), Buenaventura (5%) y Ares (5%).

El año 2005 se produjo su máximo nivel con 208 TM. (<https://www.snmpe.org.pe/mineria/publicaciones-del-sector-minero/los-minerales/240-la-plata.html>, 2022). En los últimos años debido a la baja de reserva y falta de operaciones nuevas se ha reducido la producción, el año 2018 se produjo 143 TM. (en el Figura N° 12 se presenta la producción histórica del oro en el Perú)



**Figura 12**

*Producción Histórica del oro en el Perú*

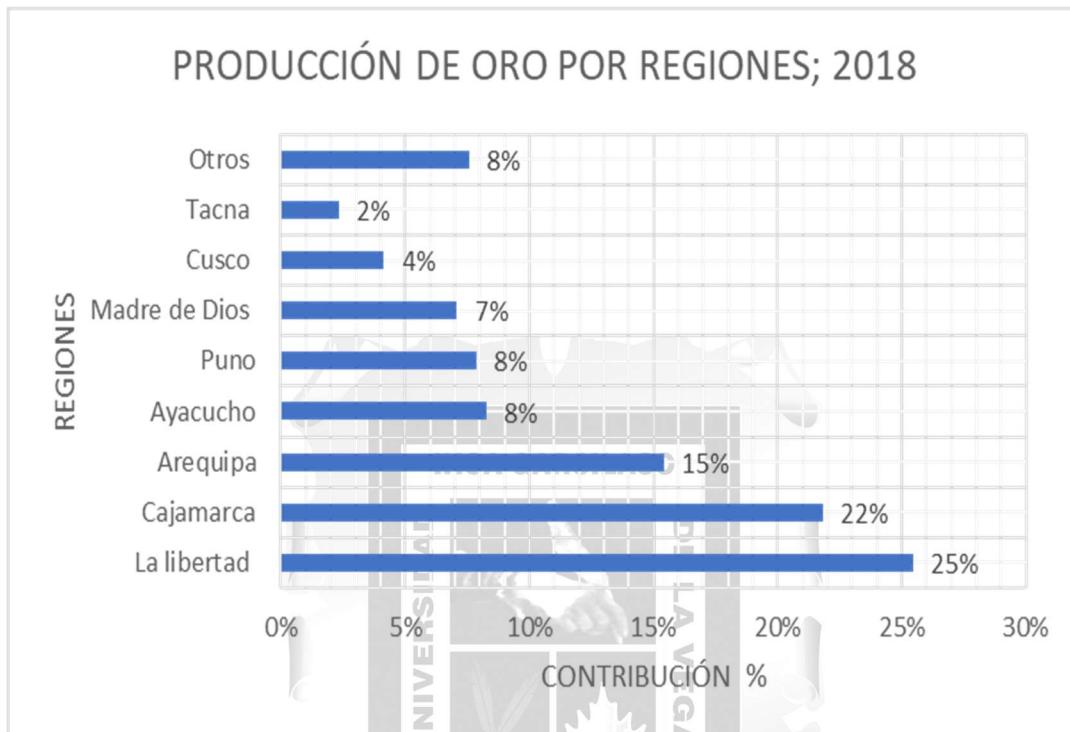


Fuente: Adaptado de ( <https://www.snmpe.org.pe/mineria/publicaciones-del-sector-minero/los-minerales/242-el-oro.html>, 2022), NOTA. Producción de Oro por tonelada.

Las regiones de Cajamarca y la Libertad fueron las principales productoras de oro en el Perú. Estas dos regiones han producido el 47% de oro el año 2018. (en el Figura N° 13 se presenta las regiones del Perú productoras de oro)

**Figura 13**

*Regiones del Perú productoras de oro*



Fuente: Adaptado de ( <https://www.snmpe.org.pe/mineria/publicaciones-del-sector-minero/los-minerales/242-el-oro.html>, 2022), NOTA. Participación de las regiones en porcentaje.

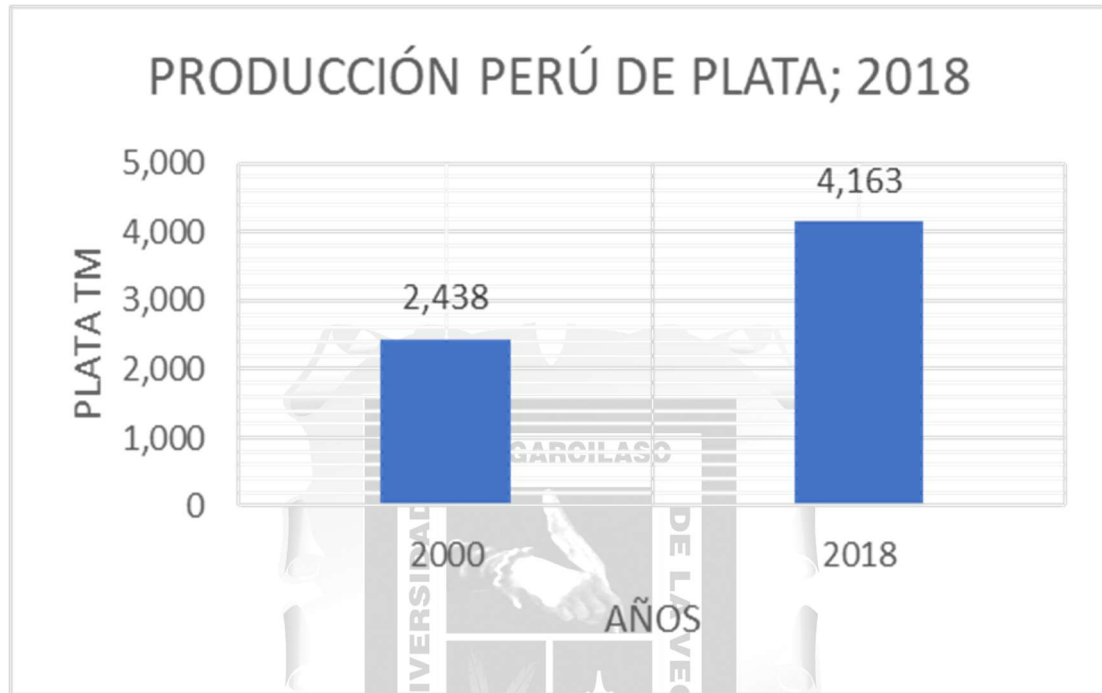
### La plata en el Perú

Para el año 2018 las empresas productoras de plata fueron Buenaventura (16% d), Antamina (13%), Arres (12%) y Volcan (10%).

Las empresas peruanas han incrementado su producción en los últimos años, el año 2018 llegó a producir 4,163 TM. (en el Figura N° 14 se presenta la producción histórica del oro en el Perú)

**Figura 14**

*Producción Histórica del oro en el Perú*

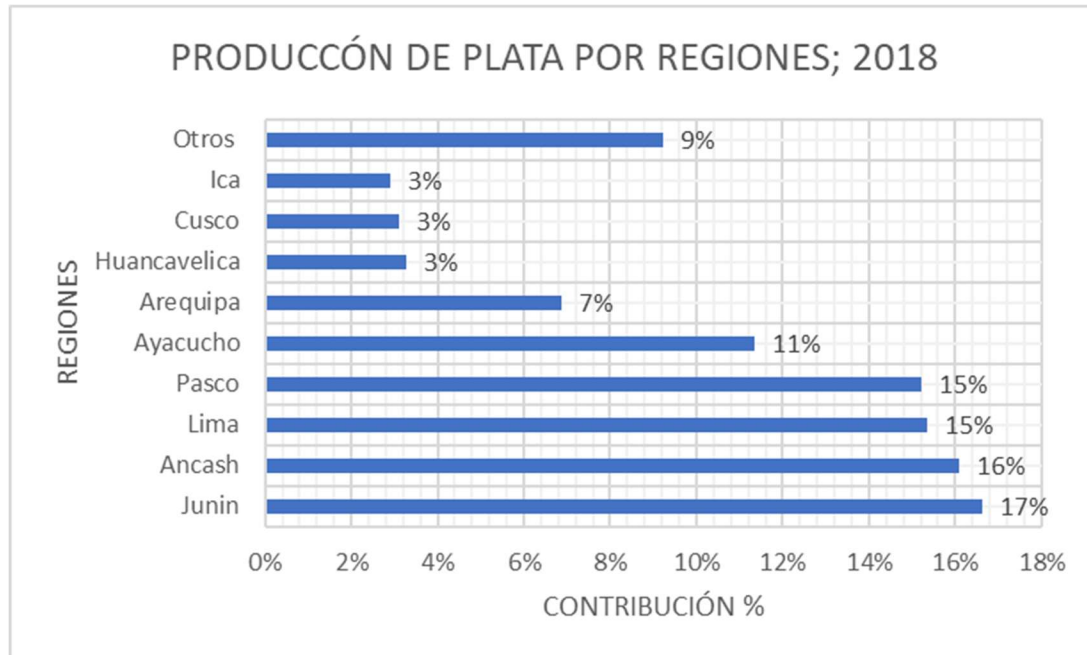


Fuente: Adaptado de (<https://www.snmpe.org.pe/mineria/publicaciones-del-sector-minero/los-minerales/240-la-plata.html>, 2022), NOTA. Producción de Plata por tonelada.

Las regiones de Junín, Ancash, Lima y Pasco son las principales productoras de plata, el año 2018 produjeron el 64 %, de la producción nacional. (en el Figura N° 15 se presenta las regiones del Perú productoras de plata)

**Figura 15**

*Regiones del Perú productoras de plata*



Fuente: Adaptado de (<https://www.snmpe.org.pe/mineria/publicaciones-del-sector-minero/los-minerales/240-la-plata.html>, 2022), NOTA. Participación de las regiones en porcentaje.

## 2.2 MARCO TEÓRICO ESPECÍFICO

Los yacimientos donde se explotan minerales económicos, al pasar por un proceso de concentración y cianuración, se obtienen dos productos, uno económico y el segundo es un residuo con menor ley, denominado relave, que es acumulado en los depósitos de relave en forma segura y ambientalmente responsable.

En los últimos años, se hizo más notoria la necesidad de encontrar espacios más amplios para su disposición, esta situación obligó al sector minero a realizar estudios en geomecánica, sismicidad, climatología y filtrado, con la finalidad de reducir su volumen, ganar mayor área y almacenar mayor cantidad en la misma área de la presa o beneficiarlos por un proceso innovador que le facilite su viabilidad económica.

La otra oportunidad, consiste en darle “valor económico a los residuos mineros” (<https://www.serecogestion.com>, 2022), aprovechando la coyuntura mundial como por ejemplo el incremento de los precios de los metales y las nuevas tecnologías como por ejemplo el proceso de cianuración carbón en leach, el proceso desorción, concentración de carbonatos para hacer cemento, clasificación de relaves para uso de relleno en mina, transformación a ladrillo, transformación a cerámica.

### **2.2.1 *Incremento de los Precios de los Metales***

El impacto del precio de los metales se ve reflejado en la economía de los países productores y comercializadores de minerales, las tendencias de alzas y reducciones se ven impactadas por factores políticos, económicos o sociales.

En el crecimiento de la demanda e incremento de los precios, se aprovechan para beneficios de un mayor flujo de caja para retribuir la inversión de los accionistas, generar efectivo para inversión y/o ampliación de proyectos, incluso los yacimientos y zona de operaciones de menor ley de mineral, permiten la ampliación de planta para incrementar la producción, también resultan atractivos proyectos mineros con mayor inversión financiera y yacimiento minero con bajos niveles de producción.

Un análisis financiero apropiado asegura la viabilidad de los proyectos, anticipando las tendencias, minimizar los impactos, garantizando el cuidado del entorno social y ambiental.

### **2.2.2 *Proceso de Cianuración Carbón en Leach***

La cianuración de metales preciosos, también denominado lixiviación, es una técnica metalúrgica que en un medio alcalino con la adición del cianuro se recupera valores de mineral de menor ley o baja calidad, debido a que forman complejos muy estables, por ejemplo, con el oro y la plata. Adicionalmente tienen una ventaja de bajos costos y manipuleo más seguro.

Para este proceso es importante que se tenga una relación de Oro y Plata de 1;6 en la solución o en el mineral. La cianuración de las partículas de oro y plata es debido a que son soluble en soluciones diluidas de cianuro, teniendo una disolución preferencial por las partículas de oro y plata, en un periodo de 72 horas, el método empleado para este proceso consiste en usar carbón activado, para la adsorción del oro y plata diluidos en la solución durante la cianuración en tanques agitadores, donde se controlan parámetros operacionales de densidad de la pulpa con un tamaño de partícula por encima de un 70% en la malla 200 y un pH por encima de 10.5.

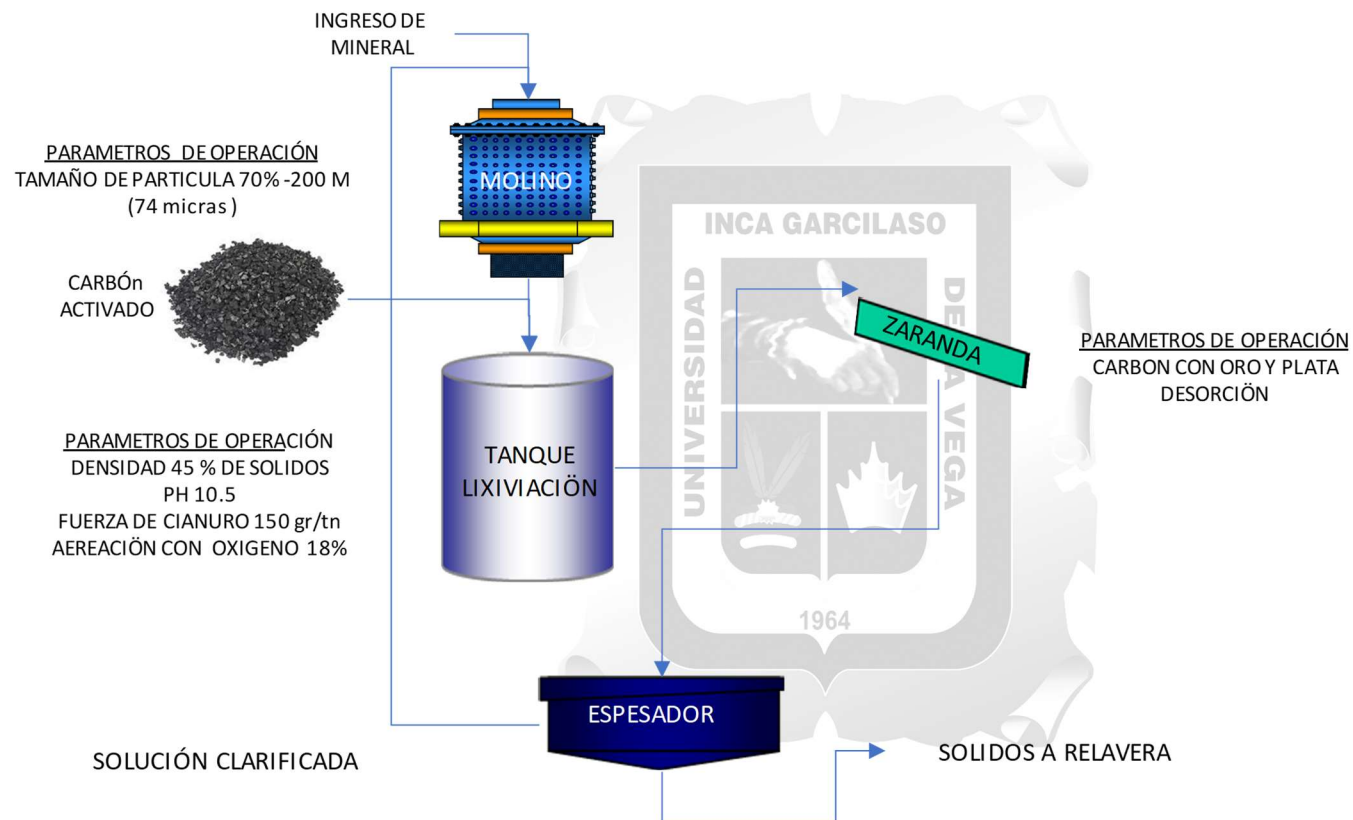
El carbón activado que adsorbió el oro y plata es descargado en contracorriente a una zaranda para retirar el carbón de la pulpa, el carbón es enviado al proceso de desorción para recuperar los valores de oro y plata con una alta eficiencia, la pulpa continua a un espesador para retirar la solución mediante calificación y recircularla al proceso, los sólidos son enviados al depósito de relave 4. (en el Figura N° 16 se presenta diagrama de flujo del proceso de cianuración carbón en leach)

### 2.2.3 *Proceso Desorción*

El proceso de desorción es una técnica para separar el oro del carbón para obtener un precipitado electrolítico que consiste básicamente en recircular una solución con 1 % de NaOH y 0.2% de NaCN a 100- 110°C por un lapso de 72 horas aproximadamente en un tanque presurizado a 170 PSI, en el transcurso de las 72 horas la solución pasa por las celdas electrolíticas para obtener el producto solido de oro y plata, la solución retorna al proceso, el carbón se regenera con dos objetivos para quitarle los carbonatos y devolverse su capacidad de absorber los metales. (en el Figura N° 17 se presenta diagrama de flujo del proceso de desorción)

**Figura 16**

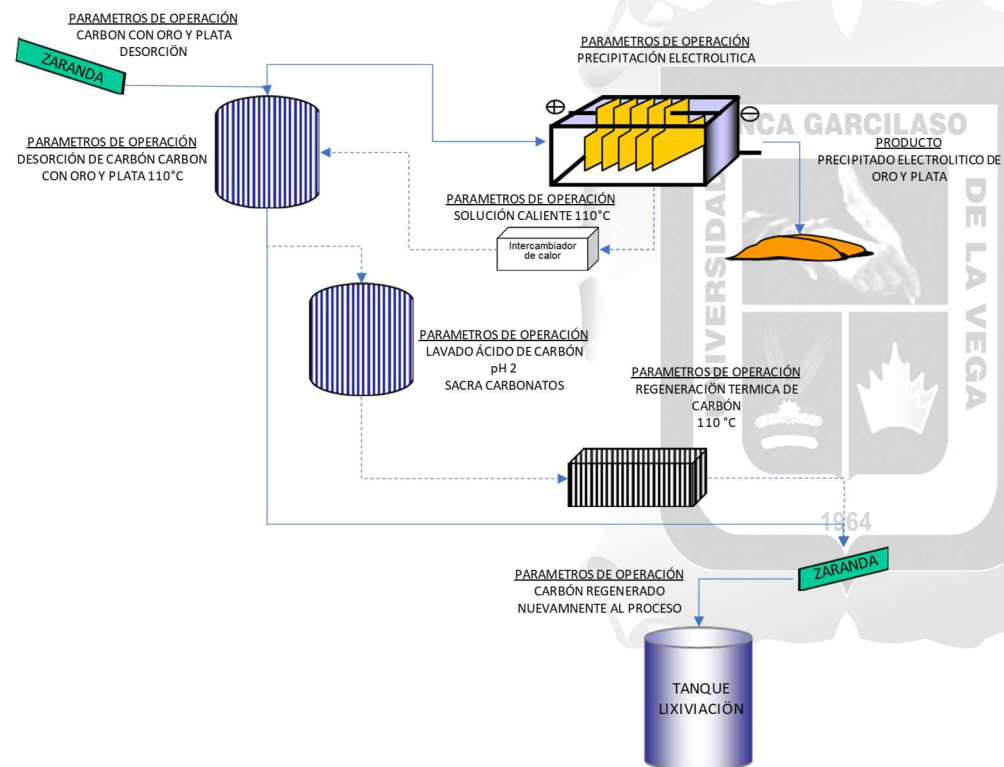
*Diagrama de flujo del proceso de cianuración carbón en leach*



Fuente. Elaboración propia

**Figura 17**

*Diagrama de flujo del proceso de desorción*



Fuente. Elaboración propia



#### **2.2.4 *Concentración de carbonatos para hacer cemento***

Es un proceso de concentración de carbonatos por flotación de los relaves, para conseguir un material de alto contenido de carbonatos, que posteriormente se calcinan, para obtener clínker de buena calidad, que sirve para fabricar cemento

#### **2.2.5 *Clasificación de relaves para uso de relleno en mina***

Denominado relleno en pasta, se clasifica el material grueso del relave con ciclones y es mezclado con cemento y dispuesto en zonas liberadas en el interior las minas subterráneas.

