

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS



TESIS

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE COSTEO POR PROCESOS, PARA MEJORAR EL
CONTROL DE COSTOS EN LA PLANTA DE BENEFICIO DE UNA EMPRESA
MINERA AURÍFERA UBICADA EN UNA REGIÓN DEL PERÚ”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

ELABORADO POR:

ROGER DAVID ANGULO VERA

ORCID: 0009-0006-5330-8115

ASESOR

DR. RODOLFO ELÍAS FALCONÍ VASQUEZ

ORCID: 0000-0003-2355-8958

LIMA - PERÚ

2025

Citar/How to cite	Angulo Vera [1]
Referencia/Reference	[1] R. Angulo Vera, <i>“Diseño de un sistema de costeo por procesos, para mejorar el control de costos en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú”</i> [Tesis de grado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style:	
IEEE (2020)	
Citar/How to cite	(Angulo, 2025)
Referencia/Reference	Angulo, R. (2025). <i>Diseño de un sistema de costeo por procesos, para mejorar el control de costos en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú.</i> [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style:	
APA (7ma ed.)	

DEDICATORIA

Esta tesis se lo dedico a mi mamá:
Lorena Vera, que me guía con sus
consejos incansables y valentía para
conseguir todos mis objetivos.

A mis hermanos, amigos, colegas
por su apoyo incondicional y
palabras de aliento para sacar mi
máximo potencial.

AGRADECIMIENTO

A mi mamá

Por ser uno de los pilares de mi vida, que me motiva día a día a perseguir mis sueños y cumplirlos.

A mi asesor:

Dr. Rodolfo Falconí, por la retroalimentación valiosa para el término de mi proyecto de investigación.

RESUMEN

La presente investigación plantea el diseño de un sistema de costeo por procesos como herramienta para la mejora del control de costos en la planta de beneficio de una empresa minera ubicada en una región del Perú.

El estudio se realizó en una empresa minera aurífera a cielo abierto ubicada en una región del país, para ello se analizará el proceso de producción de la barra doré y de esta manera obtener datos de los distintos procesos con los que cuenta la planta de beneficio y poder finalmente diseñar el sistema de costeo por procesos teniendo en cuenta los diversos recursos que están involucrados en cada proceso.

Con el diseño de un sistema de costeo por proceso, se espera obtener un mejor seguimiento de los costos en la planta de beneficio de una empresa minera, contar con un modelo para la determinación de costos unitarios según procesos en la planta e información para la toma de decisiones.

ABSTRACT

This research proposes the design of a process costing system as a tool to improve cost control in the benefit plant of a mining company located in a region of Peru.

The study was carried out in an open pit gold mining company located in a region of the country, to do this, the doré bar production process will be analyzed and in this way obtain data on the different processes that the processing plant has and finally be able to design the process costing system taking into account the various resources that are involved in each process.

With the design of a process costing system, it is expected to obtain better monitoring of costs in the benefit plant of a mining company, to have a model for determining unit costs according to processes in the plant and information for decision making.

Keywords: Process costing, cost control, costing system, beneficiation plant.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
TABLA DE CONTENIDO	V
LISTA DE TABLAS	XII
LISTA DE FIGURAS	XII
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPITULO I PARTE INTRODUCTORIA DE LA TESIS	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.1.1 Presentación de la empresa	1
1.2 PROBLEMÁTICA.....	2
1.2.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2.2 Problema General.....	3
1.2.3 Problemas específicos	4
1.2.4 Justificación e importancia del problema.....	4
1.3 OBJETIVOS	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.4 HIPÓTESIS.....	5
1.4.1 Hipótesis General	5
1.4.2 Hipótesis Específicas	6
1.5 METODOLOGÍA.....	6
1.5.1 Tipo de Investigación	6
1.5.2 Tipo de Diseño de Investigación	6

1.5.3 Nivel de Investigación	7
1.5.4 Métodos de investigación.....	7
1.5.5 Población	7
1.5.6 Medición	7
1.6 INDICADORES.....	8
CAPITULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	9
2.1 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	9
2.2 BASES TEÓRICAS	12
2.2.1 Sistema de costeo	12
2.2.2 Costos directos e indirectos	13
2.2.3 Método de costeo	13
2.2.4 Costeo por procesos.....	17
2.2.5 Objetivos del costeo por procesos	18
2.2.6 Características de un sistema de costeo por procesos	18
2.2.7 Pasos del costeo por procesos	20
2.2.8 Métodos de valuación de inventarios	20
2.2.8.1 Método del promedio ponderado	20
2.2.8.2 Método de primeras entradas primeras salidas (PEPS)	
.....	21
2.2.9 Procesos.....	22
2.2.9.1 Elementos de los procesos	22
2.2.9.2 Términos con relación a los procesos.....	23
2.2.10 Respecto al proceso minero	24

2.2.10.1 PAD de lixiviación	24
2.2.10.2 Planta Merril Crowe	25
2.2.10.3 Planta ADR	26
2.2.10.4 Fundición	26
2.2.10.5 Precipitado.....	27
2.2.10.6 Carbón activado.....	27
2.3 DEFINICIONES DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS.....	27
2.3.1 ERP:	27
2.3.2 SAP:	27
2.3.3 Barras Doré:	28
2.3.4 Merma:	28
2.3.5 PAD	28
CAPITULO III ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL ..	29
3.1 DIAGNÓSTICO FUNCIONAL	29
3.1.1 Organización	29
3.1.2 Clientes.....	33
3.1.3 Proveedores	33
3.1.4 Producto	33
3.2. PROCESOS	34
3.2.1 Apilamiento de Mineral en el PAD de Lixiviación	34
3.2.2 Lixiviación del Mineral en PAD	35
3.2.3 Adsorción, desorción y reactivación de carbón (ADR).....	36

3.2.4 Proceso de Merrill Crowe.....	38
3.2.5 Fundición de precipitado	40
3.2.6 Flujo de Procesos	41
3.3 DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO	42
3.3.1 Visión.....	42
3.3.2 Misión	42
3.3.3 Valores.....	42
3.3.4 Análisis FODA.....	43
3.3.4.1 Evaluación Interna	43
3.3.4.2 Evaluación Externa.....	48
3.3.4.3 Matriz Interna – Externa.....	53
3.3.5 Matriz FODA.....	54
3.3.6. Objetivos Estratégicos	56
3.4 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	56
3.5 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA CENTRAL	58
3.6 CAUSA Y EFECTO - ISHIKAWA	59
3.7 PROBLEMA CENTRAL.....	60
3.8 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	60
3.9 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	61
3.9.1 Evaluación Cualitativa.....	61
3.9.2 Evaluación Cuantitativa	64
3.10 ELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA	66
CAPITULO IV DESARROLLO DE METODOLOGÍA	67
4.1 ETAPAS DEL DISEÑO DE SISTEMA DE COSTEO POR PROCESOS	67

4.2	FLUJO GENERAL DEL PROCESO DE COSTEO POR PROCESOS	69
4.3	ACUMULACIÓN DE COSTOS EN UN SISTEMA DE COSTEO POR PROCESOS.....	70
4.4	ESQUEMA GLOBAL DE INSUMO - PRODUCTO:.....	71
4.5	ETAPAS DE COSTEO:.....	72
	4.5.1 Etapa de costeo I: Resumir el flujo de unidades físicas producidas.	72
	4.5.1.1 Flujo de producción para el proceso: Apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación	73
	4.5.1.2 Flujo de producción para el proceso: Lixiviación de mineral en PAD.....	74
	4.5.1.3 Flujo de producción para el proceso: ADR	75
	4.5.1.4 Flujo de producción para el proceso: Merrill Crowe ..	75
	4.5.1.5 Flujo de producción para el proceso: Fundición de precipitado.....	76
	4.5.2 Etapa de costeo II: Calcular la producción en término de unidades equivalentes.	76
	4.5.2.1 Unidades equivalentes para el proceso: Apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación	76
	4.5.2.2 Unidades equivalentes para el proceso: Lixiviación de mineral en PAD.....	77
	4.5.2.3 Unidades equivalentes para el proceso: ADR	78
	4.5.2.4 Unidades equivalentes para el proceso: Merrill Crowe	78

4.5.2.5 Unidades equivalentes para el proceso: Fundición de precipitado	78
4.5.3 Etapa de costeo III: Resumir los costos totales por contabilizar	78
4.5.3.1 Resumir los costos totales por contabilizar: Apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación.....	79
4.5.3.2 Resumir los costos totales por contabilizar: Lixiviación de mineral en PAD	81
4.5.3.3 Resumir los costos totales por contabilizar: ADR	81
4.5.3.4 Resumir los costos totales por contabilizar: Merrill Crowe	82
4.5.3.5 Resumir los costos totales por contabilizar: Fundición de precipitado	83
4.5.4 Etapa de costeo IV: Calcular el costo por unidad equivalente .	83
4.5.4.1 Calcular el costo por unidad equivalente: Apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación	84
4.5.4.2 Calcular el costo por unidad equivalente: Lixiviación de mineral en PAD	85
4.5.4.3 Calcular el costo por unidad equivalente: ADR	85
4.5.4.4 Calcular el costo por unidad equivalente: Merrill Crowe	85
4.5.4.5 Calcular el costo por unidad equivalente: Fundición de precipitado	86