#### **2.2.6 *Transformación a ladrillo y transformación a cerámica***

Los relaves tienen en su composición arcillas y arenas que son utilizados para la elaboración de ladrillo y cerámicos, previamente se remueve los agentes químicos empleados para evitar su toxicidad.

Para el caso de los relaves de la unidad económica Orcopampa, se toma en cuenta el incremento de los precios de los metales y la combinación de los procesos Cianuración y Desorción

#### **2.2.7 *Evaluación Económica***

Para el caso de evaluaciones económicas de depósitos de pequeña envergadura, se sustenta en aspectos técnicos, financieros, sociales y políticos del entorno del proyecto, el enfoque principal es en yacimientos de metales preciosos como el Oro y la Plata, debido a que su rentabilidad económica no es una tarea fácil, porque incorporan a su evaluación la coyuntura económicas mundial, como el precio y la demanda de los metales, la existencia de nuevas tecnologías, a políticas gubernamentales, aspectos técnicos como, la reserva geológica, las leyes geológicas, resultados de las investigaciones metalúrgicas, para definir el proceso y la recuperación de valores, la cantidad de los costos operativos, la inversión e ingresos, con todos estos aspectos técnicos, la empresa evalúa financieramente dentro del régimen fiscal del país para

generar criterios estándares como el VAN y el TIR y emitir un juicio sobre la justificación económica para desarrollar o postergar la ejecución del proyecto. (H.E.K. ALLEN, 2022)

Para la Evaluaciones Económicas se utiliza dos métodos, el estadístico y el dinámico. (Friedrich - Wilhelm Wellmer , 1989, pág. 79)

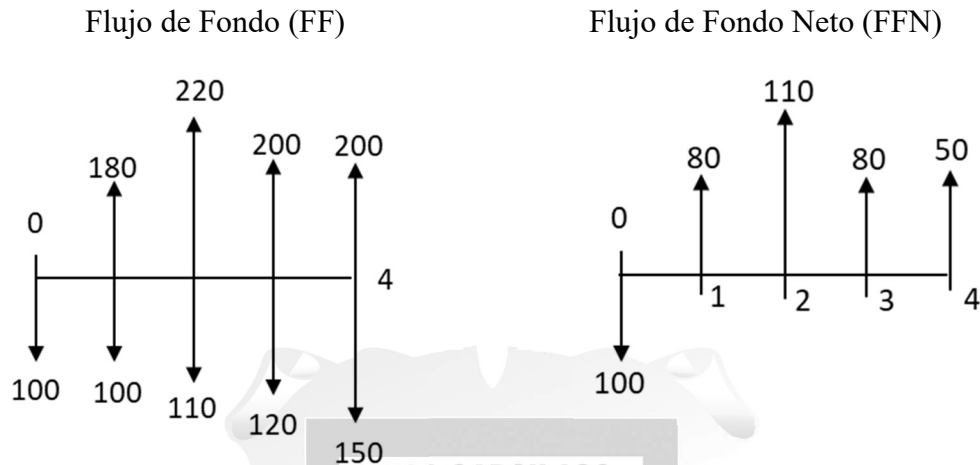
El método estadístico, su aplicación es muy raramente utilizada hoy en día a nivel internacional, es un simple cociente de rentabilidad, entre beneficio operativo e inversión, se aplica a compra acciones, en el control de una empresa y espera de un dividendo anual, se puede utilizar este método como una aproximación para comparar rápidamente proyectos. También son usados como regla general, para el cálculo del alquiler de equipos. denominado cálculo de renta, que tiene como factores importantes, el período de vida o de amortización, costos de mantenimiento, servicios y el pago de interés. Así mismo se incluye el periodo de recuperación, en sentido estricto, en el cálculo del período de amortización, los países de alto riesgo requieren periodos de recuperación más cortos que en países estables.

Para el caso de la evaluación económica del relave se realiza a través del método dinámico, que toman el factor tiempo para las inversiones y retorno. es decir, el valor del dinero en el tiempo, se basan en intereses de la inversión, de los ingresos o ventas, de los costos, de los beneficios de explotación (diferencia entre ingresos y costes), en el beneficio operativo, en el flujo de caja antes y después de intereses e impuestos, a una respectiva tasa de interés compuesto y número determinado de años. (Friedrich - Wilhelm Wellmer, Economic evaluation in exploration , 1989, pág. 81)

Los flujos de fondo representan los ingresos y los egresos en cada uno de los periodos de la vida del proyecto, todas las partidas de un periodo se agrupan y estarán siempre localizados en las divisiones de la recta del tiempo, es decir en los momentos del final del periodo e inicios del siguiente. (Guillermo Buenaventura V, pág, 7,8,9,10) , (en el Figura N° 18 se presenta los diagramas de flujo de fondos)

**Figura 18**

*Diagramas de Flujo de fondos*



Fuente: Adaptado de (Guillermo Buenaventura V, pág, 7,8,9,10)

El valor del dinero en el tiempo se calcula por **interés compuesto**:

**El cálculo de interés compuesto para un valor del dinero futuro de un flujo presente**, a una tasa de interés y horizonte de años, que tiene la siguiente formula: (Guillermo Buenaventura V, pág, 7,8,9,10)

$$VF = I \times (1+i)^n$$

Donde:

VF = valor objetivo en el tiempo

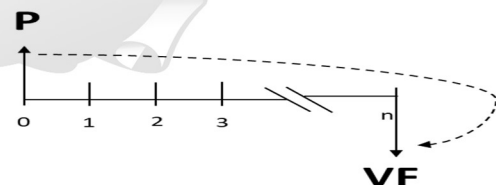
I = Valor inicial del dinero

i = tasa de interés

n = años

Valor del dinero en el tiempo = VF - I

Valor del dinero futuro de un flujo presente



Ejemplo:

I = \$ 2,000. i = 20%. n = 5

$$VF = 2,000 \times (1+0.2)^5 = 4,977$$

Valor del dinero en el tiempo:

$$4,977 - 2,000 = \underline{2,977}$$

Fuente: el procedimiento también se puede invertir. Adaptado de (Guillermo Buenaventura V, pág, 7,8,9,10)

***El cálculo de interés compuesto para un valor del dinero futuro varios flujos de fondos.*** (Guillermo Buenaventura V, pág, 7,8,9,10)

$$VF = \sum FF_j \times (1+i)^{n-j}$$

Donde:

VF = valor del flujo futuro

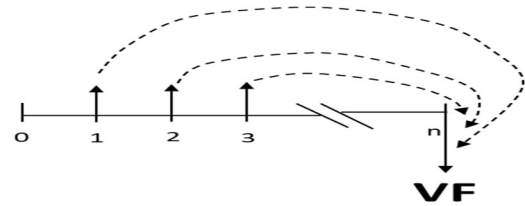
FF<sub>j</sub> = Flujo de fondo en el momento

i = tasa de interés para aplicar en cada periodo

n = número de años que separen los momentos de VP y VF

Σ sumatoria de términos

Valor del dinero futuro a varios flujos de fondo



Ejemplo:

$$VF_{36} = 6,000,000, \quad FF_{24} = 3,600,000, \quad FF_{12} = 1,900,000, \quad FF_0 = X, \quad i = 0.0175$$

$$6,000,000 = 3,600,000 \cdot (1+0.2)^{(36-24)} + 1,900,000 \cdot (1+0.2)^{(36-12)} + X \cdot (1+0.2)^{(36-0)}$$

$$X = 6,000,000 - 3,916,886.78 = 703,875.82$$

Fuente: el procedimiento también se puede invertir. Adaptado de (Guillermo Buenaventura V, pág, 7,8,9,10)

***El cálculo de interés compuesto para un valor del dinero presente de un flujo futuro,*** a una tasa de interés y horizonte de tiempo, que tiene la siguiente formula: (Guillermo Buenaventura V, pág, 7,8,9,10)

$$VP = F / (1+i)^n$$

Donde:

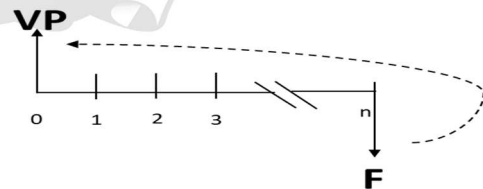
VP = valor del flujo presente

F = Valor del flujo futuro

i = tasa de interés

n = años

Valor del dinero presente de un valor del dinero de flujo futuro



Ejemplo:

$$F = \$ 4,977, \quad i = 20\%, \quad n = 5$$

$$VP = 4,977 / (1+0.2)^5 = 2,000$$

Fuente: el procedimiento también se puede invertir. Adaptado de (Guillermo Buenaventura V, pág, 7,8,9,10)

***El cálculo de interés compuesto para un valor del dinero presente a varios flujos de fondos*** (Guillermo Buenaventura V, pág, 7,8,9,10)

$$VP = \sum FF_n / (1+i)^n$$

Donde:

VP = valor del flujo presente

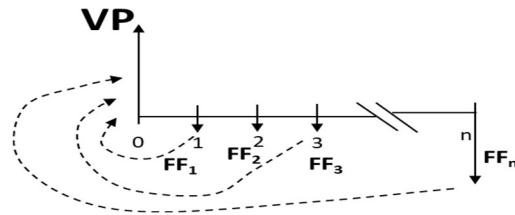
FF = Flujo de fondo en el momento

i = tasa de interés para aplicar en cada periodo

n = número de años que separen los momentos de VP y VF

$\sum$  sumatoria de términos

Valor del dinero presente a varios flujos de fondo



Ejemplo:

$FF_2 = 10,000$ ,  $FF_5 = 13,000$ ,  $FF_{12} = 9,000$ ,  $i = 5\%$

$$VP = 10,000 / (1+0.5)^2 + 13,000 / (1+0.5)^5 + 9,000 / (1+0.5)^{12} = 24,267.67$$

Fuente: el procedimiento también se puede invertir. Adaptado de (Guillermo Buenaventura V, pág, 7,8,9,10)

Estos cálculos de interés se utilizan en la evaluación económica en los dos métodos dinámicos, para el cálculo del valor actual neto (VAN) y para el cálculo de la tasa interna de retorno (TIR). (Friedrich - Wilhelm Wellmer , Economic Evaluation in Exploration, 1989, pág. 79)

Los cálculos del flujo de caja es el resumen de geología, mina, metalurgia y economistas, para establecer si vale la pena emprender el proyecto. También se puede realizar utilizando programas informáticos de hojas de cálculo.

Para el cálculo de **Valor actual neto (VAN)**, se debe tener en cuenta, los flujos de efectivo neto, se descuenta la inversión deducida de la suma de los descuentos del flujo de efectivo neto a una tasa de interés dada en un tiempo determinado. (Friedrich - Wilhelm Wellmer, Economic evaluation in exploration , 1989, pág. 81)

$$VAN = [\sum \text{Flujo efectivo} / (1+i)^n] - [\text{Inversión inicial} / (1+i)^n]$$

Donde:

VAN = valor actual neto (VP-I)

Vp = valor del dinero presente

FF= flujo de efectivo o flujo de caja

I = Inversión inicial

i = tasa de interés

n = número de periodo de tiempo

Ejemplo

VAN = ?, VP = 87,495.50, I = 70,000, FF1 = 30,000, FF2 = 38,000, FF3 = 45,000,

i = 13%, n = 3 años

$$VP = 30,000 / (1+0.13)^1 + 38,000 / (1+0.13)^2 + 45,000 / (1+0.13)^3 = 87,495.50$$

$$VAN = 87,495.50 - 70,000 = 17,495.5$$

Fuente: Adaptado de: (Friedrich - Wilhelm Wellmer, Economic evaluation in exploration , 1989, pág. 81)

El inversor espera ganar a un interés del 13% sobre su inversión inicial, el proyecto valdría 17,495.50 millones antes de realizar la inversión.

El valor actual neto indica al inversor el valor de una inversión potencial en un yacimiento que aún no está en producción tomando en consideración los siguientes factores: inversiones, los flujos de efectivo netos anuales individuales (flujo de efectivo después de impuestos e intereses), el tiempo de los flujos de efectivo netos determinada por los factores de descuento en función del año,

El cálculo de la **tasa interna de retorno (TIR)**, se realiza a partir del método del valor actual Neto, siendo parte de una serie geométrica descendente del valor presente neto

(VAN) disminuirá hasta hacerse cero, a la mayor tasa de interés aplicada.

$$VAN = [\sum \text{Flujo efectivo} / (1+TIR)^n] - [\text{Inversión inicial} / (1+TIR)^n]$$

$$0 = [\sum \text{Flujo efectivo} / (1+TIR)^n] - [\text{Inversión inicial} / (1+TIR)^n]$$

Donde:

VAN = valor actual neto (0)

FF= flujo de efectivo o flujo de caja

I = Inversión inicial

TIR = tasa interna de retorno  
n = número de periodo de tiempo

Ejemplo

VAN = 0, I = 70,000, FF1 = 30,000, FF2 = 38,000, FF3 = 45,000, TIR= 13%, 18%, 26.22 % y 30%, n = 3 años

para una tasa de interés del 13%:

$$0=30,000/(1+0.13)^1 + 38,000/(1+0.13)^2 + 45,000/(1+0.13)^3 - 70,000 = 17,495.50$$

para una tasa de interés del 18%:

$$0=30,000/(1+0.18)^1 + 38,000/(1+0.18)^2 + 45,000/(1+0.18)^3 - 70,000 = 10,103.13$$

para una tasa de interés del 26.22%:

$$0=30,000/(1+0.2622)^1 + 38,000/(1+0.2622)^2 + 45,000/(1+0.2622)^3 - 70,000 = 0$$

para una tasa de interés del 30%:

$$0=30,000/(1+0.30)^1 + 38,000/(1+0.30)^2 + 45,000/(1+0.30)^3 - 70,000 = -3,955.39$$

TIR= resultado es 26.22 %

Fuente: Adaptado de: (Friedrich - Wilhelm Wellmer, Economic evaluation in exploration , 1989, pág. 81)

El TIR es el punto donde el valor actual neto (VAN) es igual a 0. Este punto es el retorno de interés interno, es decir, la empresa recupera su inversión sin tener rentabilidad al interés de la tasa interna de retorno (TIR) del proyecto.

Con el método de la tasa interna de retorno se elige aquella tasa de retorno a la cual la suma de los flujos de caja netos descontados es igual a 0, en casos especiales, de los flujos de caja brutos descontados igual a la inversión.

Los factores mínimos que debemos tener en cuenta para la evaluación económica son el recurso mineral, la recuperación esperada, la vida útil del proyecto, los costos de inversión, costos operativos, la ley del mineral promedio, el precio de los metales y la tasa interna de retorno mínima.

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es la tributación son los impuestos que son costos que la mina tiene que asumir. con altos impuestos un depósito tiene que ser más altos en tonelaje o ley, que con impuestos bajos o sin impuestos. también a menudo, las regalías se aplican independientemente de beneficios, que pueden aumentar considerablemente los costes y están determinados por la legislación minera nacional.

También tener en cuenta la depreciación ya que se puede reducir la carga fiscal deduciendo una cierta proporción de las inversiones de capital del impuesto básico, las tasas de depreciación forman parte de la legislación fiscal. Hay dos formas básicas de calcular la depreciación: depreciación lineal y no lineal, En el caso de la depreciación lineal, la inversión se divide simplemente por el número de años del período de depreciación. El resultado es la tasa de depreciación anual. En el caso de la depreciación no lineal, también llamada depreciación con saldo decreciente, las tasas deducidas disminuyen de un año a otro.

Otro aspecto financiero que tenemos que considerar en las evaluaciones económicas es la proporción de financiación de capital a deuda, el llamado ratio de apalancamiento, es importante porque el interés de la deuda se paga con cargo a las ganancias y, por lo tanto, es un costo del proyecto y, como tal, un elemento integral del flujo de caja.

Tenemos calculado tres criterios para ser utilizados en las evaluaciones económicas: el período de recuperación, el valor presente neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR), y evaluar la ganancia del proyecto durante toda su vida.

Un análisis de sensibilidad será realizado para ver el impacto de los precios de los metales, la ley del mineral, reservas, costos de operación, costos de capital, etc. Sin embargo, las variaciones de precios suelen tener el impacto más significativo, también podremos cálculos un punto de equilibrio en el contenido de metal o el precio del metal que cubre los costos del proyecto. (Friedrich - Wilhelm Wellmer, Economic Evaluation in Exploration, 1989, pág 99)



## **CAPÍTULO III: APLICACIÓN PROFESIONAL**

### **3.1 CONTEXTO LABORAL – SITUACIONAL**

Compañía de minas Buenaventura S.A.A., tiene que cumplir con requisitos legales, políticas, normas, procedimientos y sistema de gestión integrado, para que el personal se desempeñe en un buen contexto laboral adecuado.

Dentro de sus políticas comprende, la huella de carbono, código de conducta, prevención y sanción frente al hostigamiento sexual, relaciones comunitarias, estructura de gobierno de seguridad de la información y cyberseguridad

Así mismo están con una gestión de sostenibilidad que comprende seguridad, poniendo a sus colaboradores son el eje central de empresa orientado los esfuerzos para alcanzar la meta de "cero accidentes" y asegurar un ambiente de trabajo armonioso y saludable., en gestión social implica responsabilidad compartida entre la empresa, comunidad y autoridades trabajando de manera conjunta para lograr objetivos del desarrollo sostenible, bienestar del entorno social, empleo, compra y servicios locales para un desarrollo productivo y de infraestructura; en la gestión ambiental se está viendo el manejo adecuado de la mina, la innovación tecnológica, la participación ciudadana y el cierre de minas; en gestión de su gente se viene trabajando en bienestar y beneficios, salud ocupacional y visitas a mina en coordinación con el área de RRHH. (Fuente: <https://www.buenaventura.com/es/sostenibilidad>, 2022)

Dentro de este contexto, las unidades operativas cuentan con una jerarquización para definir roles. La unidad económica Orcopampa, cuenta con una gerencia de unidad, 3 áreas operativas y 7 áreas de apoyo, El área de trabajo comprende la planta concentradora, donde se procesa el mineral que sale de la mina, el área está comprendida por una jefatura de planta y su secretaria, un asistente, tres jefes de guardia, cada guardia con 8 operadores para los distintos procesos, también se cuenta con área de mantenimiento planta.

La responsabilidad que desempeñe dentro del área de planta comprendía la subordinación como jefe de guardia, teniendo a mi cargo 8 personas para el control operativo, también efectuaba labores en laboratorio metalúrgico.

Otra responsabilidad asumida fue participar en los proyectos de planta de forma matricial con la gerencia corporativa de planta

### **3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL BACHILLER**

El trabajo que efectuaba consistía en supervisar, controlar y reportar avances de los procesos metalúrgicos y actividades de la guardia con el objetivo dirigir el equipo de trabajo velando por la protección del personal, las instalaciones, el medio ambiente y calidad.

Mis funciones comprendían, identificar, coordinar y controlar las actividades diarias de los procesos en la Planta de Beneficio, verificando el cumplimiento de requisitos legales, políticas, normas, procedimientos y sistema de gestión integrado para garantizar el programa de producción diarias con los suministro y recursos necesarios.

#### **Identificar y reportar**

- Identificar fallas técnicas de máquinas informando oportunamente al área correspondiente para mantener operativo del desarrollo de las operaciones.
- Registrar las ocurrencias durante el turno y comunicar al supervisor entrante.
- Necesidades de capacidad de los trabajadores, para capacitar y entrenar con el objetivo de mejora de la competencia de los colaboradores
- Reportar la producción, parámetros, condiciones y acto sub-estándar operativos
- Informar cualquier acto ilícito.
- Fallas operacionales de Planta y participar de las investigaciones de las causas, realizar las acciones correctivas para eliminar los peligros.

#### **Coordinar**

- Con los colaboradores, la propuesta de nuevos procedimientos y modificación y actualizar los procedimientos actuales.

- Con el área de RRHH la tarea diaria del personal
- Con todas las áreas las actividades de supervisión para el logro de los objetivos de producción
- Con el área de mantenimiento las intervenciones preventivas y correctivas de los equipos.

#### Verificar

- El uso adecuado de los EPP's de todo el personal.
- El orden y limpieza en la planta
- La correcta ejecución de los trabajos de los operadores y mantenimiento a los equipos de planta.
- La realización del IPERC por el personal al inicio de sus labores
- El controlar del presupuesto (CAPEX y OPEX) y KPIs (tonelaje del mineral chancado, análisis granulométricos en la molienda, dosificación de archivos en la flotación, calidad de concentrado) de producción.

Las acciones identificadas se informan para alimentar los indicadores de gestión e identificar desviaciones para establecer planes de acción

En la labor de laboratorio mi responsable fue realizar pruebas a nivel de investigación metalúrgicas del mineral, con la finalidad de lograr mejoras operativas y procesar otro tipo de minerales de las exploraciones.

La otra responsabilidad fue contribuir con proyectos de mejora de los procesos, participando dentro de la organización en una “estructura matricial” (Project Management Institute, 2004, pág. 30), con la gerencia de Lima y la jefatura de planta. Participe en el diseño, construcción, prueba y puesta en marcha, verificando, procedimientos, formatos y herramientas de control de alcance, costos y tiempo del proyecto de procesamiento de relava. Así mismo se evaluó necesidades de energía, operación, servicios.

Se trabajo con una empresa contratista in situ, para el control del cronograma, el aseguramiento de la calidad (CQA) de la ingeniería, para poder advertir y gestionar las desviaciones y prever posibles cambios contractuales.

La gestión se coordinaba con la gerencia de unidad y la gerencia corporativa.



## CAPITULO IV: APLICACIÓN PRÁCTICA

### 4.1 DESARROLLO PRACTICO DE LAS CONTRIBUCIONES PLANTEADAS POR EL BACHILLER EN LA EMPRESA

Nuestro aporte se verá en la integración con conocimiento académicos adquiridos en la Universidad para poner en valor y lograr beneficios del proyecto, se centra en la evaluación económica, sustentada en aspectos técnicos, financieros, sociales y políticos del entorno del proyecto. (H.E.K. ALLEN, 2022)

en la *síntesis de la realidad problemática* veremos la validación de la existencia del depósito, con el conocimiento geológico y comprensión suficiente de la naturaleza del depósito mineral y sus características.

En el *desarrollo del caso* veremos la validación de la recuperación, a través de investigaciones metalúrgicas y la definición del método de proceso.

En la *aplicación y análisis* veremos la justificación económica con la aplicación y análisis de la evaluación económica, sustentada en el costo de capital, costo operativo, el recurso mineral, la recuperación esperada, la vida útil del proyecto, los costos de inversión, costos operativos, la ley del mineral promedio, el precio de los metales, impuestos fiscales, con el objetivo de obtener flujos efectivos en un periodo determinado y evaluar de proyectos con criterio estándar, como el VAN y la TIR, finalizando con un análisis de sensibilidad.

Así mismo la calidad profesional de los tesisas contribuirá la Universidad con una ventaja competitiva por la identificación de oportunidades en las diferentes industrias, beneficiado a los futuros alumnos.

#### 4.1.1 *Síntesis de la Realidad Problemática:*

La Unidad Minera Orcopampa cuneta con un relave acomunalado desde el año 1989 al año 2003, (en el Figura N° 19 se ve el relave acumulado en estudio con vista de la gerencia central)

**Figura 19**

*Relave Acumulado en estudio con Vista de la Gerencia Central*



Fuente. Fotos tomadas con cámara digital propia, se unió varias tomas de foto, año 2007

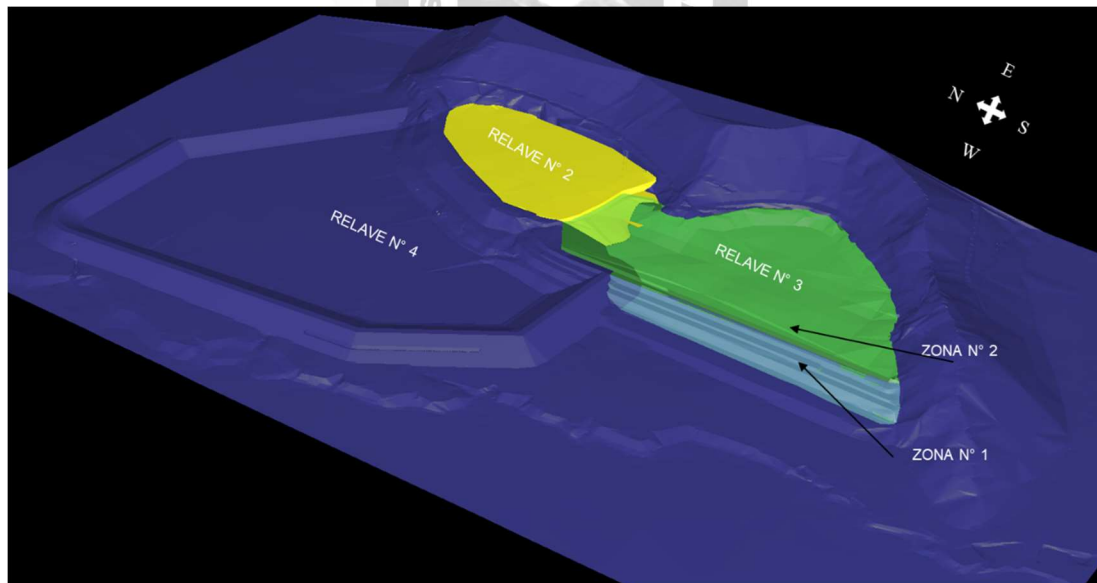


Se inicio con una búsqueda de información histórica en los reportes metalúrgicos, entre los años 1989 y 2003, se acumuló un total de relave de 3,886,809.571 tn, con una ley para la plata (Ag) de 44.33 gramaos por tonelada (gr/tn) y para el oro (Au) con una ley de 1.233 gramaos por tonelada (gr/tn), (en la Tabla N° 1, se presenta las leyes históricas).

Así mismo se pudo identificar dos zonas con diferentes valores de plata y oro, debido a la procedencia de los minerales, la primera zona, se tienen identificado entre los años 1,989 y 1,999, con relave acumulado. proveniente del proceso del mineral de la mina Calera, con 2,766,141.147 tn, con una ley para la plata (Ag) de 59.88 gramos por tonelada (gr/tn) y para el oro (Au) con una ley de 0.788 gramos por tonelada (gr/tn). (en el Figura N° 20 se observa las zonas definidas de mineralización).

**Figura 20**

*Zonas Definidas de Mineralización*



Fuente: elaboración propia, el sólido se obtuvo con el programa GEMCOM, lo que permite visualizar los relaves existentes

**Tabla 1**

*Leyes Históricas de Relave Acumulado*

R E L A V E							
P E S O Y L E Y E S				C O N T E N I D O S			
AÑO	T.M.S.	Ag gr/tn	Au gr/tn	Cu %	Ag gr	Au gr	Cu %
<b>RELAVE N°3 (CALERA - 1989-1999)</b>							
1989	381,802.689	1.39	0.015	0.035	531,167.30	5,608.053	132.781
1990	394,958.501	1.32	0.020	0.022	521,389.40	7,706.856	87.776
1991	413,338.827	1.19	0.019	0.022	491,681.00	7,825.689	92.950
1992	298,623.957	1.26	0.014	0.021	375,451.00	4,168.788	62.668
1993	200,639.912	1.40	0.028	0.019	280,428.00	5,651.027	38.523
1994	227,704.735	1.30	0.023	0.020	295,261.90	5,209.772	45.619
1995	242,103.084	2.03	0.031	0.020	490,758.00	7,581.984	48.421
1996	240,822.935	2.07	0.027	0.018	499,638.00	6,475.080	44.187
1997	241,239.862	2.27	0.027	0.025	547,835.00	6,426.851	60.414
1998	235,587.086	2.08	0.013	0.028	491,137.00	3,132.619	65.924
1999	172,295.798	1.78	0.022	0.012	306,527.80	3,814.383	20.215
TCS / Oz	<b>3,049,117.386</b>	<b>1.58</b>	<b>0.021</b>	<b>0.000</b>	<b>4,831,274.40</b>	<b>63,601.10</b>	<b>699.48</b>
TMS	<b>2,766,141.147</b>	<b>59.88</b>	<b>0.788</b>	<b>0.000</b>	<b>165,642,117.58</b>	<b>2,180,588.46</b>	<b>699.48</b>
<b>RELAVE N°3 (CHIPMO - 2000 -2003)</b>							
2000	240,644.661	0.39	0.041	0.004	93,071.10	9,962.195	8.626
2001	324,310.486	0.20	0.045	0.002	64,197.52	14,576.225	6.837
2002	317,141.622	0.06	0.079	0.000	18,958.56	24,914.056	0.000
2003	353,216.035	0.05	0.076	0.000	18,274.42	26,733.272	0.000
TCS / Oz	<b>1,235,312.804</b>	<b>0.16</b>	<b>0.062</b>	<b>0.000</b>	<b>194,501.60</b>	<b>76,185.75</b>	<b>15.46</b>
TMS	<b>1,120,668.424</b>	<b>5.95</b>	<b>2.331</b>	<b>0.000</b>	<b>6,668,562.83</b>	<b>2,612,057.93</b>	<b>15.46</b>
<b>TOTAL TMS</b>	<b>3,886,809.571</b>	<b>44.33</b>	<b>1.233</b>	<b>0.000</b>	<b>172,310,680.41</b>	<b>4,792,646.40</b>	<b>714.94</b>

Fuente: Tomada de una hoja excel de los reportes históricos



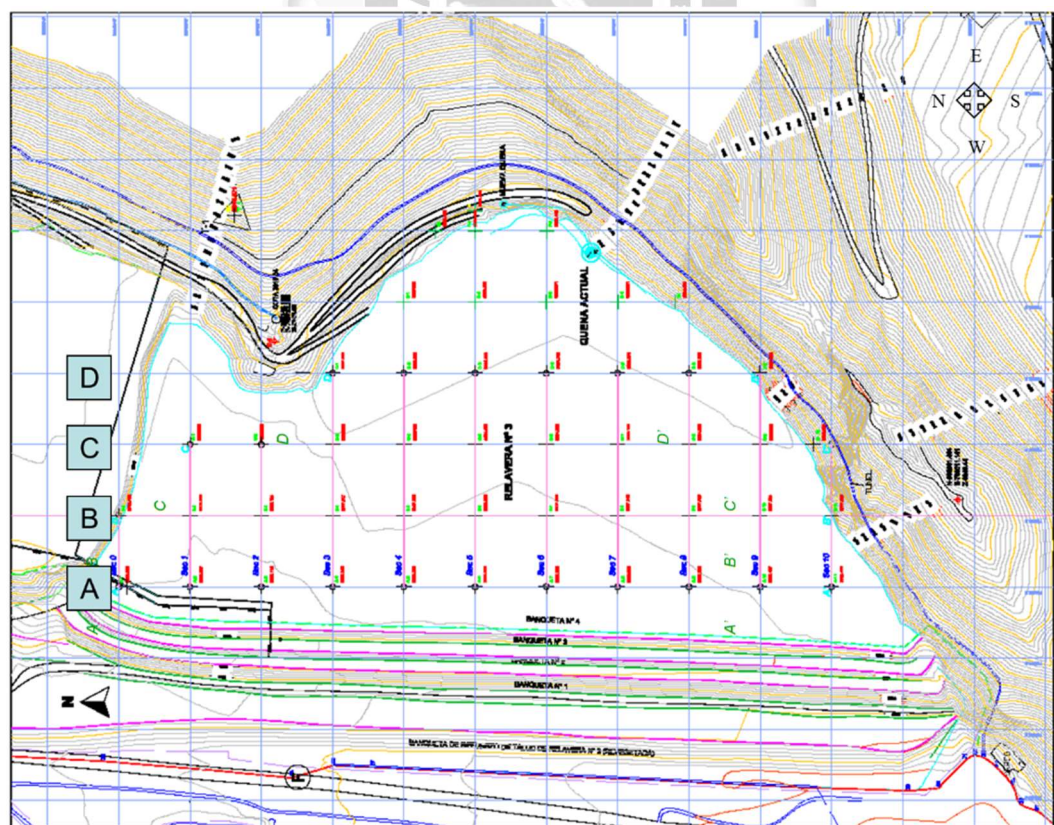
La segunda zona identificado entre los años 2,000 y 2,003, con relave acumulado. proveniente del proceso del mineral de la mina Chipmo, con 1,120,668.424 tn, con una ley para la plata (Ag) de 5.95 gramos por tonelada (gr/tn) y para el oro (Au) con una ley de 2.331 gramos por tonelada (gr/tn).

Con esta información en coordinación con jefatura del área de geología, se planteó la ejecución de 39 sondajes para explorar en profundidad, mediante perforaciones en el relave acumulado, con el objetivo confirmar y evaluar el potencial de valores.

Definido los tramos de muestreo, se procedió a extraer cada 1 metros en forma correlativa, un kilogramo del core por duplicado, para análisis de valores por laboratorio y pruebas metalúrgicas, (en el Figura N° 21 se ve los puntos de perforación).

**Figura 21**

*Puntos de Perforación en el Relave Acumulado*



Fuente: Material proporcionado por el área de geología

Posterior a la etapa de perforación y logeo, con la evaluación e interpretación de los datos, fue posible estimar los recursos potenciales para el relave comprobando la existencia total de 2,536,849Tn, con una ley promedio para el oro (Au) de 0.052 onzas de oro (Oz Au) equivalentes a 1.60 gramos por tonelada (g/Tm) y para la plata (Ag) de 1.15 onzas de plata (Oz Ag), equivalentes a 35.63 gramos por tonelada (g/Tm). Haciendo un total de 130,793 onzas de oro y 2,906,261 onzas de plata (En la Tabla N° 2, se puede observar el tonelaje y ley promedio del Relave N° 3, obtenido de las 39 perforaciones y sus respectivos análisis de laboratorio)

**Tabla 2**

*Tonelaje y Ley promedio del Relave N° 3, obtenido de las 39 perforaciones y sus respectivos análisis de laboratorio*

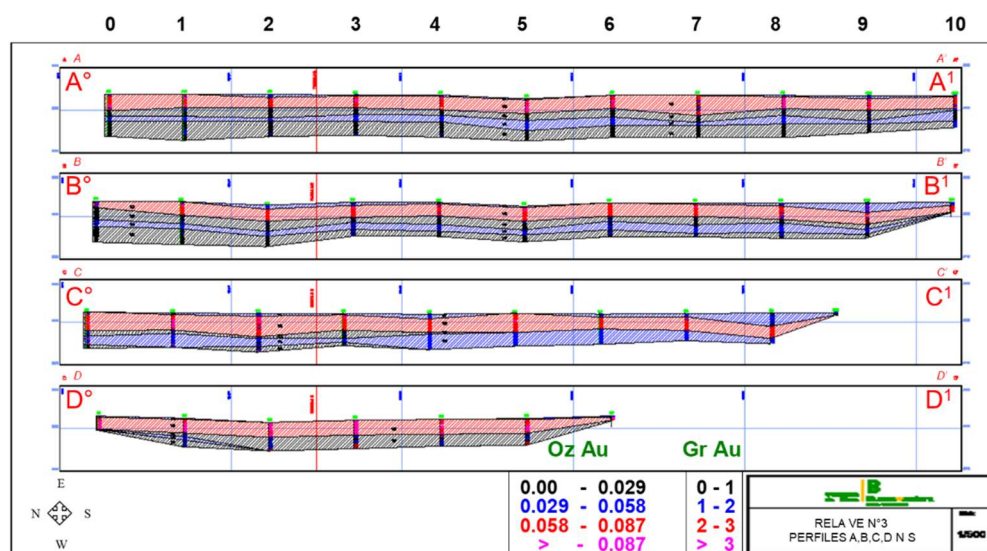
Nivel	Tonelaje	Leyes (Oz/Tm)		Contenido Oz		Contenido Gr		Leyes (Gr/Tm)	
	Tm	Au	Ag	Au Oz	Ag Oz	Au Gr	Ag Gr	Au	Ag
3784	50,967	0.02	1.48	1,080	75,344	33,607	2,343,461	0.66	45.98
3786	342,740	0.03	1.76	10,077	603,187	313,416	18,761,237	0.91	54.74
3790	519,612	0.04	1.77	19,433	919,246	604,449	28,591,752	1.16	55.03
3794	557,298	0.04	1.61	24,855	896,191	773,093	27,874,683	1.39	50.02
3798	585,391	0.07	0.58	40,450	336,775	1,258,152	10,474,886	2.15	17.89
3802	462,143	0.07	0.15	33,505	70,847	1,042,134	2,203,575	2.26	4.77
3806	18,699	0.07	0.25	1,391	4,671	43,272	145,288	2.31	7.77
<b>Total</b>	<b>2,536,849</b>	<b>0.052</b>	<b>1.15</b>	<b>130,793</b>	<b>2,906,261</b>	<b>4,068,124</b>	<b>90,394,882</b>	<b>1.60</b>	<b>35.63</b>

Fuente: Material proporcionado por el área de geología

Así mismo se realizó secciones N S en la topografía de los puntos A; B; C Y D del relave, con el objetivo de corroborar la existencia de dos zonas bien definidas, la zona N°1 de color gris, contiene los valores de oro menores a 2 gr/tn. y valores de plata por encima de 50 gr/tn, debido a que la naturaleza del mineral era proveniente de la mina calera con presencia de sulfuros de plata con menor presencia de oro. (en el Figura N° 22 se observa sección del relave con zonas mineralizadas).

**Figura 22**

*Sección N S, de las Filas A, B, C, D con Zonas Mineralizadas*



Fuente: Material proporcionado por el área de geología

La zona N°2, de color rojo, contiene los valores de oro mayores a 2 gr/tn. Y valores de plata menores a 12 gr/tn. Debido a que la naturaleza del mineral era proveniente de la mina chipmo, con presencia de minerales mixtos, oxido y sulfuros, con mayor presencia de oro.

La zona N° 1 conformada por los niveles 3784, 3786, 3790 y 3794, el cual contiene un tonelaje de 1,470,616 Tn, con una ley promedio para el oro (Au) de 0.038 onzas de oro (Oz Au) equivalentes a 1.17 gramos por tonelada (g/Tm) y para la plata (Ag) de 1.70 onzas de plata (Oz Ag), equivalentes a 52.75 gramos por tonelada (g/Tm). dando 55,446 onzas de oro (OzAu) y 2,493,968 onzas de plata (OzAg)

La zona N° 2 conformada por los niveles 3798, 3802 y 3806 el cual contiene un tonelaje de 1,066,233 Tn, con una ley promedio para el oro (Au) de 0.071 onzas de oro (Oz Au) equivalentes a 2.20 gramos por tonelada (g/Tm) y para la plata (Ag) de 0.39 onzas de plata (Oz Ag), equivalentes a 12.03 gramos por tonelada (g/Tm). dando 75,347 onzas de oro (OzAu) y 412,293 onzas de plata (OzAg), (en el Tabla N° 3 se observa el resultado de las interpretaciones de los sondajes por zonas).