4.5.5 Etapa de costeo V: Asignar los costos totales a las unidades terminadas y a las unidades que haya en el inventario final de productos en proceso.....	86
4.5.5.1 Asignación de costos totales: Apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación.....	86
4.5.5.2 Asignación de costos totales: Lixiviación de mineral en PAD	87
4.5.5.3 Asignación de costos: ADR	88
4.5.5.4 Asignación de costos: Merrill Crowe	88
4.5.5.5 Asignación de costos: Fundición de precipitado.....	89
CAPITULO V PRUEBA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE COSTEO POR PROCESOS.....	90
5.1 PRUEBA DE LAS ETAPAS DEL DISEÑO DE COSTEO POR PROCESOS	91
5.2 CONTROL ACTUAL DE COSTOS:.....	97
5.3 COMPARACIÓN DE COSTOS UNITARIOS ENTRE EL CONTROL ACTUAL Y EL DISEÑO DE COSTEO POR PROCESO	99
CAPITULO VI EVALUACIÓN ECONÓMICA	101
CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES	105
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	107
ANEXOS	110

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Ventajas y Desventajas de los Sistemas de Costeo	16
Tabla 2 Matriz de Confrontación de Factores Internos	45
Tabla 3 Matriz de Evaluación de Factores Internos - MEFI	46
Tabla 4 Matriz de Confrontación de Factores Externos	50
Tabla 5 Matriz de Evaluación de Factores Externos – MEFE	51
Tabla 6 Matriz Interna - Externa.....	53
Tabla 7 Matriz FODA	55
Tabla 8 Objetivos Estratégicos.....	56
Tabla 9 Costos de la Planta de Beneficio años 2023-2024.....	57
Tabla 10 Herramientas "5W+H"	59
Tabla 11 Matriz de Evaluación Cualitativa de las Alternativas	63
Tabla 12 Matriz de Confrontación de Factores	64
Tabla 13 Matriz de Evaluación de Alternativas	65
Tabla 14 Matriz de evaluación Cuantitativa de las Alternativas	65
Tabla 15 Flujo de Producción: Apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación	74
Tabla 16 Unidades Equivalentes: Apilamiento de mineral en el PAD de Lixiviación	77

Tabla 17 Resumen de costos totales por contabilizar: Apilamiento de mineral en el PAD de Lixiviación	80
Tabla 18 Cálculo del costo por unidad equivalente: Apilamiento de mineral en el PAD de Lixiviación	84
Tabla 19 Asignación de costos totales: Apilamiento de mineral en el PAD de Lixiviación.....	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 PAD de Lixiviación.....	25
Figura 2 Diagrama de Flujo de Merrill Crowe	26
Figura 3 Organigrama Resumen de la Empresa Minera	31
Figura 4 Organigrama del Área de Planta de la empresa Minera	32
Figura 5 Flujo de Procesos para la Obtención de Barras Doré	41
Figura 6 Tendencia de Costos de la Planta de Beneficio en 2023 ...	57
Figura 7 Tendencia de Costos de la Planta de Beneficio en 2024 ...	58
Figura 8 Diagrama de Ishikawa.....	60
Figura 9 Flujo General del Proceso de Costeo por Proceso	69
Figura 10 Esquema de Sistema de Costeo por Proceso.....	70
Figura 11 Acumulación de Costos en un Sistema de Costeo por Procesos	71
Figura 12 Esquema Global de producto de cada Proceso	72
Figura 13 Flujo de Entradas y Salidas del Proceso I	80
Figura 14 Esquema de Producción del Diseño de Costeo por Procesos	91
Figura 15 Prueba del Diseño para el Proceso I	92
Figura 16 Prueba del Diseño para el Proceso II.....	93
Figura 17 Prueba del Diseño para el Proceso III.....	94

Figura 18 Prueba del Diseño para el Proceso IV	95
Figura 19 Prueba del Diseño para el Proceso V	96
Figura 20 Control de Costos Actual.....	98
Figura 21 Comparación unitaria entre el método actual y el diseño de costeo por procesos	100
Figura 22 Inversión para el Diseño del Sistema de Costeo por Procesos	102
Figura 23 Beneficios del Diseño de sistema de Costeo por Procesos	102

INTRODUCCIÓN

La minería, es un pilar fundamental de la economía global y enfrenta el desafío constante de optimizar sus operaciones, mejorar su competitividad en un entorno de costos crecientes y variación de precios en los mercados de metales. En este contexto, la gestión eficiente de los costos en la planta de beneficio se convierte en un factor importante para la sostenibilidad y rentabilidad de las empresas mineras.

El presente trabajo de investigación se enmarca en la necesidad de diseñar un sistema de costeo por procesos. Adaptado a las características operacionales de una planta de beneficio, donde la transformación del mineral extraído en un producto comercializable, que involucra una serie de etapas secuenciales con costos asociados a cada una de ellas.

La importancia de esta investigación radica en que la correcta asignación y control de costos permite no solo mejorar la precisión en la determinación del costo unitario del producto final, sino también proporcionar información clave en la optimización de recursos, identificación de ineficiencias y la implementación de mejoras operativas que impacten directamente en la rentabilidad del negocio.

El enfoque metodológico de esta tesis combina los procesos de planta, la identificación de los principales costos directos e indirectos, y el diseño de una estructura de costeo que refleje la realidad operativa de la planta de beneficio.

Este trabajo está dirigido tanto a profesionales del sector minero como a investigadores interesados en el desarrollo de metodologías aplicadas a la gestión de costos en la industria extractiva.

Finalmente, se espera que esta tesis aporte valor a la industria minera y sirva de referencia para las futuras investigaciones en el área de costos.

CAPITULO I

PARTE INTRODUCTORIA DE LA TESIS

1.1 GENERALIDADES

1.1.1 Presentación de la empresa

La empresa minera es a cielo abierto, está ubicada en una región al interior del Perú, produce oro, es de capitales nacionales y extranjeros. Actualmente el depósito del cual extraen el mineral es de óxidos del cual aflora el oro y plata.

Sin embargo, en la parte subterránea después de las partes con contenido de oro y plata se encuentra cobre en gran proporción.

Respecto al proceso metalúrgico, consiste en lixiviación de mineral extraído del tajo y llevado al PAD de lixiviación para su tratamiento con solución que contiene cianuro. Las onzas de oro se recuperan por medio de dos procesos que son: Merrill Crowe que requiere precipitación con polvo de zinc y ADR referido a la adsorción, desorción y regeneración con carbón activado. Las onzas obtenidas son llevadas a fundición, donde son procesadas hasta convertirse en barras doré para posteriormente ser comercializadas en el extranjero.

1.2 PROBLEMÁTICA

1.2.1 Planteamiento del problema

La contabilidad de costos es un aspecto importante para la toma de decisiones y la medición de la eficiencia, esto permite conocer los costos de los diferentes productos y servicios para de esta manera tomar las decisiones estratégicas u operativas más adecuadas. En ese sentido la medición de tales costos puede repercutir en la productividad, asignación de recurso, eficiencia y eficacia de los procesos productivos. (Horngren, 2012)

La empresa objeto de esta investigación es una minera aurífera a cielo abierto, ubicada en una región al interior del país. El control de costos carece de detalle en cuanto a los recursos utilizados en la planta de beneficio, lo que dificulta su gestión eficiente. La empresa cuenta con ERP (SAP) que acumula los costos mediante centros de costos. Actualmente le falta un sistema de costeo que tenga una distribución con mayor precisión de los costos incurridos en el procesamiento del mineral hasta la obtención de barras doré, en el que se utiliza recursos de la compañía y empresas contratistas.

Respecto a la problemática, existe diversas formas de contabilizar los costos tales como costeo por absorción, por órdenes de trabajo, costeo ABC, costeo por procesos, entre otros. De acuerdo con la comparativa de estos sistemas, como se aprecia en la Tabla 1. Para el presente estudio se hará uso del método de costeo por procesos, por

diversos factores, en primer lugar por el motivo de la naturaleza del proceso, puesto que en minería los procesos productivos son continuos y repetitivos, en ese sentido el costeo por procesos permite la distribución de los costos de manera uniforme, en segundo lugar por la facilidad en el control de los costos, en relación a que al estar diversificados por procesos se puede tener control en diferentes etapas, antes de la obtención del producto final, y en tercer lugar por el nivel de evaluación y rentabilidad puesto que al estar dividida en fases productivas la medición se estratifica siendo más precisa.

Frente a este contexto, se plantea diseñar un sistema de costeo por procesos que mejorará el control de costos en la planta de beneficio, permitiendo un mejor análisis de estos, además tendrá un impacto significativo en la toma de decisiones aportando valor a la compañía y a los stakeholders.

1.2.2 Problema General

¿Cómo el diseño de un sistema de costeo por procesos permitirá mejorar el control de costos en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú?

1.2.2.1 Variable independiente

Diseño de un sistema de costeo por procesos.

1.2.2.2 Variable dependiente

Control de costos en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú.