**Tabla 3**

*Resultado de las interpretaciones de los sondeos por zonas de valores*

	Nivel	Tonelaje	Leyes (Oz/Tm)		Contenido Oz		Contenido Gr		Leyes (Gr/Tm)	
		Tm	Au	Ag	Au Oz	Ag Oz	Au Gr	Ag Gr	Au	Ag
Z N O ° N A 1	3784	50,967	0.02	1.48	1,080	75,344	33,607	2,343,461	0.66	45.98
	3786	342,740	0.03	1.76	10,077	603,187	313,416	18,761,237	0.91	54.74
	3790	519,612	0.04	1.77	19,433	919,246	604,449	28,591,752	1.16	55.03
	3794	557,298	0.04	1.61	24,855	896,191	773,093	27,874,683	1.39	50.02
	<b>Sub Total</b>	<b>1,470,616</b>	<b>0.038</b>	<b>1.70</b>	<b>55,446</b>	<b>2,493,968</b>	<b>1,724,565</b>	<b>77,571,133</b>	<b>1.17</b>	<b>52.75</b>
Z N O ° N A 2	3798	585,391	0.07	0.58	40,450	336,775	1,258,152	10,474,886	2.15	17.89
	3802	462,143	0.07	0.15	33,505	70,847	1,042,134	2,203,575	2.26	4.77
	3806	18,699	0.07	0.25	1,391	4,671	43,272	145,288	2.31	7.77
	<b>Sub Total</b>	<b>1,066,233</b>	<b>0.071</b>	<b>0.39</b>	<b>75,347</b>	<b>412,293</b>	<b>2,343,558</b>	<b>12,823,750</b>	<b>2.20</b>	<b>12.03</b>
	<b>Total</b>	<b>2,536,849</b>	<b>0.052</b>	<b>1.15</b>	<b>130,793</b>	<b>2,906,261</b>	<b>4,068,124</b>	<b>90,394,882</b>	<b>1.60</b>	<b>35.63</b>

Fuente: Material proporcionado por el área de geología

La conclusión del estudio geológico, confirmo la existencia de un yacimiento de bajo contenido de valores, con dos zonas caracterizadas por minerales asociados a la presencia de oxidados, con una relación de oro y plata 1:6 y minerales mixtos asociados a la presencia de óxidos y sulfuros, con una relación de oro y plata de 1:40.

Las muestras tomadas de cada core se enviaron para hacer las pruebas metalúrgicas con el objetivo de definir el proceso y la recuperación de los valores del mineral de oro y plata.

#### 4.1.2 *Desarrollo del Caso*

Con la evidencia de la existencia de valores en la relavera, se continuó con las pruebas metalúrgicas con el objetivo de determinar y evaluar, si es factible obtener una recuperación y un método de proceso, que hagan viable el proyecto.

Para este fin se envió al laboratorio C. H. PLENGE & CIA. S.A, treinta y ocho (38) muestras del relave No.3, identificadas por Fila A hasta la Fila D. con el objetivo de hacer (C. H. PLENGE & CIA. S.A., 2007):

- Pruebas de cianuración de cada una de las muestras.

- Pruebas de velocidad de absorción y capacidad de absorción con carbón activado. (C. H. PLENGE & CIA. S.A., 2007)

Así mismo, se realizó una búsqueda de información para ver si se tenía anteriores pruebas, consiguiendo un informe de años 1998 (C. H. PLENGE & CIA. S. A., 1998), también realizado por el laboratorio C. H. PLENGE & CIA. S.A. en el año 2006 se encontró un informe con 20 pruebas, (C. H. PLENGE & CIA. S.A., Investigación Metalúrgica N° 6163 -67 , 2006), también realizadas por laboratorios C.H. PLENGE & CIA. S.A., y con el objetivo de ver si incrementando el grado de liberación de las partículas se lograba mayores recuperaciones se realizaron pruebas en la unidad minera.

En la Tabla N°4, se resume todas las pruebas realizadas, primero, en el año 1998 se realizó, 2 pruebas, siendo un 43% de granulometría del material a 74 micrones, correspondiente a la malla menos 200 (malla -200), las pruebas fueron realizadas con aglomerado y en botella, con una cabeza de Oro menor a 1 gr/tm y para la Plata mayor a 80 gr/tm, dando una recuperación promedio de 75.1% para el Oros y 63.85% para la Plata en un periodo de 72 horas.

La segunda prueba, se realizó el año 2006, 20 pruebas a diferente granulometría dando una recuperación promedio de 78% de Oro y 50% para la plata en malla 64%, una recuperación promedio de 81% de Oro y 58% para la plata en malla 60-79%, una recuperación promedio de 83% de Oro y 62% para la plata en malla 73-89% y una recuperación promedio de 84% de Oro y 60% para la plata en malla 73-90%, en un periodo de tiempo de 72 horas

La tercera prueba confirmatoria, se realizó con las 39 muestras enviadas del relave, pruebas a diferente granulometría dando una recuperación promedio de 53% de Oro y 85% para la plata, con una malla promedio de 67% en la malla menos 200 (malla -200), en un tiempo de 72 horas.

De las pruebas se puede concluir que la recuperación promedio del Oro es de 77% y para la plata es de 62%. Para una malla de -200 por encima de 75%, con un tiempo de



residencia de 72 horas, (en el Tabla N° 4 se observa el resumen de resultados de las investigaciones metalúrgicas).

Así mismo es importante mencionar que la pruebas se realizaron en pulpas de 40 % de Sólidos, con una fuerza de cianuro de 0.10% con un consumo de cianuro de 1 kg/tn por mineral y un consumo de cal de 1.6 kg/tn por mineral, para mantener un pH entre 10.5 a 11, con la finalidad de mantener estable los iones de cianuro en la solución y pueda ser efectiva su reacción en todo el proceso de recuperación de valores.

**Tabla 4**

*Resumen de resultados de las investigaciones metalúrgicas*

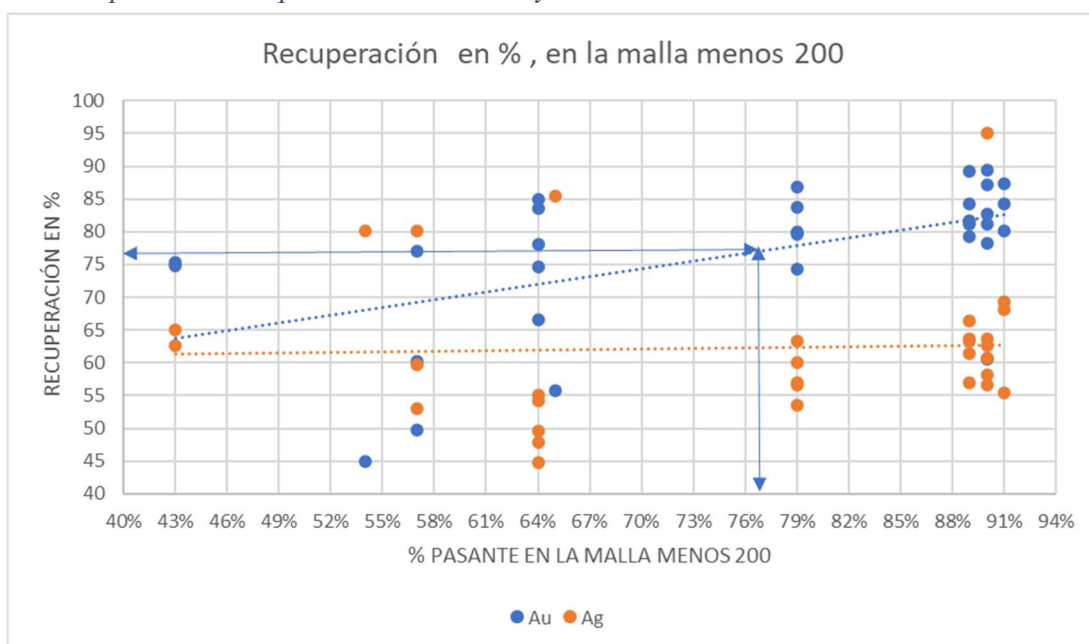
N° de Muestra	Granulometría	Proceso	Cabeza gr/tm		Extracción %		RECUPERACION PROMEDIO	
			Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag
N° 5104 -1998 PLENGE	43% -200 M	Aglomerado	0.95	82.57	74.8	62.7	75	64
	43% -200 M	Botella	0.99	84	75.4	65		
N° 6163 -67 2006 PLENGE	64% -200 M	Botella	1.70	18.00	83.50	44.80	78	50
		Botella	2.49	12.20	85.00	55.00		
		Botella	1.09	59.90	78.10	49.60		
		Botella	1.19	69.70	74.60	54.30		
		Botella	0.87	59.90	66.60	47.90		
	60 - 79% -200 M	Botella	1.60	18.40	83.70	53.50	81	58
		Botella	2.51	12.10	86.90	63.30		
		Botella	1.04	58.60	79.90	56.70		
		Botella	1.23	69.70	79.60	60.10		
		Botella	0.84	59.10	74.30	57.00		
	73 - 89% -200 M	Botella	1.71	18.30	84.20	57.00	83	62
		Botella	2.67	12.30	89.30	66.40		
		Botella	0.96	57.70	81.70	61.40		
		Botella	1.25	69.80	81.10	63.70		
		Botella	0.83	58.00	79.30	63.30		
	73 - 90% -200 M 72 Horas	CIL	1.78	18.40	87.10	56.60	84	60
		CIL	2.63	12.10	89.40	63.70		
		CIL	1.10	59.80	82.70	58.20		
		CIL	1.32	68.20	81.10	60.80		
		CIL	0.87	58.30	78.30	62.60		
N° 6672-6709 2007 PLENGE 72 horas	Fila A 54%-200M	Botella	2.30	17.20	44.90	80.10	53	85
	Fila B 57%-200M	Botella	2.07	16.60	49.70	80.10		
	Fila C 65%-200M	Botella	2.45	11.70	55.70	85.40		
	Fila D 90%-200M	Botella	2.96	18.10	60.60	95.10		
	Promedio: 67%-200M	Botella	2.45	15.90				
Laboratorio Orcopampa Composito 2006	57% -200 M	Botella	1.66	41.86	60.24	52.99	69	56
	57% -200 M	Botella	1.66	41.86	77.11	59.65		
	91% -200 M	Botella	1.66	41.86	80.12	55.45		
	91% -200 M	Botella	1.66	41.86	87.35	69.28		
	91% -200 M	Botella	1.66	41.86	84.34	68.20		
Promdio General % Rec.							77	62

Fuente: Se muestra resultados de recuperación en %, de las diferentes mallas -200, Adaptada de (C. H. PLENGE & CIA. S. A., 1998), (C. H. PLENGE & CIA. S.A., Investigación Metalúrgica N° 6163 -67 , 2006), (C. H. PLENGE & CIA. S.A., Investigación Metalúrgica No. 6672-6709, 2007)

En la cuarta prueba metalúrgica se realizó 6 prueba, con el composito de las muestras testigo del relave, con la finalidad de ver la dependencia de la recuperación a diferente liberación granulométrica, dando como resultado la confirmación de la dependencia que a mayor liberación granulométrica la recuperación de oro se incrementa en un 5% y para la plata se incrementa en 12%, (en el Figura N° 23 se presenta diagrama de dependencia de liberación granulométrica)

**Figura 23**

*La Recuperación: Dependencia de su Mayor Liberación Granulométrica*



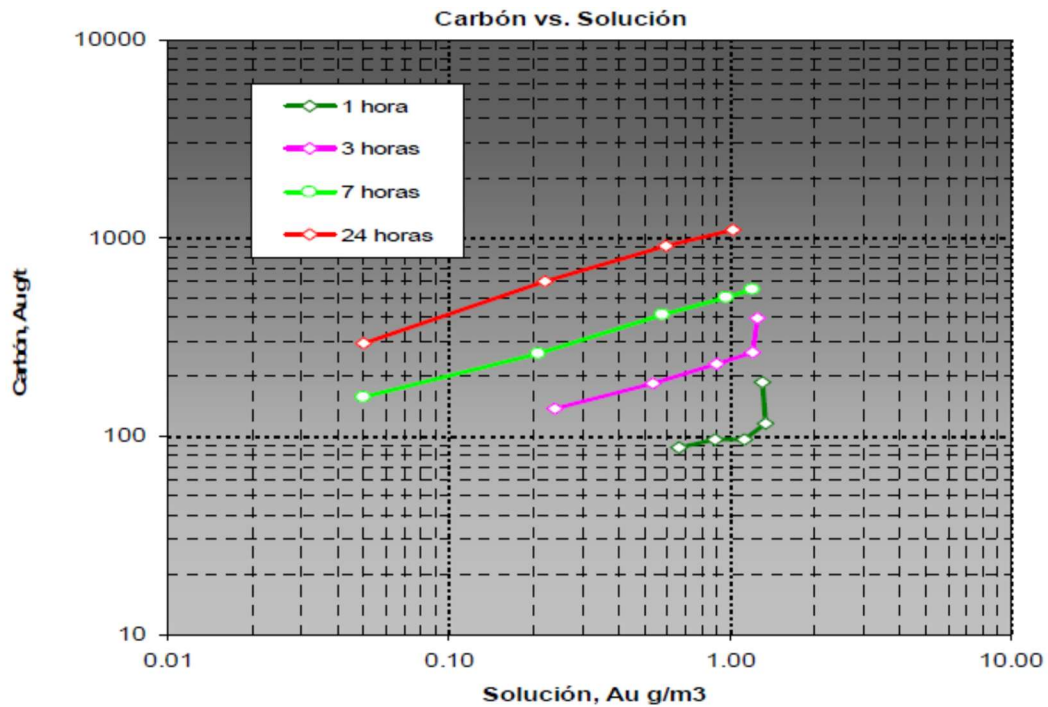
Fuente: Se muestra dependencia de la recuperación a diferente liberación en la malla menos 200, Adaptada de (C. H. PLENGE & CIA. S. A., 1998), (C. H. PLENGE & CIA. S.A., Investigación Metalúrgica N° 6163 -67 , 2006), (C. H. PLENGE & CIA. S.A., Investigación Metalúrgica No. 6672-6709, 2007)

Con la finalidad de definir el proceso cianuración carbón en leach (CIL) y desorción, se coordinación con el área de laboratorios Plenge, hacer pruebas de cinética de adsorción del carbón., se efectuó 4 pruebas de cada fila. La prueba se realizó a 40% de sólidos con 0.10% de fuerza de cianuro y 96 horas de agitación. Dando como resultado optimo el proceso CIL, (C. H. PLENGE & CIA. S.A., Investigación Metalúrgica No. 6672-6709, 2007), con los resultados siguientes:

De los datos el gráfico se muestra que las 24 horas de cianuración se obtiene la mejor carga de oro en el carbón con 1,010 gr Au/tn, siendo óptimo para el proceso cianuración carbón en leach (CIL) y desorción, ( CARDOSO VASQUEZ, pág, 46), (en el Figura N° 24 se presenta el diagrama con las curvas de adsorción del oro sobre el carbón)

**Figura 24**

*Curva de Equilibrio para la Adsorción del Oro Sobre el Carbón*



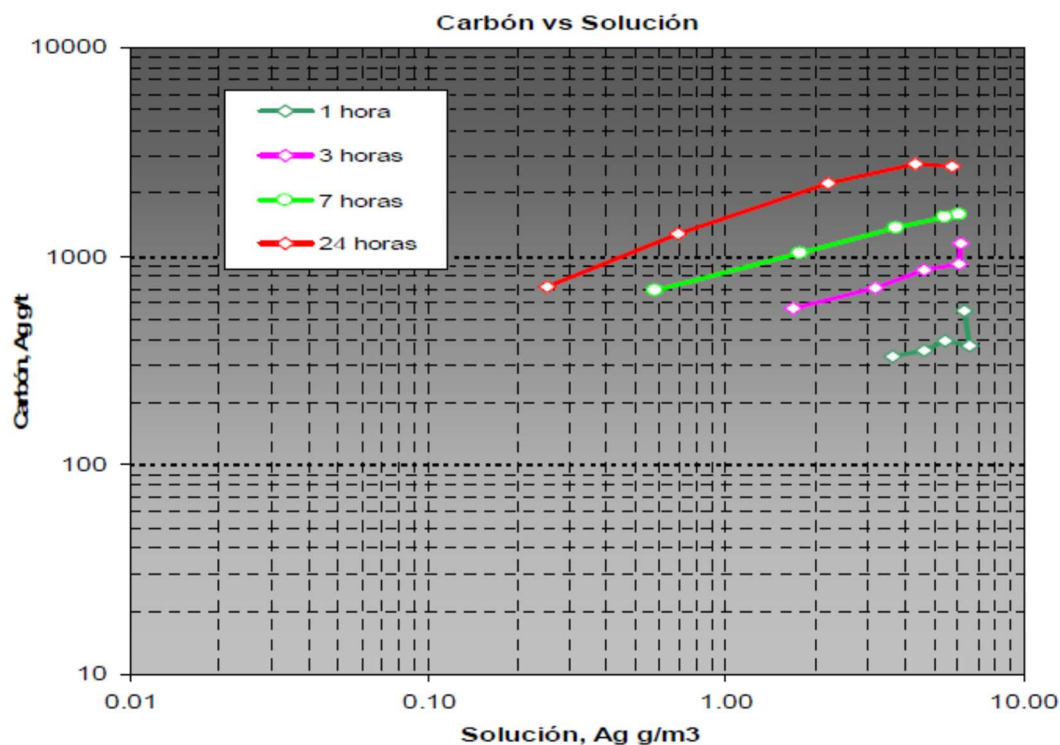
Fuente: Se muestra la disolución del Oro en la solución y la carga del carbón con Oro, Replica de, (C. H. PLENGE & CIA. S.A., Investigación Metalúrgica No. 6672-6709, 2007)

En la figura N° 25, se muestra que a las 24 horas de cianuración se obtiene la mejor carga de plata en el carbón con 1,200 gr Ag/tn, poseyendo mayor afinidad que el oro, así mismo, se ve que es óptimo para los procesos de cianuración carbón en leach (CIL), decantación continua en contracorriente (CCD), Merrill Crowe y desorción, ( CARDOSO VASQUEZ, pág, 46), (en el Figura N° 25 se presenta el diagrama con las curvas de adsorción de la plata sobre el carbón)



**Figura 25**

*Curva de Equilibrio para la Adsorción de la Plata Sobre el Carbón*



Fuente: Se muestra la disolución de la Plata en la solución y la carga del carbón con Plata, Replica de, (C. H. PLENGE & CIA. S.A., Investigación Metalúrgica No. 6672-6709, 2007)

Como se vio en el reporte de geología existen materiales que tenían la relación de oro-plata es de 1:40, y la afinidad del carbón por la plata en la solución, visto en los resultados metalúrgicos. Estas condiciones hacen que en la solución de la pulpa tenga más contenido de plata que oro, por lo tanto, se recomienda para este tipo de relación de oro y plata el proceso de *Decantación Continua en Contracorriente (CCD)* y *Merrill Crowe*.

Si el material tiene la relación de oro-plata es de 1:6, se recomienda para este tipo de relación de oro y plata, el proceso de *Cianuración Carbón en Leach (CIL)*, debido a que la manipulación de carbón es menor y además se tiene menos equipos.

Se puede concluir que el material puede ser desarrollado por el proceso cianuración carbón en leach (CIL) y desorción, a unas condiciones de 40% de sólidos de pulpa, con 0.01% de cianuro y 72 hora de agitación. Este proceso permitió una menor manipulación de carbón, comprar solo tanques de agitación, ampliar el área de desorción y tratar solo la zona N° 2 del relave, por la relación de oro y plata de 1:6, (C. H. PLENGE & CIA. S.A., Investigación Metalúrgica No. 6672-6709, 2007)

De los resultados de la geología y metalurgia, se confirmó:

1. Se debe procesar solo la zona N° 2, el cual contiene 1,066,233 Tn, con una ley promedio para el oro (Au) de 2.20 gramos por tonelada (g/Tm) y para la plata (Ag) con 12.03 gramos por tonelada (g/Tm). Debido a que por la relación de oro y plata de 1:6, lo que permitió una mejor operatividad metalúrgica.
2. La recuperación promedio del Oro es de 77% y para la plata es de 62%. Para una malla de -200 por encima de 75%, con un tiempo de residencia de 72 horas.
3. Las onzas recuperables con el tonelaje y la recuperación definida, es de 52,633 onzas de oro (OzAu) y 231,898 onzas de plata (OzAg). (en el Tabla N° 5 se muestra las onzas recuperables)

**Tabla 5**

*Onzas Recuperables*

Nivel	Tonelaje	Leyes (Gr/Tm)		Contenido Oz		Recuperación		Oz Recuperables	
	Tm	Au	Ag	Au Oz	Ag Oz	Au	Ag	Au	Ag
3798	585,391	2.15	17.89	40,450	336,775	77.0%	62.0%	31,147	208,801
3802	462,143	2.26	4.77	33,505	70,847	77.0%	62.0%	25,799	43,925
3806	18,699	2.31	7.77	1,391	4,671	77.0%	62.0%	1,071	2,896
<b>Sub Total</b>	<b>1,066,233</b>	<b>2.20</b>	<b>12.03</b>	<b>68,354</b>	<b>374,030</b>	<b>77.0%</b>	<b>62.0%</b>	<b>52,633</b>	<b>231,898</b>

Fuente: Cálculo en base a tonelaje, ley y recuperación con conversión de gramos a onzas (1onza=3.1035 gr), Material proporcionado por el área de geología y planta

4. El proceso definido es cianuración carbón en leach (CIL) y desorción, a unas condiciones de 45% de sólidos de pulpa, con 0.01% de cianuro y 72 hora de agitación. Debido a que permitió una menor manipulación de carbón, comprar solo tanques de agitación, ampliar el área de desorción y tratar solo la zona N° 2 del relave, por la relación de oro y plata de 1:6

Con esta información se procedió hacer cálculos y análisis de la viabilidad del proyecto

#### **4.1.3 Aplicación y Análisis:**

Previamente a efectuar el flujo de efectivo del proyecto, realizaremos el cálculo del tonelaje diario requerido para el proceso, el cálculo del costo operativo y la inversión de capital.

La gerencia de operaciones propuso realizar un cálculo del número de tanques para un tonelaje de tratamiento de 1,000, 1,500 y 2,000 tonelada por día, debido a que los tanque son el núcleo del proceso, al cual giran todos los demás costos.

Se realizaron los cálculos para tanques de 30' x 30', 35' x 35', 40' x 30', 40' x 35' (pies de diámetro x pies de altura). (En el Anexo N° 1 se detalla los cálculos respectivos de volumen y número de tanques)

Se definió en un consenso entre la gerencia general y la gerencia de unidad realizar el proceso a 1,000 toneladas día con la instalación de 4 tanques de 35 pies de diámetro x 35 pies de altura, para las operaciones. (en el Tabla N° 6 se muestra el resumen del cálculo de tanques a diferentes tonelajes)

**Tabla 6**

*Número de Tanques a Diferentes Tonelajes de Tratamiento por Día*

<b>Toneladas por día (propuesta)</b>	<b>2,000</b>	<b>1,500</b>	<b>1,000</b>
<b>Numero de Tanques 30' x 30'</b>	14	10	7
<b>Numero de Tanques 35' x 35'</b>	9	7	4
<b>Numero de Tanques 40' x 30'</b>	8	6	4
<b>Numero de Tanques 40' x 35'</b>	7	5	3

Fuente: En el Anexo N° 1 se detalla los cálculos respectivos de volumen y número de tanques, elaboración propia

Con la producción diaria, definimos el flujo de producción y las onzas recuperables por año. (En el Anexo N° 2 se detalla los cálculos tonelaje y onzas por año) (en el Tabla N° 7 se muestra el resumen del cálculo de toneladas y onzas)

**Tabla 7**

*Flujo de Producción y las Onzas Recuperables por año*

ITEM	año 1	año2	año 3	Total
<b>Toneladas año</b>	365,000	365,000	336,233	1,066,233
<b>Total Oro Producido OZ (10<sup>3</sup>)</b>	18.02	18.02	16.60	52.63
<b>Total Plata Producido OZ (10<sup>3</sup>)</b>	79.38	79.38	73.13	231.90

Fuente: En el Anexo N° 2 se detalla los cálculos de producción y onzas por año, elaboración propia

Definido el tonelaje se encargó realizar un perfil a la empresa LIMA MANUFACTURING SA y C.H. Plenge, con la finalidad de ver el costo de operativos y de inversión. Los costos operativos ascienden a 8.07 dólares la tonelada de mineral tratado, esta también soportado por la información del área contable (en el Tabla N° 8 se muestra los costos operativos)

**Tabla 8**

*Costos Operativos en dólares por Tonelada*

Costos Operativos	\$/tm
Minado relave	\$ 2.00
Reactivos	\$ 4.70
Energía eléctrica	\$ 0.84
Mano de obra	\$ 0.14
mantenimiento y repuestos	\$ 0.18
Seguridad	\$ 0.04
Seguro	\$ 0.09
Combustible	\$ 0.01
Fletes	\$ 0.04
Laboratorio	\$ 0.02
Lubricantes	\$ 0.01
<b>Total Costo operativo</b>	<b>\$ 8.07</b>

Fuente: detalla de costos operativos, elaboración propia

Los costos de inversión ascienden a \$5.556 millones de dólares, incluye los equipos y trabajos relacionados a la construcción e instalación (en el Tabla N° 9 se muestra los costos de inversión), (en el Anexo N°3 se detalla la inversión de los equipos)

**Tabla 9**

*Costos de Inversión en miles de dólares*

Inversión	Miles (10 <sup>3</sup> )
Gastos del propietario (60 Tn Carbón )	\$ 122
Equipos	\$ 2,012
Instalaciones y montajes	\$ 713
Obras civiles	\$ 455
Electricidad	\$ 682
Tuberías y válvulas y conexiones	\$ 234
Instrumentación	\$ 200
Ampliación de servicios	\$ 100
Infraestructura auxiliar	\$ 440
Contingencias (10%)	\$ 600
<b>Total Inversión</b>	<b>\$ 5,557</b>

Fuente: detalla del costo de inversión, elaboración propia

**El desarrollo del flujo de caja** del proyecto de relaves ilustrará el paso a paso del procedimiento general utilizado en los cálculos de flujo de caja. La suma es en millones de dólares y los flujos de efectivo netos anuales, representadas al final de cada año por cálculos básicos de flujo de efectivo.

No existe un método estándar para hacer cálculos de flujo de caja. Los pasos individuales dependen en gran medida de las complejidades del cálculo.

El proyecto de relave requiere una inversión de \$5.557 millones de dólares (también llamado “capex” para gastos de capital). Este relave tiene una ley para el oro de 2.20 g/tn y para la plata de 12.3 g/tn. con una recuperación para el oro de 77% y para la plata de 62%, con una producción en la toda la vida el proyecto de 52,633 onzas de oro y

231,898 onzas de plata. Se Planifico la producción de 1,066,233 tn en un periodo de 3 años, con una producción de 365,000 tn en los dos primeros años y 336,233 tn el tercer y último año. Los costos operativos, incluidos los costos de procesamiento, ascienden a \$8.07 \$/tn, La inversión está financiada al 100% con deuda propia, es decir, con préstamos de la misma empresa. La tasa de interés es del 10%. Tiene un compromiso con terceros que le impone una regalía del 3% sobre las utilidades, una participación de gastos generales de 8% sobre las utilidades, una participación de los trabajadores del 8% sobre la utilidad antes de impuestos, el gobierno cobra 30% de impuestos sobre la utilidad antes de impuesto. La inversión se deprecia linealmente durante la vida útil del proceso de relave. Se considero un precio base para el Oro de \$500 la onza y para la plata de \$13 la onza.

Los siguientes pasos son necesarios:

Paso A: De la producción anual, ley de mineral y recuperación se obtiene las onzas de producción anual, (en el Tabla N° 10 se muestra el detalle de cálculos para la producción de onzas anuales), ejemplo año 1:

$$((365\text{tn} / \text{año} \times 2.2 \text{ gr/tn} / (31.1035\text{gs} \times 1.1023\text{ts})) \times 0.77 = 18.02 \text{ onzas de oro}$$

**Tabla 10**

*Costos de Inversión en miles de dólares*

Item	Año 1	Año2	Año3	Total
Total Relave	365	365	336	1,066
Ley de oro - g/t	2.20	2.20	2.20	2.20
Ley de plata - g/t	12.03	12.03	12.03	12.03
Oro % recuperación	77%	77%	77%	77%
Plata % recuperación	62%	62%	62%	62%
Total oro producido oz	18.02	18.02	16.60	52.63
Total Plata producido oz	79.38	79.38	73.13	231.90

Fuente: producción onzas al año, elaboración propia

Paso B: El Ingreso Bruto es la suma de cada ingreso de los metales, resultado de la producción anual de onzas y el precio de los metales, para nuestro caso se tomó como base \$500 dólares para el oro y \$13 dólares para la plata, (en el Tabla N° 11 se muestra el detalle de cálculos del ingreso bruto anual), ejemplo año 1 para el Oro y Plata:

$(18.02 \text{ oz} \times 500 \text{ \$/oz}) = \$9.008 \text{ millones de ingreso}$

$(79.38 \text{ oz} \times 13/\text{oz}) = \$1.032 \text{ millones de ingreso}$

Ingreso Bruto año 1 = \$10.041 millones de ingreso

**Tabla 11**

*Costos de Inversión en miles de dólares*

Item	Año 1	Año2	Año3	Total
Total Oro producido oz	18.02	18.02	16.60	52.63
Total Plata producido oz	79.38	79.38	73.13	231.90
Precio del Oro \$/oz	500	500	500	500
Precio de Plata \$/Oz	13	13	13	13
Ingresos Oro \$	9,008.83	9,008.83	8,298.81	26,316.46
Ingresos Plata \$	1,032.00	1,032.00	950.67	3,014.68
Ingreso Bruto y/o Total	\$ 10,041	\$ 10,041	\$ 9,249	\$ 29,331

Fuente: Ingresos brutos al año, elaboración propia

Paso C: El costo del mineral por tonelada tratada es la división ingreso bruto y tonelaje de relave, (en el Tabla N° 12 se muestra el cálculo del costo de mineral), ejemplo:

$29,331/1,066,233 = \$ 27.51 \text{ la tonelada}$

**Tabla 12**

*Costos del mineral (\$/tn)*

Item	Total
Total Relave	1,066,233
Ingreso Bruto y/o Total	\$ 29,331
Costo de mineral (\$/tn)	\$ 27.51

Fuente: Ingresos brutos al año, elaboración propia

Paso D: De la suma, de la multiplicación de la producción anual y el costo por tonelada de los componentes de la operación se obtiene el total costos operativos por año: (en el Tabla N° 13 se muestra el detalle de cálculo de los costos operativos anuales), ejemplo año 1, para minado de relave:

$$(365 \text{ tn} / \text{año} \times 2 \text{ $/tn}) = \$ 730 \text{ mil dólares}$$

Paso E: para el caso del proyecto antes de obtenemos la utilidad operativa (OP) por año o flujo de caja antes de intereses e impuestos, se deben pagar algunos compromisos adquiridos sobre el ingreso total, como gastos generales del 8%, regalías del 3%, que se obtiene de la multiplicación con el ingreso total anual y la depreciación de la inversión se deprecia linealmente a lo largo de los 3 años de vida útil de la mina: (en el Tabla N° 14 se muestra el detalle de cálculo de los costos de compromisos adquiridos y la depreciación anual), ejemplo año 1:

$$\text{Gastos generales} = 0.08 \times \$ 10.041 = \$ 803 \text{ mil dólares}$$

$$\text{Depreciación} = \$ 5.557 / 3 \text{ años} = \$ 1.852 \text{ millones de dólares}$$

$$\text{Regalías} = 0.03 \times \$ 10.041 = \$ 301 \text{ mil dólares}$$



**Tabla 13***Detalle de los Costos Operativos en miles de dólares*

Item		Año 1	Año2	Año3	Total
Total Relave		365	365	336	1,066
Minado relave \$/tn	\$ 2.00	\$ 730	\$ 730	\$ 672	\$ 2,132
Reactivos\$/tn	\$ 4.70	\$ 1,716	\$ 1,716	\$ 1,580	\$ 5,011
Energía eléctrica \$/tn	\$ 0.84	\$ 307	\$ 307	\$ 282	\$ 896
Mano de obra \$/tn	\$ 0.14	\$ 51	\$ 51	\$ 47	\$ 149
Mantenimiento y repuestos \$/tn	\$ 0.18	\$ 66	\$ 66	\$ 61	\$ 192
Seguridad \$/tn	\$ 0.04	\$ 15	\$ 15	\$ 13	\$ 43
Seguro \$/tn	\$ 0.09	\$ 33	\$ 33	\$ 30	\$ 96
Combustible \$/tn	\$ 0.01	\$ 4	\$ 4	\$ 3	\$ 11
Fletes \$/tn	\$ 0.04	\$ 15	\$ 15	\$ 13	\$ 43
Laboratorio \$/tn	\$ 0.02	\$ 7	\$ 7	\$ 7	\$ 21
Lubricantes \$/tn	\$ 0.01	\$ 4	\$ 4	\$ 3	\$ 11
Total Costo operativo	\$ 8.07	\$ 2,946	\$ 2,946	\$ 2,713	\$ 8,605

Fuente: costos operativos de cada componente por año, elaboración propia

**Tabla 14***Detalle de Costos compromisos adquiridos y depreciación en miles de dólares*

Item		Año 1	Año2	Año3	Total
Ingresos Total	\$ 27.51	\$ 10,041	\$ 10,041	\$ 9,249	\$ 29,331
Gastos Generales	8%	\$ -803	\$ -803	\$ -740	\$ -2,346
Depreciación		\$ -1,852	\$ -1,852	\$ -1,852	\$ -5,557
Regalías	3%	\$ -301	\$ -301	\$ -277	\$ -880

Fuente: costos de compromisos adquiridos por año, elaboración propia

Paso F: De la diferencia entre los ingresos brutos y/o total, del costo total operativo, los gastos generales, depreciación y regalías por año, obtenemos la utilidad operativa (OP) por año o flujo de caja antes de intereses e impuestos, (en el Tabla N° 15 se

muestra el detalle de cálculo del costo operativo antes de interés e impuestos anual), ejemplo año 1:

Utilidad antes de impuesto e intereses = \$10.041 - \$2.946 – \$803 - \$1.852 - \$301 = \$4.138 millones de dólares

**Tabla 15**

*Detalle Cálculo de utilidades antes de impuestos e intereses en miles de dólares*

Item		Año 1	Año2	Año3	Total
Ingresos Total	\$ 27.51	\$ 10,041	\$ 10,041	\$ 9,249	\$ 29,331
Costo Total operativo	\$ 8.07	\$ 2,946	\$ 2,946	\$ 2,713	\$ 8,605
Gastos Generales	8%	\$ -803	\$ -803	\$ -740	\$ -2,346
Depreciación		\$ -1,852	\$ -1,852	\$ -1,852	\$ -5,557
Regalías	3%	\$ -301	\$ -301	\$ -277	\$ -880
Utilidad antes de impuestos	\$ 19.44	\$ 4,138	\$ 4,138	\$ 3,666	\$ 11,943

Fuente: Utilidades antes de impuestos e intereses por año, elaboración propia

Paso G: Si la inversión fuese 100% financiada con deuda, los intereses deben pagarse con cargo a los beneficios de explotación, es decir, en el año 1 (el primer año de producción). En el año 2 el interés será más bajo, ya que el flujo de efectivo neto se usa para pagar préstamos bancarios tan rápido como sea posible. El pago de intereses disminuirá de un año a otro. Después del reembolso de la todo el préstamo el interés será cero.

Para nuestro caso la inversión fue financiada al 100% con deuda propia, es decir, con préstamos de la misma empresa a una tasa de interés es del 10%. Este interés será base de cálculo de flujo de fondos y cálculos financieros, que se detallaran más adelante.

Paso H: A la base imponible, que para el caso es la utilidad antes de impuestos y/o beneficio operativo, se tiene que deducir los intereses adquiridos para el proyecto, el estado tiene un impuesto del 30% sobre la ganancia, consiguiendo reducirse sacando la depreciación a lo largo de los 3 años de vida útil del proyecto y deducir una

participación de trabajadores del 8%, (en el Tabla N° 16 se muestra el detalle de cálculo de las deducciones a la base imponible), ejemplo año 1:

Participación de trabajadores =  $0.08 \times \$ 4.138 = \$331$  mil dólares

Impuesto =  $0.03 \times \$ 4,138 = \$1.242$  millones de dólares

Depreciación =  $\$ 5.557/3\text{años} = \$1.852$  millones de dólares

**Tabla 16**

*Detalle de cálculos a la base imponible en miles de dólares (utilidad antes de impuestos y/o beneficio operativo)*

Item		Año 1	Año2	Año3	Total
Utilidad antes de impuestos		\$ 4,138	\$ 4,138	\$ 3,666	\$ 11,943
Participación de trabajadores	8%	\$ -331	\$ -331	\$ -293	\$ -955
Impuesto	30%	\$ -1,242	\$ -1,242	\$ -1,100	\$ -3,583
Depreciación		\$ 1,852	\$ 1,852	\$ 1,852	\$ 5,557

Fuente: Cálculo de impuestos, participación de trabajadores y depreciación por año, elaboración propia

Paso I: De la diferencia entre utilidad antes de impuestos y participación de los trabajadores, impuestos y consiguiendo reducirse sacando la depreciación a lo largo de los 3 años de vida útil del proyecto, se obtenemos la utilidad después de impuestos e intereses o flujo de caja después de intereses e impuestos, (en el Tabla N° 17 se muestra el detalle de cálculo del costo operativo antes de interés e impuestos anual), ejemplo año 1:

Utilidad después de impuesto e intereses =  $\$ 4.138 - \$0.331 - \$1.242 + \$1.852 = \$ 4.418$  millones de dólares

**Tabla 17**

*Detalle Cálculo de utilidades antes de impuestos e intereses en miles de dólares*

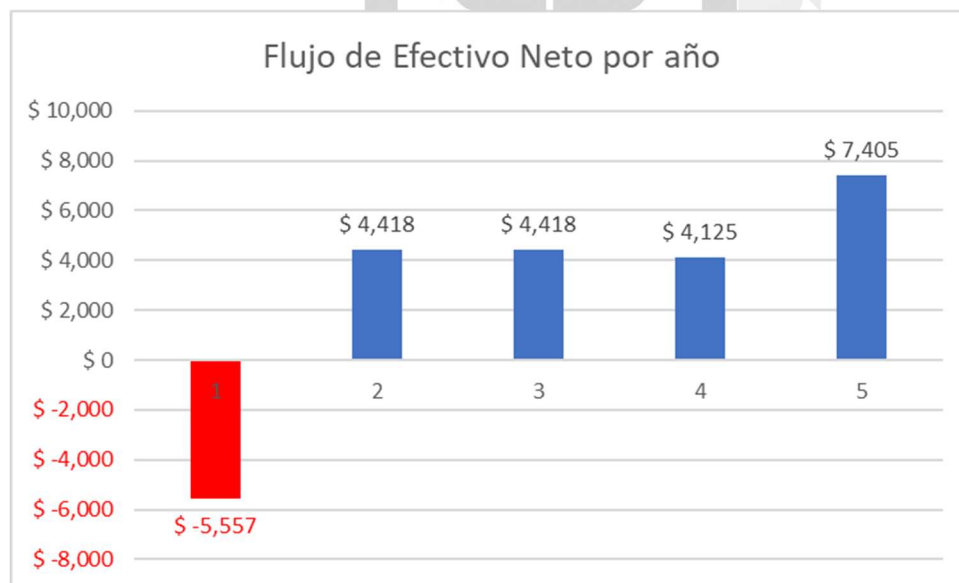
Utilidad antes de impuestos		\$ 4,138	\$ 4,138	\$ 3,666	\$ 11,943
Participación de trabajadores	8%	\$ -331	\$ -331	\$ -293	\$ -955
Impuesto	30%	\$ -1,242	\$ -1,242	\$ -1,100	\$ -3,583
Depreciación		\$ 1,852	\$ 1,852	\$ 1,852	\$ 5,557
Utilidad después de impuestos		\$ 4,418	\$ 4,418	\$ 4,125	\$ 12,962

Fuente: Cálculo de la Utilidad después de impuestos e intereses por año, elaboración propia

Paso J: Deducidos la inversión de la utilidad después de impuestos o flujo de efectivo después de impuestos e intereses, se obtiene el flujo de efectivo neto después de intereses e impuestos, disponible para el reembolso del préstamo o para dividendos a los propietarios de la mina después del período de recuperación, (en el Tabla N° 18 y Figura N° 26, se muestra el detalle del flujo de efectivo neto anual)

**Figura 26**

*Flujo de efectivo en miles de dólares*



Fuente: flujo de efectivo neto por año, elaboración propia

**Tabla 18**

*Detalle de del flujo de efectivo en miles de dólares*

Item	Año 1	Año2	Año3	Total
Utilidad después de impuestos	\$ 4,418	\$ 4,418	\$ 4,125	\$ 12,962
Gastos del propietario (60 Tn Carbón)	\$ 122			
Equipos	\$ 2,012			
Instalaciones y montajes	\$ 713			
Obras civiles	\$ 455			
Electricidad	\$ 682			
Tuberías, válvulas y conexiones	\$ 234			
Instrumentación	\$ 200			
Ampliación de servicios	\$ 100			
Infraestructura auxiliar	\$ 440			
Contingencias (10%)	\$ 600			
Total Inversión	\$ 5,557	\$ 0	\$ 0	\$ 5,557
Flujo neto de caja	\$ -5,557	\$ 4,418	\$ 4,418	\$ 7,405

Fuente: flujo de efectivo neto por año, elaboración propia

Los resultados de la valoración del proyecto son en base al cálculo del flujo de efectivo, dando un VAN de = \$4.736 millones de dólares, un TIR de 58.92 % y un periodo de retorno de la inversión de 3.3 años de operación.