1.2.3 Problemas específicos

- ¿El diseño de un sistema de costeo por procesos contribuirá a determinar los costos que afectan la eficiencia de cada proceso en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú?
- ¿El diseño de un sistema de costeo por procesos contribuirá a la valuación de productos en proceso y terminados en la planta de beneficio de una empresa minera ubicada en una región del Perú?
- ¿El diseño de un sistema de costeo por procesos contribuirá a desglosar los costos directos e indirectos relacionados con cada fase del proceso productivo en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú?

1.2.4 Justificación e importancia del problema

El sector minero es clasificado como una economía de escala por la cantidad de recursos que procesa y utiliza, por esta razón es importante contar con un sistema de costeo adecuado para realizar un seguimiento al consumo de los recursos que permitirán tomar mejores decisiones. El diseño de un sistema de costeo por procesos permitirá mejorar el control de los costos y por ende un mejor resultado para la empresa. Asimismo, se podrá identificar costos de inventarios finales y mermas que indican el nivel de eficiencia de cada proceso, el cual es un indicador de mejora para la compañía minera.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de costeo por procesos para mejorar el control de costos en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diseñar un sistema de costeo por procesos para contribuir a determinar los costos que afectan la eficiencia de cada proceso en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú.
- Diseñar un sistema de costeo por procesos para contribuir a la valuación de productos en proceso y terminados en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú.
- Diseñar un sistema de costeo por proceso para contribuir a desglosar los costos directos e indirectos relacionados con cada fase del proceso productivo en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú.

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1 Hipótesis General

Con el diseño de un sistema de costeo por procesos se mejorará el control de costos en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú.

1.4.2 Hipótesis Específicas

- Con el diseño de un sistema de costeo por procesos se contribuirá a determinar los costos que afectan la eficiencia de cada proceso en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú.
- Con el diseño de un sistema de costeo por procesos se contribuirá a la valuación de productos en proceso y terminados en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú.
- Con el diseño de un sistema de costeo por procesos se contribuirá a desglosar los costos directos e indirectos relacionados con cada fase del proceso productivo en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú.

1.5 METODOLOGÍA

1.5.1 Tipo de Investigación

La investigación es de tipo aplicada, no experimental

1.5.2 Tipo de Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es no experimental porque impide la manipulación de las variables para determinar la eficacia del control de costos.

1.5.3 Nivel de Investigación

El nivel de investigación es: explicativo, descriptivo, histórico y correlacional.

1.5.4 Métodos de investigación

1.5.4.1 Métodos cualitativos

Observación no estructurada aplicada a los procesos; se visitará las instalaciones de la planta de beneficio para registrar los procesos desde el apilamiento del mineral en el PAD de lixiviación hasta la fundición donde se obtiene el producto final, barra doré. Así se podrá definir el flujo de los procesos y mapearlos como input para el diseño de sistema de costeo.

1.5.4.2 Métodos cuantitativos

Se usará datos históricos de los diferentes procesos que afecten el objetivo de la tesis.

1.5.5 Población

Los trabajadores de la planta de beneficio de la empresa minera.

1.5.6 Medición

Se realizará datos que midan la aplicación de la variable independiente por medio de los siguientes documentos:

- Revisión de data histórica
- Mapa de procesos de la planta de beneficio
- Flujo del proceso productivo de la planta de beneficio
- Opinión de expertos

- Valorización de empresas contratistas
- Entrevistas

1.6 INDICADORES

Los indicadores iniciales por considerar en esta investigación son:

- Unidades equivalentes de producción en cada proceso.
- Unidades en proceso
- Unidades transferidas por periodo a cada proceso.
- Porcentaje de mermas
- Costo unitario por proceso

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Tesis de grado, (Mora Castelo, 2014), “**Diseño en implementación de un sistema de costeo para una empresa minera**” Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú. La investigación se realizó en una compañía minera que realiza los procesos de exploración, explotación y comercialización de mineral con contenido de oro. Posterior al diagnóstico se determinó que no cuenta con un adecuado sistema de costeo el cual dificulta conocer los costos de las diferentes actividades y por lo tanto disponer de información oportuna y específica para la tomar decisiones. El conjunto de actividades para hacerle frente a este problema consistió en el mapeo de los costos de todos los procesos de la empresa, esto permitió identificar aquellos que están generando valor y cuales no, los que deberán ser tercerizados, para ello se tuvo que realizar un nuevo procedimiento para la obtención de la información sobre los procesos y tener una lista de centros de costos acorde a la actividad para un mejor seguimiento de los costos.

Alineado con la estrategia de la compañía minera, se diseñó un nuevo sistema de costeo que facilitará contar con información de valor para la toma de decisiones a la gerencia que estarán referidas a la optimización de recursos y maximizar la rentabilidad de la empresa.

Tesis de grado, (Camones Girón, 2023), **“Diseño de un sistema de costeo para la mejora de la rentabilidad de una empresa de explosivos mineros aplicando el costeo estándar”**, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima - Perú. La investigación se realizó en una empresa de explosivos y servicios de voladura en minería, la necesidad se dio debido a que el año anterior al estudio hubo pérdidas por la venta de emulsión a clientes nacionales, la causa principal fue que el costo de producción en su planta fue muy elevado. Posterior a ello se procede a realizar el seguimiento y control de costos de producción con la finalidad de reducir costos e incrementar la rentabilidad para el siguiente año. Para esto se analizan diversos sistemas de costeo siendo el que más se ajusta el sistema de costeo estándar, con la finalidad del cumplimiento de optimizaciones en el menor tiempo, priorizando las actividades que generan valor y con esto reducir los costos, la participación del personal de planta fue crucial para hacer realidad este proyecto. El principal objetivo posterior a la aplicación de mejoras fue incrementar la rentabilidad de la empresa, con la finalidad de ser más competitivos en el mercado nacional de explosivos mineros,

aumentando las ventas, reduciendo los costos y maximizando la producción de manera conjunta.

Tesis de grado, (Galán Llenque, 2020), “**Sistema de costos por procesos y su repercusión en los costos y utilidades de la empresa: Fundición mecánica San José, Lambayeque**”, Universidad Señor de Sipán, Pimentel - Perú. Esta investigación surge de la necesidad de muchas empresas de mejorar la determinación de sus costos de producción, un factor clave en la fijación de precios, la toma de decisiones y la optimización de la rentabilidad. Por ello, el estudio se enfoca en el análisis de los sistemas de costos por procesos, con el objetivo de establecer con precisión los costos y las utilidades de la empresa “Fundición Mecánica San José” a fin de elaborar un diseño de sistema de costos por procesos para medir su grado de influencia en la empresa. Se concluye que la implementación de un sistema de costos por procesos es viable, ya que responde a las necesidades de la empresa. Como aporte práctico, se propone el diseño de un sistema de costos por procesos que permita el control eficiente y una gestión precisa de los costos, proporcionando información real y detallada. Esto facilitará la asignación de precios de venta acorde a los costos reales del proceso productivo, lo que contribuirá a maximizar la rentabilidad de la empresa.

Tesis de grado: (Guzman Pinto, 2015), “**Estudio del proceso de lixiviación de oro en la planta Aurelsa**”, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa - Perú. El estudio destaca la importancia de un control estricto y la definición precisa de los parámetros clave en el proceso de lixiviación en Aurelsa, con el propósito de optimizar la recuperación de oro y plata.

La investigación abarca el análisis de los procesos de lixiviación de minerales, su termodinámica y la cinética de disolución del oro, así como el estudio de los factores que influyen en la eficiencia del proceso. Asimismo, se describe la planta de hidrometalurgia y sus principales secciones.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Sistema de costeo

Es un sistema integrado de elementos contables y administrativos que se interrelacionan para generar información precisa y relevante, permitiendo identificar los datos esenciales para la determinación de los costos de los recursos utilizados en los procesos de una organización. Las empresas que poseen sistemas de costos lo utilizan en su mayoría para el diseño de los productos o servicios que satisfagan a los clientes, determinar aquellos procesos que carecen de eficiencia, aplicar una mejora en la elección de proveedores, obtención de precios de sus productos y en general para la toma de decisiones.

(Cuervo Gonzales, 2013)

2.2.2 Costos directos e indirectos

Según Blocher, et al, (2008), considera las siguientes definiciones para los costos directos, indirectos.

2.2.2.1 Costos directos

Son aquellos costos fáciles de identificar debido a que participan y se ven reflejados en el producto o servicio final, dentro de esta clasificación se encuentran los materiales directos y mano de obra directa que interviene en la producción.

2.2.2.2 Costos indirectos

Presentan un nivel de identificación más complejo ya que nos impide detectar fácilmente la participación en el producto o servicio final, para llevar a cabo su asignación se utiliza el prorratoe de costos según tasas predeterminadas; dentro de los costos indirectos se pueden mencionar a la mano de obra indirecta, materiales indirectos. En una empresa de producción son llamados con regularidad costos indirectos de fabricación.

2.2.3 Método de costeo

2.2.3.1 De acuerdo con las características de la producción

(i) Costeo por órdenes de trabajo

El costeo por órdenes de trabajo generalmente se utiliza en pedidos específicos de grandes cantidades de producto por parte del cliente, es decir, para empresas de producción en la que se utilizará

materia prima y recursos indirectos diferenciados; cada orden de trabajo se detallará en una hoja de costos que incluirá la descripción del lote de producción, los recursos demandados y los costos totales incurridos.