Cálculos:

A.- VAN

La **Valor actual Neto** se calculó sobre la totalidad el capital invertido y el flujo de caja neto después de impuestos e intereses, a una tasa de intereses o descuento del 10%. El resultado del valor actual es \$4.736 millones de dólares.

$$VAN = [\sum \text{Flujo efectivo} / (1+i)^n] - [\text{Inversión inicial} / (1+i)^n]$$

Solución

$VAN = ? \quad I = 5,557, FF2 = 4,418, FF3 = 4418, FF4 = 4125, i = 10\%, n = 4 \text{ años}$

$$VAN = 4.418 / (1+0.10)^2 + 4.418 / (1+0.10)^3 + 4.125 / (1+0.10)^4 - 5.557 / (1+0.10)^1$$

$$VAN = \$ 3.651 + \$ 3.319 + \$ 2.817 + (- \$5.052) = \$ 4.736.16$$

El inversor pone en valor el proyecto en \$4.736 millones de dólares, a una tasa de interés del 10% sobre su inversión inicial.

B.- TIR:

La **tasa de retorno interna** se calcula a una tasa interna de retorno sobre la totalidad del capital invertido y del flujo de caja neto después de impuestos e intereses, la tasa de rendimiento debe ser mayor que la tasa de interés o descuento utilizada ( $i=10\%$ ). El resultado es 58.92 % con valor actual igual a 0.

Cálculo

(VAN) disminuirá hasta hacerse cero, a la mayor tasa de interés aplicada.

$$VAN = [\sum \text{Flujo efectivo} / (1+TIR)^n] - [\text{Inversión inicial} / (1+TIR)^n]$$

$$0 = [\sum \text{Flujo efectivo} / (1+TIR)^n] - [\text{Inversión inicial} / (1+TIR)^n]$$

Solución

$VAN = 0 \quad I = 5,557, FF2 = 4,418, FF3 = 4418, FF4 = 4125, TIR = 25\%, 40\%, 50\%, 55\% \text{ y } 60\%, n = 4 \text{ años}$

Para  $TIR = 25\%$ :

$$0 = 4,418 / (1+0.25)^2 + 4,418 / (1+0.25)^3 + 4125 / (1+0.25)^4 - 5,557 / (1+0.25)^1 = 2,333.54$$

Para  $TIR = 40\%$ :

$$0 = 4,418 / (1+0.40)^2 + 4,418 / (1+0.40)^3 + 4125 / (1+0.40)^4 - 5,557 / (1+0.40)^1 = 968.63$$

Para  $TIR = 50\%$ :

$$0 = 4,418 / (1+0.50)^2 + 4,418 / (1+0.50)^3 + 4125 / (1+0.50)^4 - 5,557 / (1+0.50)^1 = 382.74$$

Para  $TIR = 55\%$ :

$$0=4,418/(1+0.55)^2+4418/(1+0.55)^3+4125/(1+0.55)^4-5,557/(1+0.55)^1=154.81$$

Para TIR = 58.92%:

$$0=4,418/(1+0.55)^2+4418/(1+0.55)^3+4125/(1+0.55)^4-5,557/(1+0.55)^1=0.00$$

Para TIR = 60%:

$$0=4,418/(1+0.60)^2+4418/(1+0.60)^3+4125/(1+0.60)^4-5,557/(1+0.60)^1=-89.89$$

Resultado es un TIR= 58.92 %, es el punto donde la empresa recupera la inversión de \$5.557 millones de dólares sin tener rentabilidad.

#### C.- Período de retorno

El periodo de retorno es a inicios del año 3 más el cociente una deuda residual de \$1.139 millones de dólares al año 2 y el monto de \$4.418 millones de dólares que se logró el año 3 en el flujo de caja neto, resultando una fracción de  $(\$1,139 / \$4,418) = 0.26$  correspondiente al año 3, es decir, son necesarios para el reembolso del dinero restante un período de 3,26 años. Por lo tanto, la recuperación es de 3,3 años en números redondos.

D.- Costo de oportunidad (relación beneficio costo (Rb/c)), se calculó sobre el valor presente de la totalidad el capital invertido y el valor presente del flujo de caja neto después de impuestos e intereses. El resultado es \$1.94 dólares.

Costo de oportunidad =  $((\sum \text{Valor presente neto de los ingresos}) / (\text{Valor presente neto de los egresos (inversión))))$

$$\sum \text{Valor presente neto de ingresos} = 4,418/(1+0.10)^2 + 4418/(1+0.10)^3 + 4125/(1+0.10)^4 = \$9,788$$

$$\text{Valor presente neto de ingresos} = 5.557/(1+0.10)^1 = \$5.052$$

$$\text{Costo de oportunidad} = \$9,788/\$5,052 = \$1.94$$

La empresa recibe 0.94 centavos de dólar por cada dólar invertido.

E.- Los cálculos de flujo de efectivo realizados, deberán pasar por un análisis de sensibilidad dentro de un rango de variación de -60% hasta +30% de su valor, para ver

su afectación al proyecto, debido a que es imprudente trabajar con parámetros únicos, por ejemplo, en un precio único, un tonelaje definido, leyes, etc., es mejor examinar una serie de escenarios y ver el impacto en el Valor Actual Neto (VAN) e identificar que parámetros en particular afectan al proyecto y hacer una adecuada toma de decisiones

En el análisis de sensibilidad unidimensional, se cambia solo un parámetro a la vez y el resto de los parámetros no tengan afectación o cambio. Con este análisis se pudo identificar que los parámetros de precio del oro, la ley del oro, la recuperación del oro y el tonelaje, (línea verde y celeste), son los más elásticos a la variación y podrían afectar al proyecto, (en la Figura N° 27, se muestra el análisis de sensibilidad unidimensional del valor presente neto)

Para el caso del precio del oro, continuamos con un VAN positivo, si su parámetro base bajara hasta -40%, es decir el precio del oro podría bajar de 500 US\$ hasta 300 US\$.

Para el caso de la ley del oro, continuamos con un VAN positivo, si su parámetro base bajara hasta -40%, es decir la ley del oro podría bajar de 2.2 gr/tn hasta 1.32gr/tn.

Para el caso de la recuperación del oro, continuamos con un VAN positivo, si su parámetro base bajara hasta -40%, es decir la recuperación del oro podría bajar de 77% hasta 46%.

Para el caso del tonelaje, continuamos con un VAN positivo, si su parámetro base bajara hasta más de -60%, es decir el tonelaje podría bajar de 1.066 millones tn hasta 426.49 mil tn.

Los parámetros de precio de plata, ley de plata, recuperación de plata, tasa de interés e inversión son inelásticas a la variación y no podrían afectar al proyecto, (en el Figura N° 28 se muestra el resumen del del análisis de sensibilidad unidimensional), (en el Anexo N° 4 esta los cálculos de cada componente del análisis unidimensional)



**Figura 27**

*Análisis de sensibilidad del precio oro - plata, recuperación oro-plata, ley oro-plata, tonelaje, Inversión y tasa de interés*



*Fuente: Análisis de sensibilidad unidimensional, elaboración propia*

**Figura 28**

*Resumen del análisis de sensibilidad unidimensional*

Variable	Cambio	Valor	Valor Actual Neto (VAN)	Tasa Interna de Retorno (TIR)
Tonelaje (Ton)	-60%	426	290	16%
	0	1,066	4,737	59%
	30%	1,386	6,960	71%
Ley de oro (g/t)	-60%	0.88	-1,846	-12%
	0	2.20	4,737	59%
	30%	2.86	8,028	90%
Recuperación Au (%)	-60%	31%	-1,846	-12%
	0	77%	4,737	59%
	30%	100%	8,028	90%
Precio oro (US \$)	-60%	\$200	-1,846	-12%
	0	\$500	4,737	59%
	30%	\$650	8,028	90%
Ley de plata (g/t)	-60%	4.81	3,983	52%
	0	12.03	4,737	59%
	30%	15.64	5,114	63%
Recuperación Ag (%)	-60%	25%	3,983	52%
	0	62%	4,737	59%
	30%	81%	5,114	63%
Precio plata (US \$)	-60%	\$5	3,983	52%
	0	\$13	4,737	59%
	30%	\$17	5,114	63%
Tasa de interes (%)	-60%	4%	6,196	59%
	0	10%	4,737	59%
	30%	13%	4,135	59%
Inversión (US \$)	-60%	\$2,223	6,813	169%
	0	\$5,557	4,737	59%
	30%	\$7,224	3,699	40%

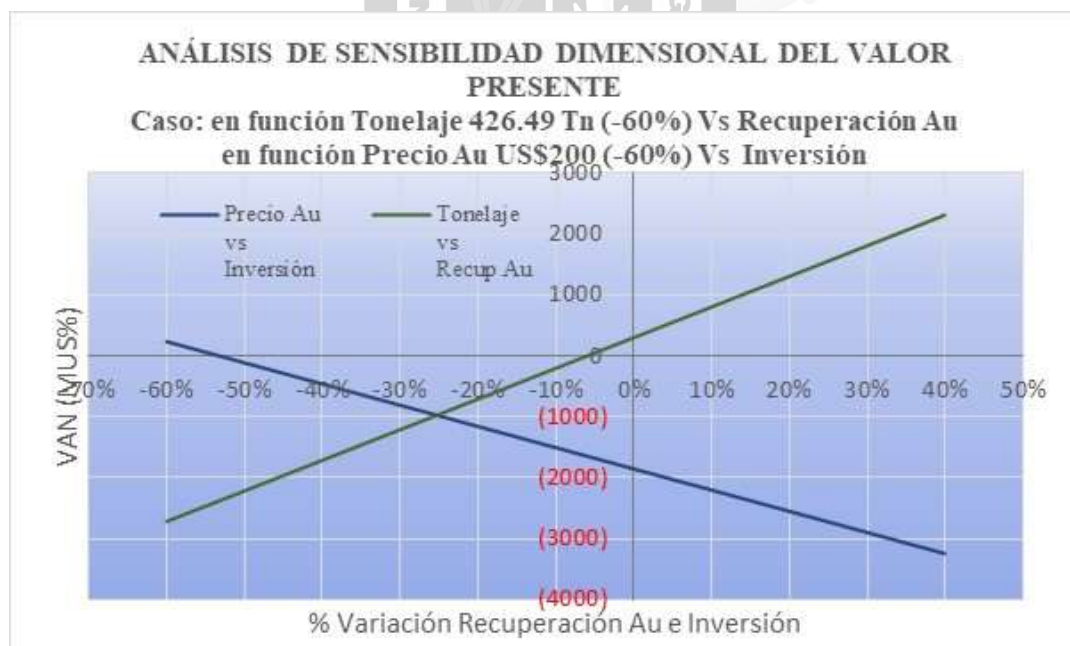
Fuente: Análisis de sensibilidad unidimensional, elaboración propia

En el análisis de sensibilidad dimensional, se realizará varias interacciones con los parámetros a la vez y mantener algunos parámetros sin afectación o cambio.

En el escenario del bajar el precio del oro en 60% de US \$ 500 hasta US\$ 200, no tenemos muchas oportunidades para que el proyecto sea factible, se presenta la oportunidad de mucho riesgo que a la vez también bajar la inversión en 60% de US \$ 5.557 millones de dólares hasta US \$ 2.223 millones de dólares, para obtener un valor presente neto de US \$ 231 mil dólares. La otra oportunidad también riesgosa es bajar el tonelaje en 60% de 1.066 millones de tn hasta 426.49 mil tn., y mantenga la recuperación del oro en 77%, para obtener un valor presente neto de US \$ 290 mil dólares (en la Figura N° 29, se muestra el análisis de sensibilidad dimensional del valor presente neto de reducción en -60%), (en el anexo N° 5 se presenta el cuadro general del análisis con reducción del – 60%)

**Figura 29**

*Análisis de sensibilidad del valor presente neto por acción del precio oro vs Inversión y Tonelaje vs Recuperación Au*

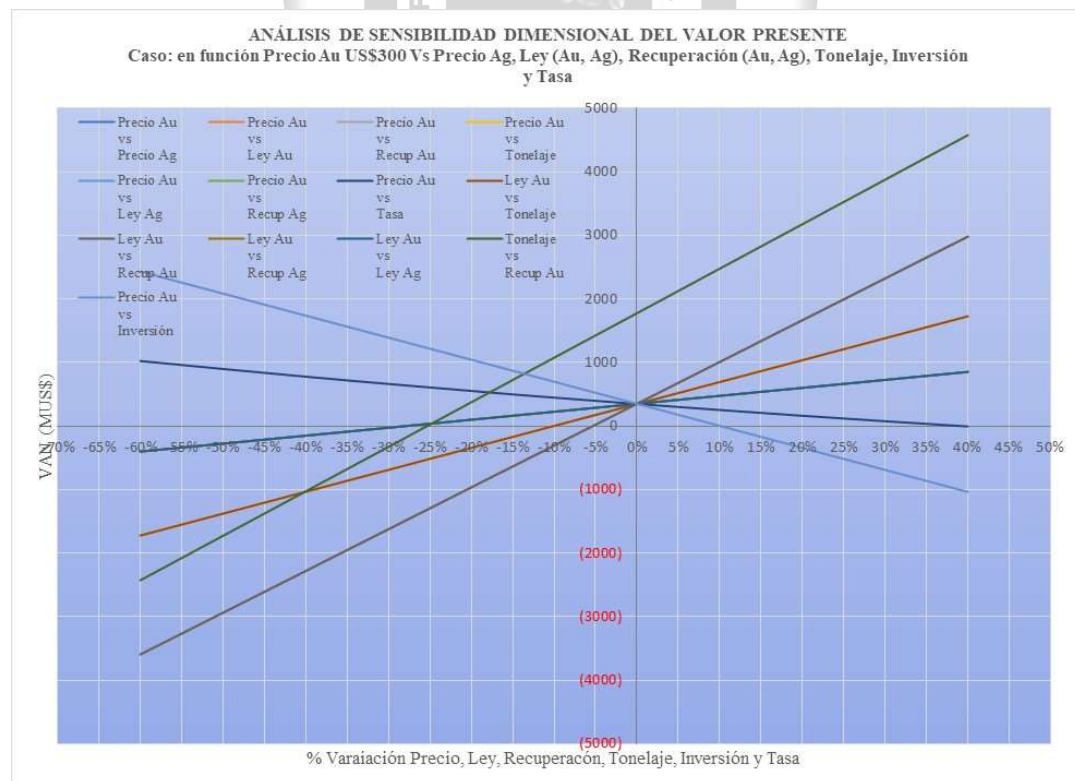


Fuente: Análisis de sensibilidad dimensional, elaboración propia

En el escenario del bajar el precio del oro en 40% de US \$ 500 hasta US\$ 300, todos los parámetros toman importancia para que el proyecto sea factible, se podría también a la vez bajar la ley, el precio, la recuperación de la plata hasta un -20%, la ley bajaría de 12 a 9.62 gr/tn, la recuperación bajaría de 62 a 50%, el precio bajaría de US \$13 hasta US \$10.40, para obtener un valor presente neto de US \$ 97 mil dólares. También el tonelaje podría bajar hasta -10%, desde 1.066 millones de tn hasta 959.61mil tn, para obtener un valor presente de US \$ 223 mil dólares. Del mismo modo la inversión podría subir hasta +10% desde US \$ 5.557 millones de dólares hasta US \$ 6.113 millones de dólares, para obtener un valor presente neto de US \$2 mil dólares, (en la Figura N° 30, se muestra el análisis de sensibilidad dimensional del valor presente neto de reducción en -40%), (en el anexo N° 6 se presenta el cuadro general del análisis con reducción del -40%)

**Figura 30**

*Análisis de sensibilidad del valor presente neto reduciendo -40% de los parámetros*

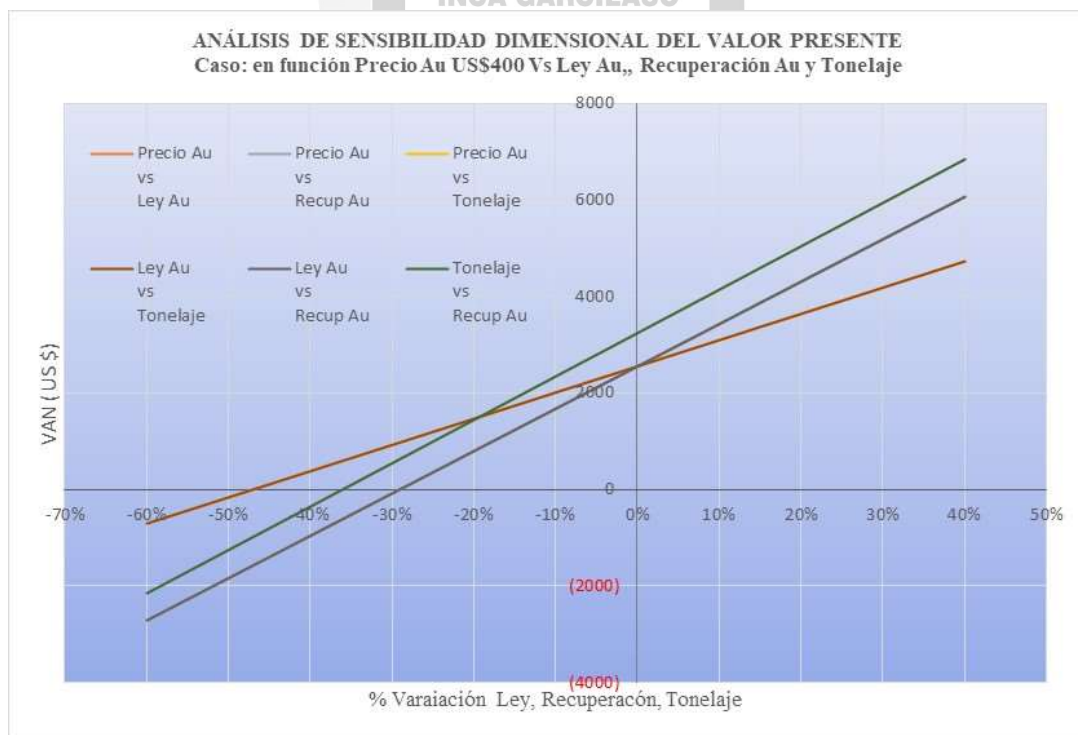


Fuente: Análisis de sensibilidad dimensional, elaboración propia

En el escenario del bajar el precio del oro en 20% de US \$ 500 hasta US\$ 400, se va identificando algunos parámetros que toma relevancia en la sensibilidad, para que el proyecto sea factible, se podría también a la vez bajar la ley, la recuperación del oro y el tonelaje hasta en -20%, la ley bajaría de 2.2 a 1.76 gr/tn, la recuperación bajaría de 77 a 62%, para obtener un valor presente neto de US \$ 787 mil dólares. También el tonelaje podría bajar hasta -20%, desde 1.066 millón de tn hasta 852.99 mil tn, para obtener un valor presente de US \$ 1.457 millón dólares (en la Figura N° 31, se muestra el análisis de sensibilidad dimensional del valor presente neto de reducción en -20%), (en el anexo N° 7 se presenta el cuadro general del análisis con reducción del – 20%)