(ii) Costeo por proceso

Este sistema de costeo desarrolla la acumulación de costos por departamentos de producción los cuales pueden ser distribuidos por centros de costos si se trata de más de un proceso, tiene la finalidad de identificar los costos incurridos en un determinado departamento o centro de costo teniendo en cuenta el periodo en el que se lleva a cabo la producción, considerando el porcentaje de avance respecto a cada producto y clasificándolos en producto en proceso o producto terminado. (Polimeni et al, 1993)

2.2.3.2 Costeo de acuerdo con la base de costos

(i) Costeo histórico

Se refiere a aquel sistema que considera los costos reales incurridos a través del tiempo en cuanto a material directo y mano de obra directa; los costos históricos son utilizados normalmente en el costeo de orden de trabajo y el sistema de costeo por proceso ya que se debe respetar los costos según el periodo de tiempo en el que son incurridos. (Cuervo Gonzales, 2013)

(ii) Costeo estándar

Es el sistema que considera aquellos costos a los que pueden incurrirse cuando existe un proceso de producción normal, este sistema

busca acercarse al costo unitario de cada producto es decir cumple la función de un presupuesto.

Los costos estándares son conocidos también como costos planeados o programados, este sistema también considera a los costos reales y trata de medir la desviación frente al costo estándar. (Polimeni et al, 1993)

2.2.3.3 De acuerdo con la asignación de costos

De acuerdo a Cuervo Gonzales, (2013) considera en su libro "Costeo basado en actividades – ABC", los siguientes:

(i) Costo absorbente o tradicional

El sistema de costeo tradicional se encarga de asignar a los productos o servicios los diversos elementos de costos como: mano de obra directa, material directo, costos indirectos de fabricación y contratación de terceros la diferencia entre costos fijos o variables es inexistente.

La base de asignación de costos indirectos es la misma sin importar si los productos o servicios son diferenciados.

(ii) Costeo basado en actividades (ABC)

El costeo basado en actividades es un método que calcula con mayor exactitud los costos, esto debido a la asignación de recursos distintos a la del sistema tradicional puesto que considera tasas de reparto de costos tomando en cuenta las actividades, siendo el costo

total la suma de los materiales y el costo de cada una de las actividades.

2.2.3.4 Comparativo de ventajas y desventajas de los sistemas de costeo

Tabla 1

Ventajas y Desventajas de los Sistemas de Costeo

Sistema de Costeo	Ventajas	Desventajas
Costeo absorbente o tradicional	Refleja todos los costos referidos al producto. Útil para evaluar rentabilidad a largo plazo. Adecuado para industrias con producción continua.	Dificultad para discernir entre costo fijo y variable. Menos eficiente para toma de decisiones a corto plazo. Se desaprueba para productos únicos.
Costeo por procesos	Fácil para sistemas de producción estandarizados.	Se desestima para empresas no estandarizadas.
Costeo por órdenes de trabajo	Adecuado para productos a medida o proyectos únicos e irrepetibles. Permite conocer el costo específico de cada periodo.	Requiere un sistema detallado de registros de costos. Dificultad para empresas con alta variedad de productos.

2.2.4 Costeo por procesos

El costeo por procesos es un sistema de acumulación de costos de producción por departamento o centro de costos (Polimeni et al, 1993). Un departamento es una unidad funcional dentro de una fábrica donde se desarrollan procesos de manufactura relacionados. Cuando en un mismo departamento se ejecutan múltiples procesos, es recomendable subdividirlo en centros de costos, asignando a cada proceso un centro específico para garantizar una distribución precisa y eficiente de los costos.

2.2.5 Objetivos del costeo por procesos

Según Polimeni et al, (1993) un sistema de costeo por procesos determina cómo se asignan los costos de manufactura incurridos en cada período. En este método, la distribución de costos por departamento representa una etapa intermedia, cuyo objetivo principal es calcular los costos unitarios totales para, finalmente, determinar el ingreso generado.

Durante el período, pueden presentarse particularidades, como unidades inconclusas al final de este. Por ello, cada departamento deberá determinar qué parte de los costos totales incurridos corresponde a las unidades aún en proceso y qué parte se atribuye a las unidades terminadas.

2.2.6 Características de un sistema de costeo por procesos

En el Libro Contabilidad de costos conceptos y aplicaciones para la toma de decisiones gerenciales, Polimeni et al, (1993) establecen que el costeo por procesos consiste en asignar los costos generados en un departamento a las unidades que fluyen a través de este. Este sistema calcula los costos unitarios departamentales mediante el cociente entre los costos incurridos en un período determinado y las unidades completamente procesadas en ese mismo lapso. Entre las características fundamentales de este sistema destacan:

- Los costos se acumulan por departamento o centros de costos.

- Cada departamento mantiene una cuenta independiente de inventario de trabajo en proceso en el libro mayor. Esta cuenta: se carga con todos los costos de producción incurridos en el departamento. Se abona por el costo de las unidades completadas que son transferidas, ya sea al siguiente departamento en el proceso productivo o al almacén de productos terminados.
- Las unidades equivalentes son una medida que permite expresar el volumen del inventario de trabajo en proceso en términos de unidades terminadas equivalentes, reflejando así el grado de avance de la producción al cierre del período.
- Los costos unitarios se determinan por departamento o centro de costos para cada periodo.
- Las unidades finalizadas y sus costos correspondientes se trasladan al departamento sucesivo o al inventario de productos terminados. Al concluir el último proceso, se consolidan los costos del período, obteniendo así el costo unitario de los artículos terminados.
- Los costos totales y unitarios de cada departamento se consolidan, analizan y calculan periódicamente utilizando los informes de costos de producción departamentales.

2.2.7 Pasos del costeo por procesos

Según (Horngren, 2012) los cinco pasos del costeo por procesos son:

- Resumir el flujo de unidades físicas producidas
- Calcular la producción en términos de unidades equivalentes
- Resumir los costos totales por contabilizar
- Calcular el costo por unidad equivalente
- Asignar los costos totales a las unidades terminadas y a las unidades que haya en el inventario final de productos en proceso.

2.2.8 Métodos de valuación de inventarios

2.2.8.1 Método del promedio ponderado

Según (Horngren, 2012) el método de costeo por procesos con promedio ponderado calcula el costo por unidad equivalente considerando todo el trabajo realizado hasta la fecha, sin distinguir entre períodos contables. Este costo se asigna tanto a las unidades terminadas y transferidas como a las unidades equivalentes en el inventario final de productos en proceso.

El cálculo del costo promedio ponderado considera la totalidad de costos cargados a la cuenta de productos en proceso, incluyendo tanto el inventario inicial como los costos incurridos en el período actual. Este monto total se divide entre el número total de unidades equivalentes producidas hasta la fecha.

2.2.8.2 Método de primeras entradas primeras salidas (PEPS)

Según (Horngren, 2012) el método de primeras entradas primeras salidas (PEPS) en el costeo por procesos asigna los costos siguiendo el flujo específico:

- Los costos del inventario inicial de productos en proceso (correspondientes al periodo anterior) se aplican a las primeras unidades terminadas y transferidas.
- Los costos incurridos en el periodo actual se asignan en este orden:
 - o Primero para completar las unidades del inventario inicial.
 - o Luego, para iniciar y finalizar nuevas unidades.
 - o Finalmente, a las unidades que permanecen en el inventario final de productos en proceso.

Este método opera bajo el principio de que las unidades más recientes (las últimas en ingresar al proceso) son las primeras en completarse y transferirse.

Una característica distintiva del método PEPS en el costeo por procesos es que distingue claramente entre:

- El trabajo realizado en el inventario inicial (período anterior) y
- El trabajo ejecutado en el periodo actual.

Bajo este método, los costos y unidades producidas en el periodo actual se utilizan exclusivamente para calcular el costo por unidad equivalente del trabajo del periodo corriente. El cálculo

considera por separado las unidades completadas del inventario inicial y las nuevas unidades iniciadas y terminadas.

Este enfoque contrasta marcadamente con el método promedio ponderado donde:

- Las unidades y costos del inventario inicial se fusionan con aquellos del período actual.
- Se calcula un costo unitario único que combina ambos períodos.

2.2.9 Procesos

Según Maldonado, (2018) en su libro “Gestión por procesos, 2018” un proceso es un sistema de actividades interrelacionadas que transforman insumos (materiales, información o recursos) en resultado con valor añadido, mediante una secuencia lógica de operaciones.

2.2.9.1 Elementos de los procesos

Todo proceso consta de tres elementos:

- a) Un input (entrada principal): Recurso estandarizado que satisface los requisitos establecidos y desencadena la operación del proceso.
- b) La secuencia de actividades: Comprende operaciones que utilizan recursos calificados para asegurar la ejecución óptima del proceso. Incluye tanto entradas principales (que activan el proceso) como laterales (insumos auxiliares de procesos vinculados).

- c) Un output (salida): Producto o servicio resultante que cumple con los estándares de calidad establecidos por los requisitos del proceso.

2.2.9.2 Términos con relación a los procesos

- Proyecto: Iniciativa temporal y única que consiste en un conjunto de actividades interrelacionadas, planificadas y organizadas para alcanzar un objetivo específico dentro de parámetros definidos (tiempo, costo, alcance).
- Proceso relevante: es un sistema estructurado de actividades interrelacionadas que transforma insumos en resultados con valor agregado.
- Proceso clave: Es un subconjunto de los procesos relevantes, caracterizado por su impacto directo y multiplicador en el cumplimiento de los objetivos del negocio y la creación de ventajas competitivas.
- Subprocesos: Dividen procesos complejos en componentes accionables, facilitando la identificación de fallos y la implementación de mejoras específicas.
- Sistema: Es un conjunto integrado y estructurado de elementos interrelacionados (organización, procedimientos, procesos y recursos) diseñado para implementar y mantener una gestión eficaz en un área específica, como calidad, medio ambiente o seguridad laboral.

- Procedimiento: Es un método documentado y estandarizado que especifica de manera detallada cómo ejecutar una actividad, definiendo el alcance, responsables, pasos secuenciales, recursos requeridos, condiciones de realización, y los controles necesarios para garantizar uniformidad, trazabilidad y cumplimiento normativo, diferenciándose de los procesos por su nivel de granularidad y carácter prescriptivo.
- Actividad: Son bloques funcionales compuestos por tareas agrupadas por afinidad, que al articularse mediante reglas de precedencia y dependencia generan procesos o subprocesos, permitiendo la gestión escalable de operaciones complejas.
- Indicador: Herramienta que transforma operaciones en datos accionables, alineando ejecución con estrategia.

2.2.10 Respeto al proceso minero

2.2.10.1 PAD de lixiviación

Según Weiss, (2011) un PAD de lixiviación es una plataforma para lixiviar en pilas, en la cual se aplica una solución lixiviante que puede ser cianuro y/o ácido, como se aprecia en la Figura 1, para extraer los metales de interés.

Figura 1

PAD de Lixiviación



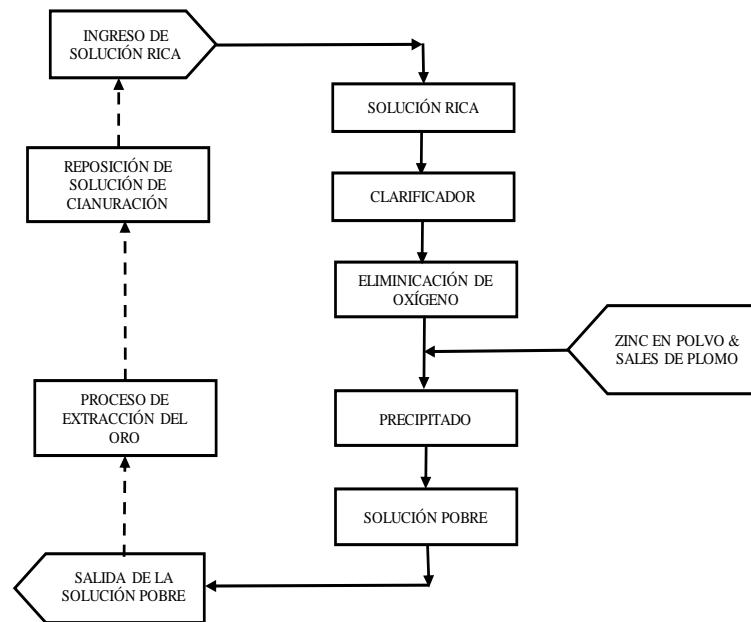
Nota. Fuente de TDM Perú

2.2.10.2 Planta Merrill Crowe

Según Huamantuna Granda, (2022) es un proceso hidrometalúrgico que sirve para recuperar oro y plata haciendo uso de soluciones de cianuro, para de esta forma eliminar el oxígeno disuelto antes de añadir el zinc y permitir la precipitación de los metales preciosos, como se puede apreciar en el diagrama de flujo en la Figura 2.

Figura 2

Diagrama de Flujo de Merrill Crowe



Nota. Adaptado de Huamantuna Granda, (2022)

2.2.10.3 Planta ADR

Según Wills & Napier-Munn, (2006), explica que la planta de ADR es un sistema complejo y avanzado para mejorar la recuperación de los minerales preciosos haciendo uso de soluciones lixiviadas a temperaturas altas, este proceso se usa en la minería para maximizar la eficiencia de la extracción de oro y plata.

2.2.10.4 Fundición

La fundición es un proceso de alta temperatura en el cual los minerales son transformados en metal puro de alta ley, mediante la eliminación de impurezas, siendo esta una etapa clave para el procesamiento del oro, en la cual mediante la aplicación de fundentes

y calor permiten obtener el oro de forma líquida que luego se solidifican. (Wills & Napier-Munn, 2006)

2.2.10.5 Precipitado

En el contexto minero el precipitado es el material que resulta en la etapa final de lixiviación y reducción minera. Es el metal compuesto de interés que se separa para posteriormente ser procesado y refinado. (Wills & Napier-Munn, 2006)

2.2.10.6 Carbón activado

Es un material que se usa en los procesos mineros, debido a su alta área superficial, que sirve para absorber metales preciosos de soluciones líquidas. Este material es clave para el proceso de recuperación de oro, caracterizado por su recuperación eficiente y económica. (Dixon, 2010)

2.3 DEFINICIONES DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS

2.3.1 ERP:

Significa “Enterprise Resource Planning”, o en español, planificación de recursos empresariales. Es un software, que tienen la finalidad de gestionar y automatizar los procesos y actividades principales de una empresa.

2.3.2 SAP:

Es un “ERP” o sistema de planificación de recursos empresariales, que significa “Systems, Applications and products in

Data Processing” o en español, Sistemas Aplicaciones y Productos en el procesamiento de datos.

2.3.3 Barras Doré:

Es un compuesto metálico que procede del procesamiento de oro y plata, con algunas pequeñas cantidades de otros metales.

2.3.4 Merma:

Reducción tangible en el volumen, peso o unidades de inventario resultante de factores intrínsecos al ciclo productivo o características del producto, que impacta directamente en la rentabilidad operativa.

2.3.5 PAD

En el contexto de la minería, las siglas PAD en “PAD de lixiviación” hacen referencia a una plataforma o área diseñada para llevar a cabo el proceso de lixiviación.

CAPITULO III

ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1 DIAGNÓSTICO FUNCIONAL

3.1.1 Organización

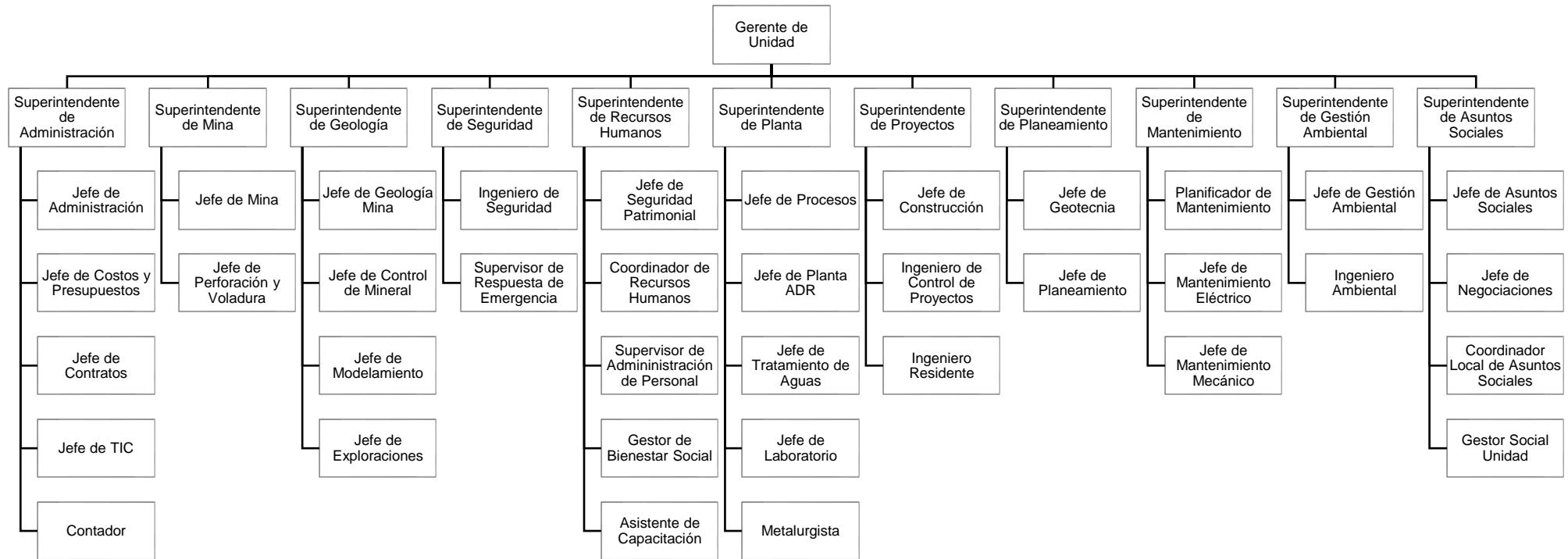
La empresa en la que se realiza la investigación pertenece al sector minero, produce oro a tajo abierto, comercializa barras doré al extranjero y se encuentra ubicado en una región al interior del Perú.