**Figura 31**

*Análisis de sensibilidad del valor presente neto reduciendo -20% de los parámetros*



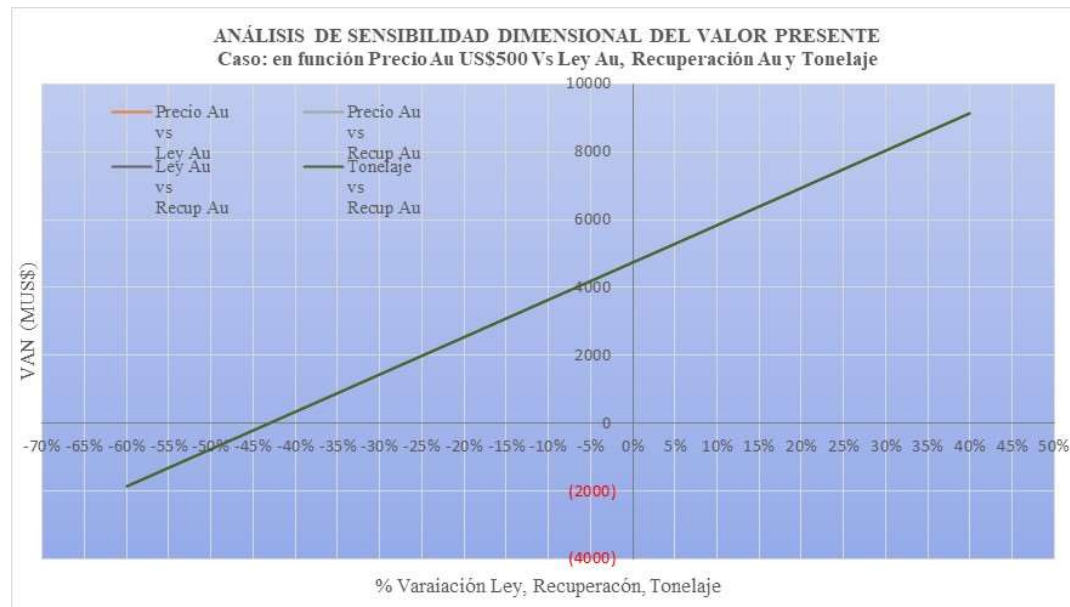
Fuente: Análisis de sensibilidad dimensional, elaboración propia

En el escenario del base precio del oro es de US \$ 500, se va consolidado algunos parámetros que toma relevancia en la sensibilidad, para que el proyecto sea factible, se podría también a la vez bajar la ley, la recuperación del oro y el tonelaje hasta en -40%,

la ley bajaría de 2.2 a 1.32 gr/tn, la recuperación bajaría de 77 a 46%, el tonelaje podría bajar desde 1.066 millón de tn hasta 639.74 mil tn, para obtener un valor presente neto de US \$ 348 mil dólares (en la Figura N° 32, se muestra el análisis de sensibilidad dimensional del valor presente neto del caso base), (en el anexo N° 8 se presenta el cuadro general del análisis caso base)

**Figura 32**

*Análisis de sensibilidad del valor presente neto caso base*



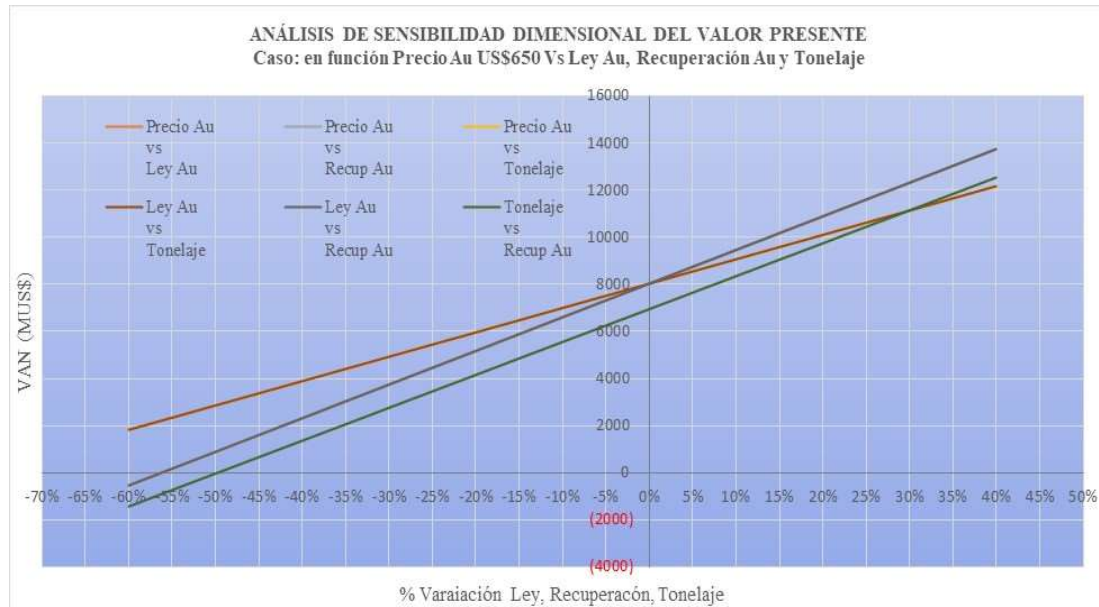
Fuente: Análisis de sensibilidad dimensional, elaboración propia

En el escenario del base de aumentar el precio del oro en 30% de US \$ 500 hasta US\$ 650, podríamos confirmar los parámetros que toma relevancia en la sensibilidad, para que el proyecto sea factible, se podría también a la vez bajar la ley, la recuperación del oro y el tonelaje hasta en -40%, la ley bajaría de 2.2 a 1.32 gr/tn, la recuperación bajaría de 77 a 46%, el tonelaje podría bajar desde 1.066 millones de tn hasta 639.74 mil tn, para obtener un valor presente neto de US \$ 2.323 millones de dólares (en la Figura N° 33, se muestra el análisis de sensibilidad dimensional del valor presente neto de aumentando en +30%), (en el anexo N° 9 se presenta el cuadro general del análisis aumentado en + 30%)



**Figura 33**

*Análisis de sensibilidad del valor presente neto aumentando +30% de los parámetros*



Fuente: Análisis de sensibilidad dimensional, elaboración propia

Del análisis unidimensional y dimensional, se pudo corroborar, que los parámetros de precio del oro, la ley del oro, la recuperación del oro y el tonelaje, son los más sensibles a la variación y podrían beneficiar y/o afectar al proyecto, se ha definido tres escenarios, optimista, caso base y pesimista, (en el Tabla N° 19, se muestra el resumen del análisis de sensibilidad), para el caso optimista se espera que el precio suba en un 30% y se pueda incrementar el valor presente neto en US \$ 8.028 millones de dólares y una tasa interna de retorno del 90%, beneficio del proyecto, para el caso base se tiene como precio del oro US \$ 500 dólares, y se espera obtener un valor presente neto de US \$ 4.736 millones de dólares y un tasa de retorno del 59%, para el caso pesimista el precio del oro debe bajar hasta un -40%, es decir US \$ 300 dólares, y se espera obtener un valor presente neto de US \$ 4 mil dólares y un tasa de retorno del 10%.

**Tabla 19**

*Resumen de análisis de sensibilidad*

Resumen de escenario cambio precio de oro			
Factores económicos	US \$ 650	US \$ 500	US \$ 300
cambiantes	OPTIMISTA	BASE	PESIMISTA
Ley oro	2.20	2.20	2.20
Recuperación oro	77%	77%	77%
Tonelaje	1066.23	1066.23	959.61
Tasa de interés	10%	10%	10%
Resultado:			
VAN	8,028.06	4,736.79	4.00
TIR	90%	59%	10%

Fuente: Resumen Análisis de sensibilidad, elaboración propia

Visto el resultado del análisis y la tendencia del crecimiento del precio de los metales se acepta la ejecución del proceso de recuperación de valores de oro y plata a partir de relaves antiguos acumulados, con el objetivo de generar nuevos ingresos para la unidad Minera Orcopampa.

**4.1.4 Registro y Estrategias para la mejora:**

Para que el proyecto no sufra desviaciones se tomó las siguientes medidas de control:

Para la ley, el tonelaje y la recuperación:

- Se dispuso un reporte metalúrgico exclusivo y diario a la gerencia de la unidad con copia a la gerencia central, que indique la ley del día y el tonelaje tratado
- El área de geología realizará semanalmente una validación del mineral tratado versus el mineral obtenido en la investigación inicial, se reportará el tonelaje y la ley
- El área de planta tomara muestras del mineral entrante y realizara pruebas metalúrgicas, para comprobar y corregir desviaciones del comportamiento de la recuperación.



Para el precio de los metales:

- El área de finanzas estará informando semanalmente el comportamiento del precio de los metales en el mercado bursátil.
- El área de comercialización estará reportando el comportamiento de la demanda de los metales semanalmente.
- Se coordinada con la gerencia general, la posibilidad de consignar el precio del metal para la venta del oro, de solo la producción del relave para garantizar su éxito.

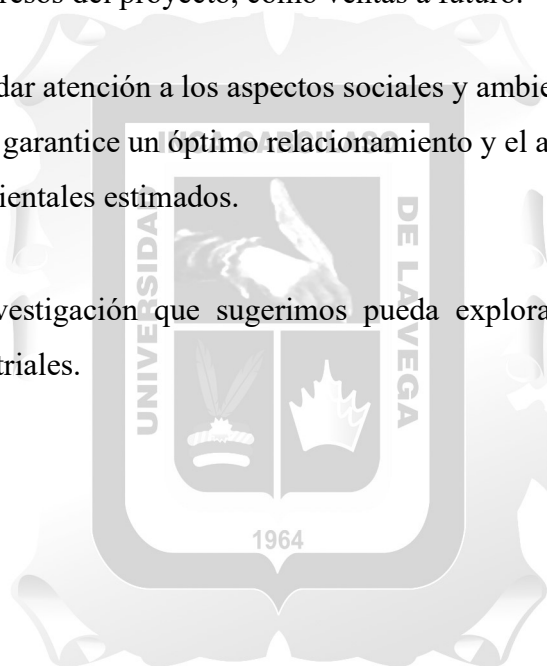


## CONCLUSIONES

- El estudio ha puesto en evidencia la importancia de identificar yacimientos de bajo contenido de valores de mineral. Existe una oportunidad para generar proyectos mineros con reducida inversión financiera en razón del bajo nivel de producción proyectado. De esta manera, se contribuye a la obtención de interesantes resultados económicos que hacen posible su aprovechamiento por una coyuntura mundial favorable de los precios de los metales.
- Ha quedado demostrado la importancia que tiene el uso de nuevas tecnologías para la recuperación de metales en este tipo de yacimientos. Estos procesos innovadores generalmente están asociados a bajos costos de producción, así como al manipuleo seguro del material procesado.
- Ha sido posible destacar la importancia de realizar un apropiado análisis financiero para asegura la viabilidad de los proyectos. Permite anticipar las tendencias de precios de los metales, minimizar los impactos y garantizar el cuidado del entorno social y ambiental.
- El adecuado análisis financiero; social, ambiental y político del entorno de los proyectos; la apreciación de la coyuntura económicas mundial de los metales y la existencia y utilización de nuevas tecnologías, hacen posible poner en valor nuevos proyectos, que en otras circunstancias adversas no tendrían ningún valor y que esperan su oportunidad para su aprovechamiento. Ello permite además de generar nuevos ingresos para el país, empleo y desarrollo local.

## RECOMENDACIONES

- Es necesario asegurar la participación de profesionales para el análisis técnico y económico, con el fin de minimizar los riesgos inherentes a este tipo de proyectos.
- Las áreas de innovación de las Empresas deben monitorear e incentivar el uso de nuevas tecnologías para dar viabilidad a nuevos proyectos. Se hace necesario junto con el análisis de los estudios de proyección de la demanda y precio de los metales en el mercado mundial, evaluar procesos de comercialización que ayuden a asegurar los ingresos del proyecto, como ventas a futuro.
- Es necesario brindar atención a los aspectos sociales y ambientales en el entorno, de manera que se garantice un óptimo relacionamiento y el adecuado control de los impactos ambientales estimados.
- Una línea de investigación que sugerimos pueda explorarse en las diferentes actividades industriales.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARDOSO VASQUEZ, G. (pág, 46). *RECUPERACIÓN DE ORO DE SOLUCIONES DILUIDAS CON CARBÓN ACTIVADO*. Lima, Universidad Nacional de Ingeniería: <https://docplayer.es/90228173-Recuperacion-de-oro-de-soluciones-diluidas-con-carbon-activado.html>.

<https://www.buenaventura.com/es/inversionistas/directorio-y-gerencia/>. (Agosto de 2022). Obtenido de Compañía de Minas Buenaventura

<https://www.kitco.com/charts/interactive-charts/>. (Agosto de 2022). Obtenido de <https://www.kitco.com>

<https://www.snmpe.org.pe/mineria/publicaciones-del-sector-minero/los-minerales/240-la-plata.html>. (Agosto de 2022). Obtenido de Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía

<https://www.snmpe.org.pe/mineria/publicaciones-del-sector-minero/los-minerales/242-el-oro.html>. (Agosto de 2022). Obtenido de Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía

Aquepucho Meza, E. J. (Agosto de 2022, pág, 3). <https://www.academia.edu>. Obtenido de [https://www.academia.edu/5153319/MINERA\\_ORCOPAMPA\\_COMPA%C3%91%C3%8DA\\_BUENAVENTURA?email\\_work\\_card=view-paper](https://www.academia.edu/5153319/MINERA_ORCOPAMPA_COMPA%C3%91%C3%8DA_BUENAVENTURA?email_work_card=view-paper): <https://www.academia.edu>

C. H. PLENCE & CIA. S. A. (1998). *Investigación Metalúrgica No.5104*. Lima: C. H. PLENCE & CIA. S.A.

C. H. PLENCE & CIA. S.A. (2006). *Investigación Metalúrgica N° 6163 -67* . Lima : C. H. PLENCE & CIA. S.A.

C. H. PLENCE & CIA. S.A. (2007). *Investigación Metalúrgica No. 6672-6709*. Lima: C.H. PLENCE & CIA. S.A.

Friedrich - Wilhelm Wellmer . (1989, pág. 79). *Economic Evaluation in Exploration*.  
Germany: Springer.

Friedrich - Wilhelm Wellmer. (1989, pág 99). *Economic Evaluation in Exploration*.  
Germany: Springer.

Friedrich - Wilhelm Wellmer. (1989, pág. 81). *Economic evaluation in exploration* .  
Germany: Springer.

Fuente: <https://www.buenaventura.com/es/sostenibilidad>. (Agosto de 2022). Obtenido  
de Fuente: <https://www.buenaventura.com>

Guillermo Buena Ventura V. (pág. 7,8,9,10).  
<https://www.icesi.edu.co/blogs/finanzasbuenver/files/2009/01/vdt.pdf>.  
Obtenido de VALOR DEL DINERO EN EL TIEMPO :  
<https://www.icesi.edu.co>

Gutiérrez Híjar, L. D. (2008, pag 13). “PROYECTO DE APLICACIÓN DEL  
MÉTODO TAJEOPOR SUBNIVELES EN EL TAJO 420-380 EN  
MINACHIPMO, U.E.A. ORCOPAMPA”. TESIS. Lima:  
[https://www.academia.edu/4865460/TESIS\\_PUCP](https://www.academia.edu/4865460/TESIS_PUCP).

H.E.K. ALLEN. (Setiembre de 2022).  
[https://www.maden.org.tr/resimler/ekler/aad95253aee7437\\_ek.pdf](https://www.maden.org.tr/resimler/ekler/aad95253aee7437_ek.pdf). Obtenido  
de <https://www.maden.org>

<https://www.911metallurgist.com>. (Agosto de 2022). Obtenido de  
<https://www.911metallurgist.com/metalurgia/cianuracion-oro-plata/>:  
<https://www.911metallurgist.com>

<https://www.buenaventura.com/es/nosotros#historia>. (agosto de 2022). Obtenido de  
Compañía de Minas Buenaventura

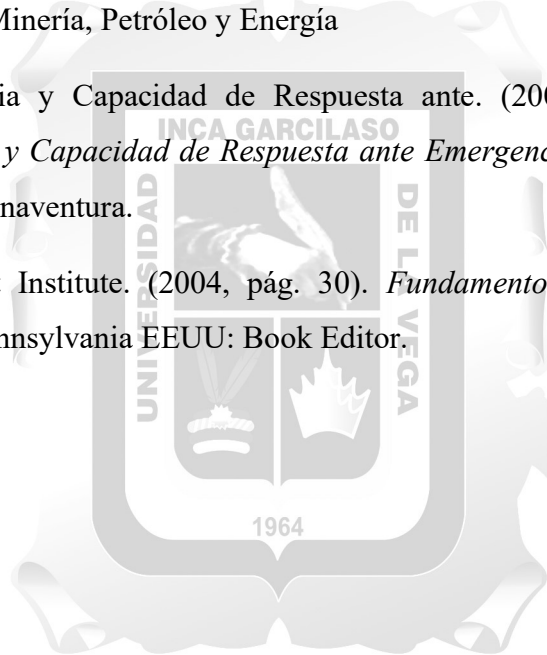
<https://www.buenaventura.com/es/operaciones#mapa-de-operaciones-y-proyectos>.  
(Agosto de 2022). Obtenido de Compañía de Minas Buenabentura

<https://www.serecogestion.com>. (Agosto de 2022). Obtenido de [https://www.serecogestion.com/](https://www.serecogestion.com/tratamiento-relaves-mineros/#:~:text=EL%20TRATAMIENTO%20DE%20RELAVES%20COMO%20PARTE%20DEL%20PROCESO%20MINERO,-Sereco%20afrenta%20esta&text=Como%20orden%20de%20magnitud%2C%20se,s%C3%B3lo%20recibir%C3%ADan%20materia%20seca%20de:https://www.serecogestion.com/)

<https://www.snmpe.org.pe/mineria/publicaciones-del-sector-minero/los-minerales/240-la-plata.html>. (Agosto de 2022). Obtenido de Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía

Plan de Contingencia y Capacidad de Respuesta ante. (2006, pág 4). *Plan de Contingencia y Capacidad de Respuesta ante Emergencias*. Lima: Compañía de Minas Buenaventura.

Project Management Institute. (2004, pág. 30). *Fundamento de la Dirección de proyectos*. Pennsylvania EEUU: Book Editor.