El organigrama está estructurado según los principales procesos y actividades que se realizan en la operación minera, las áreas están lideradas por superintendencias como indica la Figura 3. La compañía minera cuenta con once superintendencias que reportan directamente a la Gerencia de Unidad entre ellas tenemos: Superintendencia de Administración, Mina, Seguridad, Planta, Recursos Humanos, Proyectos, Planeamiento, Mantenimiento, Gestión Ambiental y Asuntos Sociales.

Las distintas Superintendencias se encargan de actividades cruciales para el buen funcionamiento de la operación, por ejemplo, en cuanto a la Superintendencia de Planta algunas actividades son:

Velar por el cumplimiento de la producción de acuerdo con los objetivos estratégicos y el plan de minado elaborado en conjunto con el área de planeamiento, lograr el cumplimiento de los programas de producción y avance, entregar a la planta de beneficio el tonelaje programado, minimizar los desperdicios en cuanto a materiales y equipos en el proceso, minimizar los incidentes y/o accidentes en el proceso, minimizar los tiempos y costos en el proceso de tratamiento de mineral.

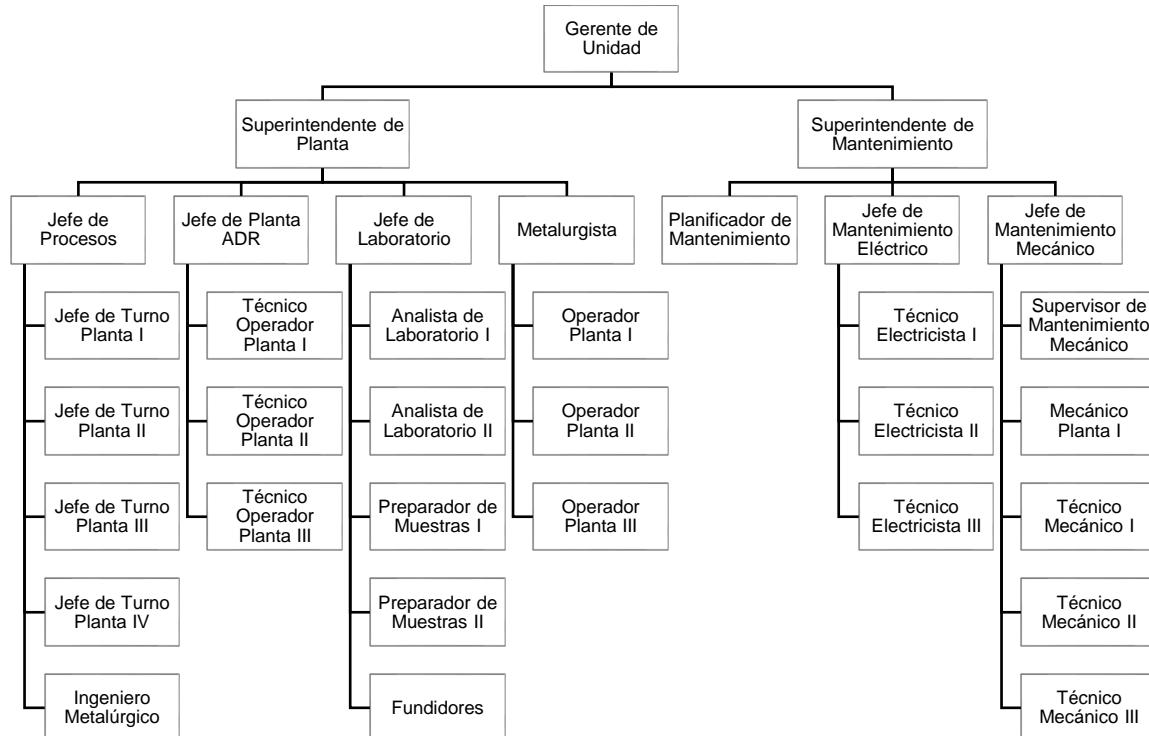
Figura 3
Organigrama Resumen de la Empresa Minera



Fuente: La empresa

Elaboración: Propia

Figura 4
Organigrama del Área de Planta de la empresa Minera



Fuente: La empresa

Elaboración: Propia

3.1.2 Clientes

La compañía minera, es una empresa que exporta la producción de barras doré por medio de transporte aéreo hacia Europa y Asia.

3.1.3 Proveedores

La empresa minera al ser procesadora de mineral hasta la obtención de barras doré tiene como principales proveedores a empresas de productos y servicios, dentro de los insumos destacan proveedores nacionales e internacionales de diversos explosivos, reactivos, combustible como: emulsión, petróleo, cianuro, óxido de calcio, zinc polvo, tierra filtrante, coagulante, floculante, hidróxido de sodio, carbón activado, carbonato de sodio, bórax anhidro, repuestos para bombas, elementos de protección personal, entre otros. En cuanto a los proveedores de servicios lo brindan empresas extranjeras, nacionales y del área de influencia y están relacionadas a servicio de mina, servicio de operación de planta, servicio de alquiler de equipos, intermediación laboral, servicio de alimentación, limpieza, entre otros.

3.1.4 Producto

La empresa minera es productora de barras doré que son una mezcla de oro y plata producto del proceso de lixiviación con solución cianurada y su posterior tratamiento en las dos plantas de procesos: Merrill

Crowe (precipitación con zinc) y ADR (adsorción, desorción y regeneración con carbón activado)

3.2. PROCESOS

3.2.1 Apilamiento de Mineral en el PAD de Lixiviación

El mineral es descargado en el PAD de lixiviación (Plataforma para lixivar pilas, en el cual se aplica una solución de cianuro, para extraer metales de interés) de manera ordenada y se apila hasta que el nivel de este alcance una altura estándar según diseño. En cada nivel se agrega cal con la ayuda de un cargador frontal, con una concentración de aproximadamente 1.5 Kg cal/TM de mineral.

Al descargar el volquete, quedan montículos con mineral que son empujados al borde de la pila en construcción mediante el uso de un cargador frontal o tractor de orugas, dejando nivelado el mineral a la superficie.

Al culminar el primer nivel, se procede al descapote de la capa superficial con equipo pesado (tractor de orugas o excavadora) para eliminar el mineral compactado por el tránsito de volquetes, garantizando así la permeabilidad y estabilidad del lecho; después se inicia el llenado del segundo nivel, controlando la altura de capa típica de altura estándar para optimizar la lixiviación, mantener la integridad estructural de la celda y cumplir con los protocolos de seguridad operacional.

Se replican paralelamente los mismos procedimientos constructivos para las demás celdas o módulos de lixiviación en las distintas zonas de la pila, implementando un desarrollo secuencial por niveles acorde al avance planificado.

3.2.2 Lixiviación del Mineral en PAD

Para el procesamiento metalúrgico de las toneladas por día de mineral se realiza riego mixto de aspersión en plataforma y goteo en taludes, por un periodo de 2 meses. La pila presenta un sistema de colección de soluciones de mayor concentración y menor concentración en contenido de oro, que se diferencian entre ellas por el riego de mineral fresco y agotado en la plataforma de lixiviación.

La solución utilizada para el riego se prepara a un pH básico con fuerza de cianuro controlada a 100 ppm aproximadamente y antiincrustante 1.0 ppm, la cual es bombeada desde el tanque de solución barren hacia el PAD de lixiviación.

La solución lixiviante se dirige hacia el tanque de rebombeo, usando tres bombas, dos en operación y una en espera.

Se cuenta tuberías de captación de solución rica la cual es almacenada en la poza principal de 10,000 m³ y secundaria de 15,000 m³, además se cuenta con una poza de contingencia de 80,000 m³, volumen

que es utilizado para el riego del mineral en caso sea necesario completar el flujo de riego.

3.2.3 Adsorción, desorción y reactivación de carbón (ADR)

La capacidad de diseño de la planta ADR es de 600 m³/h, flujo proveniente de la poza secundaria, con una ley promedio esperada de 0.2 ppm de oro y 1.0 ppm de Ag, mediante un sistema de adsorción con columnas de carbón activado, para producir luego de la desorción una solución concentrada que es enviada al tanque de solución no clarificada en el proceso de Merrill Crowe.

La planta ADR cuenta con dos circuitos, con capacidad de 200 m³/h cada uno, cada circuito está conformado por cinco columnas de capacidad de 4 toneladas de carbón cada uno.

La solución rica impulsada desde la poza secundaria atraviesa el circuito de cinco columnas, cargando el carbón con valores metálicos y quedando la solución empobrecida que se envía al tanque barren en el área de Merrill Crowe, concluyéndose con la etapa de adsorción.

El área de desorción cuenta con un reactor de capacidad para 5 toneladas de carbón activado, un calentador de aceite térmico con resistencias eléctricas, dos intercambiadores de calor tipo placas y un intercambiador de calor tipo espiral.

El carbón cargado proveniente de las columnas de adsorción es transportado mediante un eductor hacia el reactor de desorción. Posterior a ello se prepara en el tanque de solución strip una solución alcalina que contiene soda cáustica, cianuro de sodio y antiincrustante. La solución strip se recircula en el circuito de intercambiadores de calor hasta alcanzar una temperatura de 140°C e ingresa presurizada en 50 PSI al tanque reactor que contiene el carbón cargado rico, removiendo el oro y plata principalmente. Esta solución enriquecida al salir del reactor ingresará a los intercambiadores de placas para ser enfriada y posteriormente enviada mediante una tubería hacia el tanque de solución no clarificada de la planta Merrill Crowe.

Para la etapa de regeneración del carbón, se realiza lavado ácido de carbón desorbido con el fin de eliminar sales de carbonatos y sulfatos que puedan disminuir la eficiencia del carbón. Este proceso se realiza en circuito cerrado con una solución de ácido clorhídrico, el cual ingresa a un reactor de acero inoxidable, enjuagándose con solución barren. La solución luego de ser utilizada para lavado ácido se descarga a la poza de mayores eventos.

3.2.4 Proceso de Merrill Crowe

En este proceso se recuperan los valores de oro de la solución rica en forma de precipitado mediante la adición de polvo de zinc a la solución previamente clarificada y desoxigenada.

Esta planta está diseñada para la capacidad de tratamiento de 1,200 m³/h de solución rica conteniendo valores lixiviados de oro con leyes promedio en la solución rica de 0.5 ppm de oro y 1.7 ppm de plata.

El proceso Merrill Crowe consta de tres etapas: clarificación, desoxigenación y precipitación con polvo de zinc, los cuales se describen a continuación:

El área de clarificación cuenta con cuatro filtros clarificadores con área de filtrado de 170 m² cada uno, operando tres de ellos en paralelo y uno en modo de espera de forma intermitente, para obtener una solución con turbidez menor a 1NTU.

Desde la poza principal de 10,000 m³ se bombea solución hacia el tanque de solución rica no clarificada con dos bombas en operación y teniendo dos bombas en modo de espera. Desde el tanque de solución rica no clarificada, la solución es distribuida con la ayuda de dos bombas que trabajan en paralelo con variadores de velocidad para regular el flujo de acuerdo con las necesidades de la operación hacia los filtros

clarificadores. Se cuenta con una bomba adicional de la misma capacidad en modo de espera.

La preparación de la capa de tierra diatomea que se adiciona a las ionas de las placas de los filtros clarificadores se realiza en el tanque precoat. Asimismo, se considera una alimentación constante de diatomea desde el tanque body feed.

El control estricto del oxígeno disuelto y sólidos suspendidos en la solución rica es esencial para maximizar la precipitación del oro, ya que el oxígeno oxida el zinc mientras los sólidos lo pasivan, requiriendo etapas de desaireación y filtración previas a la cementación para mantener eficiencias altas y minimizar costos de reactivos.

El objetivo de esta etapa es eliminar el oxígeno de la solución que ha sido previamente clarificada.

El sistema está integrado por una torre desaireadora con sus respectivos sistemas de control de tri-packs de polipropileno. El vacío requerido se logra por una bomba de vacío del tipo anillo líquido, que cuenta con una bomba de las mismas características en modo de espera.

Para esta etapa se pretende precipitar el oro mediante el desplazamiento del complejo aurocianuro por el zinc.

Para ello, se agrega manualmente polvo de zinc a las tolvas de 20 kg de capacidad que alimentan al cono de zinc, donde se mezcla con solución barren para formar una pulpa.

La solución que sale de la torre de desaireación es transportada por cuatro bombas centrífugas verticales hacia los filtros prensa, inyectándose en el transcurso la pulpa de polvo de zinc preparada previamente y generando una reacción casi instantánea de precipitación de oro, plata principalmente.

El área de precipitación cuenta con cuatro filtros prensa de 72 placas y con área filtrante de 140 m² cada uno, operando normalmente tres de ellos en paralelo y uno en stand by, para colectar los precipitados hasta la saturación de las placas. Cuando esto sucede, el flujo es direccionado al filtro en stand by, mientras que el saturado entra en una etapa de descarga y limpieza del precipitado, y de forma rotativa cada filtro es cosechado manteniendo un flujo continuo. La solución empobrecida que sale de los filtros prensa es conducida por sus respectivas líneas de flujo al tanque de solución barren.

3.2.5 Fundición de precipitado

El área de fundición transforma los precipitados de Merrill Crowe en barras doré mediante un horno basculante alimentado con petróleo, equipado con sistema de colada en cascada y basculamiento hidráulico.

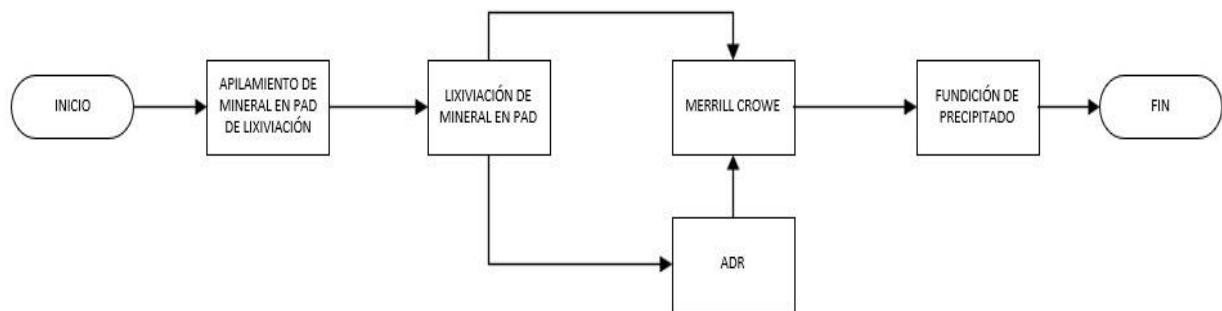
El proceso incluye: mezclar el precipitado seco con fundentes (bórax, nitrato de potasio y carbonato de sodio), fundir la carga durante tres horas por colada en crisol, y distribuir aire mediante ductos e inyectores centrífugos para optimizar la combustión, obteniendo finalmente las barras doré como producto terminado del proceso de recuperación de oro y plata.

3.2.6 Flujo de Procesos

Posterior a la descripción del proceso de obtención de barras doré en la planta de beneficio de la compañía minera, se resume en un flujo de procesos de la Figura 5.

Figura 5

Flujo de Procesos para la Obtención de Barras Doré



Fuente: La empresa

Elaboración: Propia

3.3 DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO

3.3.1 Visión

La empresa minera tiene como visión el desarrollo de recursos minerales generando valor a la sociedad.

3.3.2 Misión

La empresa minera tiene como misión, ser el operador minero de elección y aceptación en los lugares en que desarrolla sus actividades y en todo el Perú.

3.3.3 Valores

Los valores más resaltantes para la empresa minera son:

- Seguridad: Valor que promueve el respeto a la vida los trabajadores y que está presente en toda la operación minera.
- Honestidad: Los actos desarrollados dentro de la compañía minera son de manera recta y proba.
- Laboriosidad: Entregamos lo mejor de nosotros en cada tarea, priorizando la seguridad y responsabilidad en cada acción.
- Lealtad: Compromiso con nuestra empresa.
- Respeto: Trato digno y cortés en todas las interacciones
- Transparencia: Comunicación veraz, oportuna y sin dobles mensajes.

3.3.4 Análisis FODA

3.3.4.1 Evaluación Interna

(i) Fortalezas

- Solvencia económica para el desarrollo de sus operaciones, ya que cuenta con accionistas de capital nacional y extranjero.
- Responsabilidad social con las comunidades de influencia directa a la operación minera.
- Planta de beneficio propia y en buen estado.
- Sistema de gestión de ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001.
- Producto final (barras doré) que cumplen con los parámetros establecidos en el contrato de comercialización, calidad, tamaño, entre otros.
- Proveedores nacionales y extranjeros para los insumos y servicios.
- ERP SAP para el control de mercancías, realizar requerimientos, acumulación de costos mediante centros gestores.

(ii) Debilidades

- Conflictos por parte de las comunidades del área de influencia directa.
- Falta de personal capacitado en planta para el control de recursos.

- Falta de un sistema de control de costos para la planta de beneficio y medición continua de la eficiencia de cada proceso.
- Formación de sindicatos por parte de los trabajadores.
- Falta de capacitación en cuanto al control de costos como herramienta para generación de valor.
- Procesos repetitivos que se pueden automatizar.
- Carece de restricción en cuanto al control de reservas de suministros en el ERP SAP, que trae como consecuencia variaciones respecto a lo presupuestado.

Posterior se procede a elaborar la Tabla 2, Matriz de confrontación de factores internos, donde se obtiene el valor total correspondiente a cada fortaleza y debilidad para después calcular la ponderación de factor en porcentaje.