## ANEXOS

### *Anexos 1*

#### *Detalle de cálculos de volumen y número de tanques*

Con la siguientes formula se realizaron los cálculos:

**Volumen de pulpa** = (((toneladas por día / 24horas) x 100 / % solidos) / densidad de pulpa) x tiempo de residencia en los tanques

**Volumen de tanques** = ((diámetro del tanque) ^2 x Pi) / 4) x altura del tanque

**Numero de tanques** = Volumen de pulpa / Volumen de tanques

<b>Toneladas por día (propuesta)</b>	<b>2,000</b>	<b>1,500</b>	<b>1,000</b>
<b>% Solido</b>	40	40	40
<b>Densidad de pulpa (tn/m3)</b>	1.80	1.80	1.80
<b>Tiempo de residencia (hrs)</b>	72	72	72
<b>Volumen de Tanques 30'x 30' (m3)</b>	600.48	600.48	600.48
<b>Numero de Tanques 30'x 30'</b>	14	10	7
<b>Volumen de Tanques 35'x 35' (m3)</b>	953.54	953.54	953.54
<b>Numero de Tanques 35'x 35'</b>	9	7	4
<b>Volumen de Tanques 40'x 30' (m3)</b>	1,067.52	1,067.52	1,067.52
<b>Numero de Tanques 40'x 30'</b>	8	6	4
<b>Volumen de Tanques 40'x 35' (m3)</b>	1,245.44	1,245.44	1,245.44
<b>Numero de Tanques 40'x 35'</b>	7	5	3

Fuente. Elaboración propia, (1 Pulgada=0.0254cm, Pi=3.1416), elaboración propia

## *Anexos 2*

### *Detalla los cálculos tonelaje y onzas por año*

Con la siguientes formula se realizaron los cálculos:

Producción en Onza = (Toneladas año x ley de mineral x recuperación del mineral) /  
31.1035

ITEM	año 1	año2	año 3	Total
<b>Operación tn/día</b>	1,000	1,000	1,000	
<b>Operación días /año</b>	365	365	336	1,066.23
<b>Operación mes /año</b>	12	12	11	34.39
<b>Toneladas año</b>	365,000	365,000	336,233	1,066,233
<b>Oro - G/T</b>	2.20	2.20	2.20	2.20
<b>Plata - G/T</b>	12.03	12.03	12.03	12.03
<b>Oro @ Recuperación</b>	77%	77%	77%	77%
<b>Plata @ Recuperación</b>	62%	62%	62%	62%
<b>Total Oro Producido OZ (10<sup>3</sup>)</b>	18.02	18.02	16.60	52.63
<b>Total Plata Producido OZ (10<sup>3</sup>)</b>	79.38	79.38	73.13	231.90

Fuente. Elaboración propia. (1 onza = 31.1035 gr), elaboración propia



### Anexos 3

*Detalla la Inversión de Equipos e inversión de obras civiles*

Tratamiento 1000 TMSD			
Equipos	cantidad	Precio Unit.	Total
Estudio geotecnic			50,000.00
Estudio metalurgico			30,000.00
<b>Equipos</b>			
Tanques 35'x 35'	4.00	157,000.00	628,000.00
Agitadores	4.00	127,073.95	508,295.80
Bombas Bredel (transferencia de carbón)	4.00	13,610.92	54,443.68
Bombas Warman 10/8	4.00	35,000.00	140,000.00
Motor con variador de frecuencia para bombas 10/8 FAH	4.00	10,000.00	40,000.00
Zaranda vibratoria 4'x 12' (modelo DFS-412-4)- seguridad	2.00	36,616.86	73,233.72
Zaranda vibratoria 2'x 4' (modelo DFS-26)- carbón	2.00	28,789.53	57,579.06
Tamiz Kenix	4.00	35,000.00	140,000.00
Caldero	1.00	80,000.00	80,000.00
Striper 4 Tn	1.00	200,000.00	200,000.00
Celda electrolitica 6 m3	1.00	10,000.00	10,000.00
			2,011,552.26
Construcción civil	455	1,000.00	455,224.90

Fuente. Elaboración propia

#### Anexos 4

Cálculos de cada componente del análisis unidimensional, elaboración propia con ayuda de software Excel

			VAN	TIR				VAN	TIR
P R E C I O					P P L E C T A	5.20	-60%	3982.73	52%
	200.00	-60%	-1845.73	-12%		7.80	-40%	4234.09	54%
	300.00	-40%	348.45	14%		10.40	-20%	4485.44	56%
	400.00	-20%	2542.62	37%		11.70	-10%	4611.12	58%
	450.00	-10%	3639.71	48%		13.00	0%	4736.79	59%
	500.00	0%	4736.79	59%		14.30	10%	4862.47	60%
	550.00	10%	5833.88	69%		14.95	15%	4925.31	61%
	575.00	15%	6382.42	75%		15.60	20%	4988.15	61%
	600.00	20%	6930.97	80%		16.90	30%	5113.82	63%
	650.00	30%	8028.06	90%		18.20	40%	5239.50	64%
	700.00	40%	9125.14	100%					
L E Y					L E Y  P L A T A	4.81	-60%	3982.73	52%
	0.88	-60%	-1845.73	-12%		7.22	-40%	4234.09	54%
	1.32	-40%	348.45	14%		9.62	-20%	4485.44	56%
	1.76	-20%	2542.62	37%		10.83	-10%	4611.12	58%
	1.98	-10%	3639.71	48%		12.03	0%	4736.79	59%
	2.20	0%	4736.79	59%		13.23	10%	4862.47	60%
	2.42	10%	5833.88	69%		13.83	15%	4925.31	61%
	2.53	15%	6382.42	75%		14.44	20%	4988.15	61%
	2.64	20%	6930.97	80%		15.64	30%	5113.82	63%
	2.86	30%	8028.06	90%		16.84	40%	5239.50	64%
	3.08	40%	9125.14	100%					
R E C U P E R O C I Ó N					R E C U P E R A C I Ó N	25%	-60%	3982.73	52%
	31%	-60%	-1845.73	-12%		37%	-40%	4234.09	54%
	46%	-40%	348.45	14%		50%	-20%	4485.44	56%
	62%	-20%	2542.62	37%		56%	-10%	4611.12	58%
	69%	-10%	3639.71	48%		62%	0%	4736.79	59%
	77%	0%	4736.79	59%		68%	10%	4862.47	60%
	85%	10%	5833.88	69%		71%	15%	4925.31	61%
	89%	15%	6382.42	75%		74%	20%	4988.15	61%
	92%	20%	6930.97	80%		81%	30%	5113.82	63%
	100%	30%	8028.06	90%		87%	40%	5239.50	64%
	108%	40%	9125.14	100%					

			VAN	TIR
T O R N E L A V J E	426.49	-60%	290.32	16%
	639.74	-40%	1772.48	36%
	852.99	-20%	3254.64	49%
	959.61	-10%	3995.72	54%
	1066.23	0%	4736.79	59%
	1172.86	10%	5477.87	63%
	1226.17	15%	5848.41	65%
	1279.48	20%	6218.95	67%
	1386.10	30%	6960.03	71%
	1492.73	40%	7701.11	75%

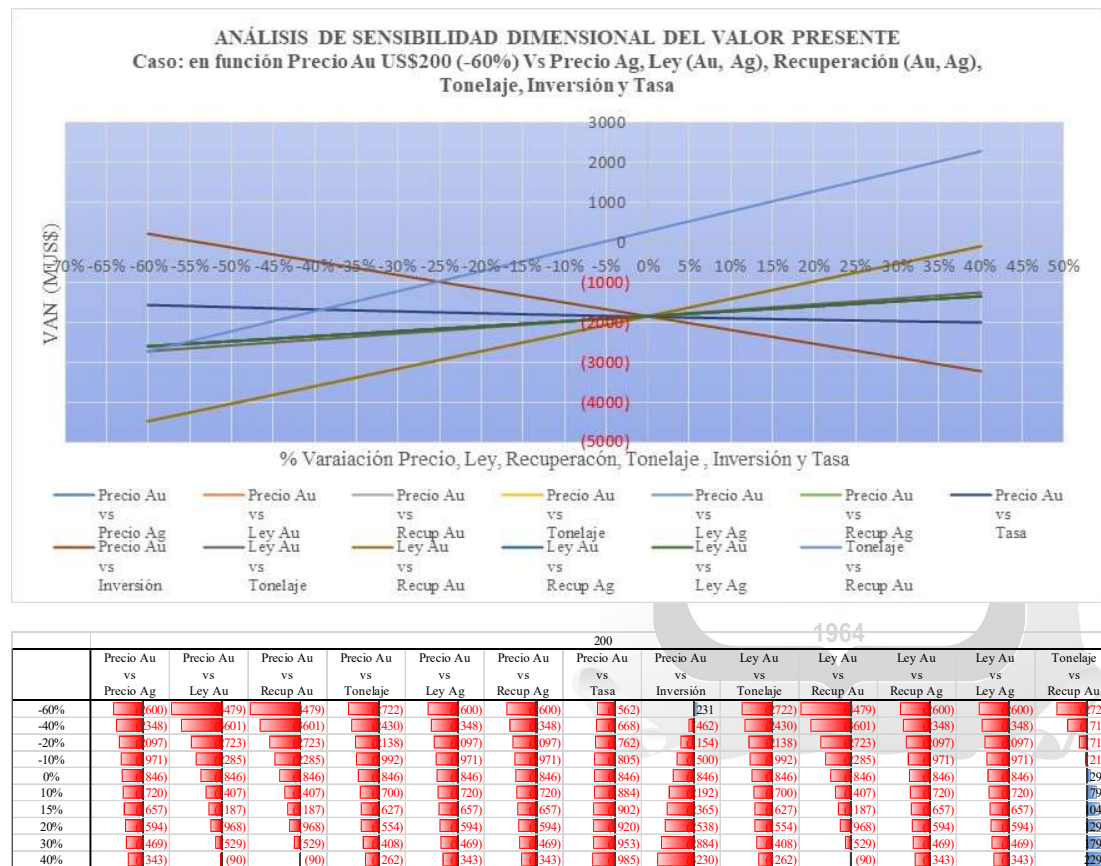
			VAN	TIR
T A S A  I N T E R N A	4%	-60%	6195.82	59%
	6%	-40%	5667.08	59%
	8%	-20%	5182.17	59%
	9%	-10%	4954.79	59%
	10%	0%	4736.79	59%
	11%	10%	4527.73	59%
	12%	15%	4426.40	59%
	12%	20%	4327.15	59%
	13%	30%	4134.66	59%
	14%	40%	3949.87	59%

			VAN	TIR
I N V E R S I Ó N	\$ 2,223	-60%	6813.05	169%
	\$ 3,334	-40%	6120.97	110%
	\$ 4,446	-20%	5428.88	78%
	\$ 5,001	-10%	5082.84	68%
	\$ 5,557	0%	4736.79	59%
	\$ 6,113	10%	4390.75	52%
	\$ 6,390	15%	4217.73	48%
	\$ 6,668	20%	4044.71	46%
	\$ 7,224	30%	3698.66	40%
	\$ 7,780	40%	3352.62	36%

Fuente. Elaboración propia

## Anexos 5

Cálculos de cada componente del análisis dimensional -60%, elaboración propia con ayuda de software Excel



Fuente. Elaboración propia

## Anexos 6

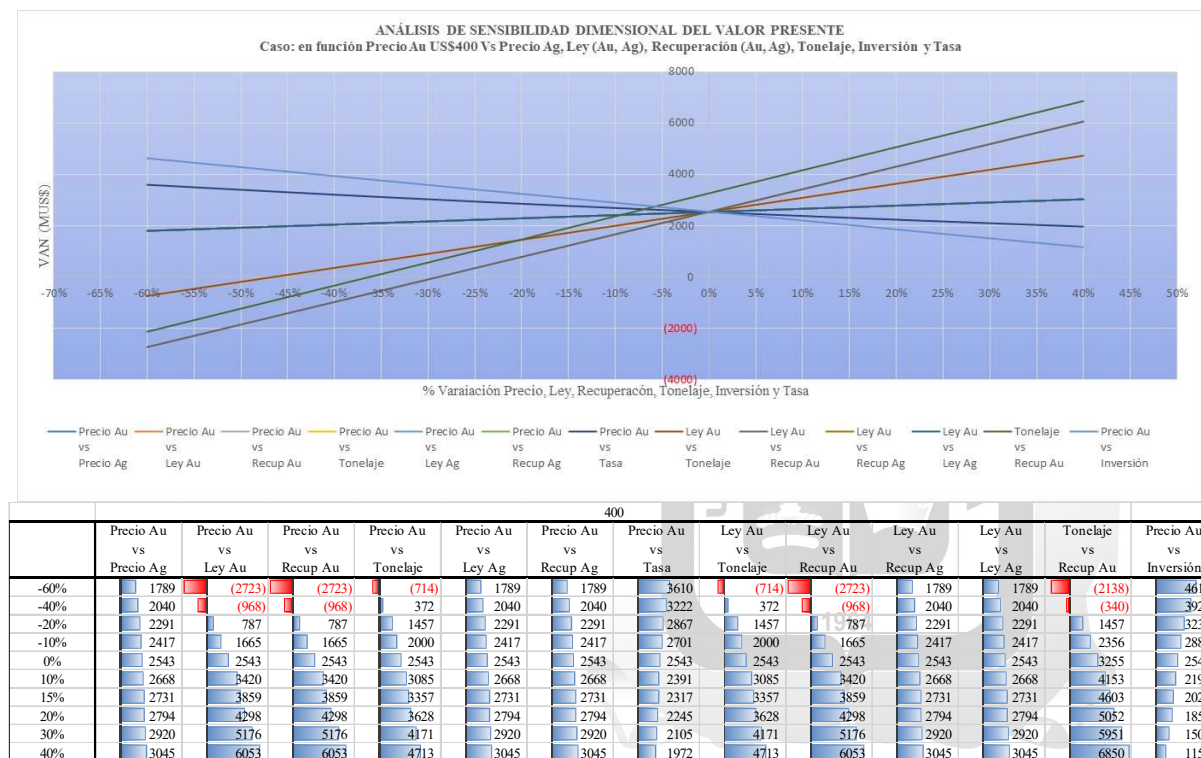
Cuadro general del análisis con reducción del – 40%, elaboración propia con ayuda de software Excel

	300													
	Precio Au vs Precio Ag	Precio Au vs Ley Au	Precio Au vs Recup Au	Precio Au vs Tonelaje	Precio Au vs Ley Ag	Precio Au vs Recup Ag	Precio Au vs Tasa	Ley Au vs Tonelaje	Ley Au vs Recup Au	Ley Au vs Recup Ag	Ley Au vs Ley Ag	Tonelaje vs Recup Au	Precio Au vs Inversión	
-60%	(406)	(3601)	(3601)	(1718)	(406)	(406)	1024	(1718)	(3601)	(406)	(406)	(2430)	2425	
-40%	(154)	(2285)	(2285)	(1029)	(154)	(154)	777	(1029)	(2285)	(154)	(154)	(1029)	1733	
-20%	97	(968)	(968)	(340)	97	97	553	(340)	(968)	97	97	372	1041	
-10%	223	(310)	(310)	4	223	223	448	4	(310)	223	223	1072	694	
0%	348	348	348	348	348	348	348	348	348	348	348	1772	348	
10%	474	1007	1007	693	474	474	253	693	1007	474	474	2473	2	
15%	537	1336	1336	865	537	537	207	865	1336	537	537	2823	(171)	
20%	600	1665	1665	1037	600	600	163	1037	1665	600	600	3173	(344)	
30%	725	2323	2323	1381	725	725	76	1381	2323	725	725	3874	(690)	
40%	851	2981	2981	1726	851	851	(7)	1726	2981	851	851	4574	(1036)	

Fuente. Elaboración propia

## Anexos 7

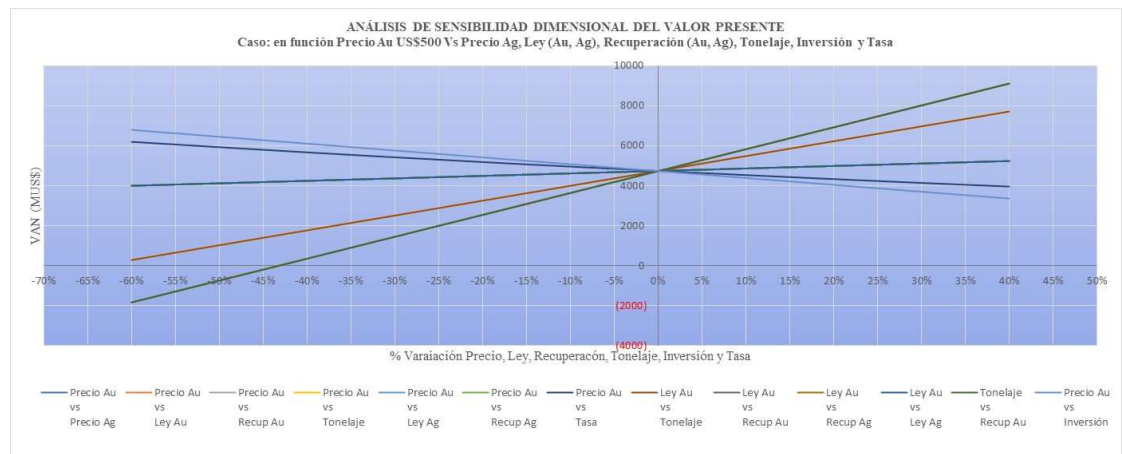
Cuadro general del análisis con reducción del – 20%, elaboración propia con ayuda de software Excel



Fuente. Elaboración propia

## Anexos 8

Cuadro general del análisis caso base, elaboración propia con ayuda de software Excel

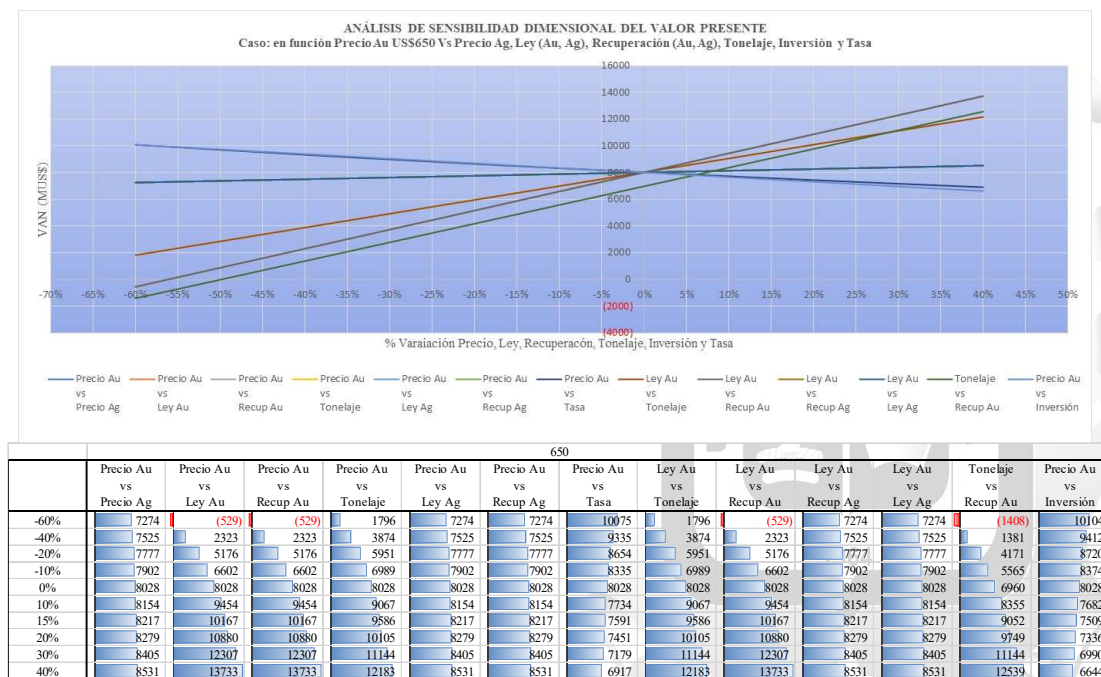


	500														
	Precio Au vs Precio Ag	Precio Au vs Ley Au	Precio Au vs Recup Au	Precio Au vs Tonelaje	Precio Au vs Ley Ag	Precio Au vs Recup Ag	Precio Au vs Tasa	Ley Au vs Tonelaje	Ley Au vs Recup Au	Ley Au vs Recup Ag	Ley Au vs Ley Ag	Tonelaje vs Recup Au	Precio Au vs Inversión		
-60%	3983	(1846)	(1846)	290	3983	3983	6196	290	(1846)	3983	3983	(1846)	6813		
-40%	4234	348	348	1772	4234	4234	5667	1772	348	4234	4234	348	6121		
-20%	4485	2543	2543	3255	4485	4485	5182	3255	2543	4485	4485	2543	5429		
-10%	4611	3640	3640	3996	4611	4611	4955	3996	3640	4611	4611	3640	5083		
0%	4737	4737	4737	4737	4737	4737	4737	4737	4737	4737	4737	4737	4737		
10%	4862	5834	5834	5478	4862	4862	4528	5478	5834	4862	4862	5834	4391		
15%	4925	6382	6382	5848	4925	4925	4426	5848	6382	4925	4925	6382	4218		
20%	4988	6931	6931	6219	4988	4988	4327	6219	6931	4988	4988	6931	4045		
30%	5114	8028	8028	6960	5114	5114	4135	6960	8028	5114	5114	8028	3699		
40%	5240	9125	9125	7701	5240	5240	3950	7701	9125	5240	5240	9125	3353		

Fuente. Elaboración propia

## Anexos 9

Cuadro general del análisis aumentado en + 30%, elaboración propia con ayuda de software Excel



Fuente. Elaboración propia



## *Anexos 10*

### *3 Secuencias de fotos del proyecto*