Tabla 2

Matriz de Confrontación de Factores Internos

ITEM	FORTALEZAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	VALOR	PESO EFI
F1	Solvencia económica para el desarrollo de sus operaciones		1	1	1	1	1	1	6	10%
F2	Responsabilidad social con las comunidades	0		1	1	1	1	1	5	9%
F3	Infraestructura de la planta propia y en buen estado	0	0		1	1	1	1	4	7%
F4	Sistema de gestión ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001	0	0	0		1	1	1	3	5%
F5	Producto barras doré cumplen con los parámetros comerciales	0	0	1	1		0	1	3	5%
F6	Proveedores nacionales y extranjeros	0	0	1	1	1		1	4	7%
F7	SAP para el control de operaciones	0	0	1	1	1	1		4	7%
ITEM	DEBILIDADES	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	VALOR	PESO EFI
D1	Conflictos por parte de las comunidades cercanas		1	1	1	1	1	1	6	10%
D2	Falta de personal capacitado en planta para el control de recursos	0		0	1	1	1	1	4	7%
D3	Falta de un sistema de control de costos	0	1		1	1	1	1	5	9%
D4	Formación de sindicatos por parte de los trabajadores	0	0	0		1	1	1	3	5%
D5	Falta de capacitación en control de costos	0	1	1	1		1	1	5	9%
D6	Procesos repetitivos que necesitan automatizarse	0	0	0	1	1		1	3	5%
D7	Falta de restricción para el control de suministros en el SAP	0	0	0	1	1	1		3	5%
							TOTAL		58	

Fuente: La empresa

Elaboración: Propia

Tabla 3

Matriz de Evaluación de Factores Internos - MEFI

FACTORES	VALOR
Debilidad Mayor	1
Debilidad Menor	2
Fortaleza Menor	3
Fortaleza Mayor	4

ITEM	FACTORES INTERNOS CLAVES	PESO EFI	CALIFICACIÓN	VALOR PONDERADO
	FORTALEZAS			
F1	Solvencia económica para el desarrollo de sus operaciones	10%	4	0.41
F2	Responsabilidad social con las comunidades	9%	4	0.34
F3	Infraestructura de la planta propia y en buen estado	7%	4	0.28
F4	Sistema de gestión ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001	5%	4	0.21
F5	Producto barras doré cumplen con los parámetros comerciales	5%	3	0.16
F6	Proveedores nacionales y extranjeros	7%	3	0.21
F7	SAP para el control de operaciones	7%	4	0.28
SUBTOTAL		50%		1.88

ITEM	FACTORES INTERNOS CLAVES	PESO EFI	CALIFICACIÓN	VALOR PONDERADO
	FORTALEZAS			
D1	Conflictos por parte de las comunidades cercanas	10%	1	0.10
D2	Falta de personal capacitado en planta para el control de recursos	7%	2	0.14
D3	Falta de un sistema de control de costos	9%	2	0.17
D4	Formación de sindicatos por parte de los trabajadores	5%	2	0.10
D5	Falta de capacitación en control de costos	9%	2	0.17
D6	Procesos repetitivos que necesitan automatizarse	5%	1	0.05
D7	Falta de restricción para el control de suministros en el SAP	5%	2	0.10
SUBTOTAL		50%		0.84
TOTAL		100%		2.72

De la tabla 3 se observa que la puntuación de la matriz EFI es 2.72, este valor indica que la empresa minera está por encima del valor promedio que es 2.5, pero debe mejorar en factores internos.

3.3.4.2 Evaluación Externa

(iii) Oportunidades

- Precios del oro en tendencia alcista con máximos históricos.
- Adquisición de nuevas tecnologías para la automatización de procesos y reducción de costos.
- Formación de alianzas estratégicas con otras empresas mineras que permitirá el intercambio de valor.
- Benchmarking con los proyectos aplicados por otras empresas mineras a nivel nacional y extranjero.
- El Perú tiene potencial minero para la inversión nacional y extranjera.
- El Perú es uno de los mayores productores de cobre en el mundo.
- La minería es una de las actividades que genera impacto positivo en la economía del país, mayor empleabilidad.

(iv) Amenazas

- Existen productos sustitutos para metales como el oro.
- El precio del oro puede disminuir, ya que su valor depende del mercado.
- Posibles conflictos sociales por parte de las comunidades de influencia directa a la operación minera.

- Fuga de talentos hacia otras empresas mineras, nacionales o extranjera con mayor atractivo económico y de desarrollo.
- Políticas deficientes por parte de los entes reguladores en la aprobación de permisos para empresas minera, procesos lentos.
- Centros mineros ubicados en zonas rurales, que dificulta el acceso a servicios básicos.
- Aversión a la minería por parte de los pobladores de la región, producto de la corrupción de los gobiernos locales y regionales.

Tabla 4
Matriz de Confrontación de Factores Externos

ITEM	OPORTUNIDADES	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	VALOR	PESO EFE
O1	Precios del oro en tendencia alcista		1	1	1	1	1	1	6	10%
O2	Nuevas tecnologías para la automatización de procesos	0		0	1	1	1	1	4	7%
O3	Formación de alianzas estratégicas con otras empresas mineras	0	1		1	1	1	1	5	9%
O4	Benchmarking con los proyectos aplicados por otras empresas mineras	0	0	0		1	1	1	3	5%
O5	El Perú tiene potencial minero para la inversión nacional y extranjera	0	0	1	1		0	1	3	5%
O6	El Perú es uno de los mayores productores de cobre en el mundo	0	1	0	1	1		1	4	7%
O7	La minería genera más puestos de trabajo en el país	0	0	1	1	1	1		4	7%
ITEM	AMENAZAS	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	VALOR	PESO EFE
A1	Productos sustitutos para el oro		0	0	0	1	1	0	2	3%
A2	El precio del oro puede disminuir, ya que su valor depende del mercado	1		1	1	1	1	1	6	10%
A3	Conflictos sociales, por parte de las comunidades de influencia directa	1	1		1	1	1	1	6	10%
A4	Fuga de talentos hacia otras empresas mineras, nacionales o extranjeras	1	0	0		0	1	1	3	5%
A5	Políticas deficientes por parte de los entes reguladores	1	1	1	1		1	1	6	10%
A6	Minas ubicadas en zonas rurales, que dificulta el acceso a servicios básicos	0	0	0	1	1		1	3	5%
A7	Aversión a la minería por parte de los pobladores de la región	0	0	0	1	1	1		3	5%
TOTAL										58

Fuente: La empresa

Elaboración: Propia

Posteriormente se procede a elaborar la Tabla 4, Matriz de confrontación de factores externo y la Tabla 5 Matriz de evaluación de factores externos – MEFE, donde se obtiene el valor total correspondiente a cada oportunidad y amenaza.

De la Tabla 5 se observa que la puntuación de la matriz EFE es 2.55, este valor indica que la empresa minera es fuerte a nivel externo.

Tabla 5

Matriz de Evaluación de Factores Externos – MEFE

FACTORES	VALOR
Amenaza Mayor	1
Amenaza Menor	2
Oportunidad Menor	3
Oportunidad Mayor	4

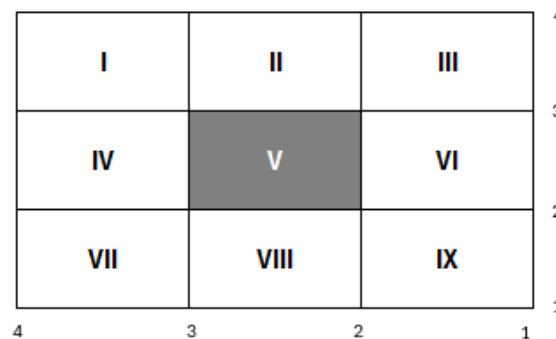
ITEM	FACTORES EXTERNOS CLAVES	PESO EFE	CALIFICACIÓN	VALOR PONDERADO
	OPORTUNIDADES			
O1	Precios del oro en tendencia alcista	10%	4	0.41
O2	Nuevas tecnologías para la automatización de procesos	7%	4	0.28
O3	Formación de alianzas estratégicas con otras empresas mineras	9%	4	0.34
O4	Benchmarking con los proyectos aplicados por otras empresas mineras	5%	3	0.16
O5	El Perú tiene potencial minero para la inversión nacional y extranjera	5%	3	0.16
O6	El Perú es uno de los mayores productores de cobre en el mundo	7%	3	0.21
O7	La minería genera más puestos de trabajo en el país	7%	3	0.21
SUBTOTAL		50%		1.76
ITEM	FACTORES EXTERNOS CLAVES	PESO EFE	CALIFICACIÓN	VALOR PONDERADO
	AMENAZAS			
A1	Productos sustitutos para el oro	3%	2	0.07
A2	El precio del oro puede disminuir, ya que su valor depende del mercado	10%	2	0.21
A3	Conflictos sociales, por parte de las comunidades de influencia directa	10%	2	0.21
A4	Fuga de talentos hacia otras empresas mineras, nacionales o extranjeras	5%	1	0.05
A5	Políticas deficientes por parte de los entes reguladores	10%	1	0.10
A6	Minas ubicadas en zonas rurales, que dificulta el acceso a servicios básicos	5%	1	0.05
A7	Aversión a la minería por parte de los pobladores de la región	5%	2	0.10
SUBTOTAL		50%		0.79
TOTAL		100%		2.55

3.3.4.3 Matriz Interna – Externa

Después de obtener los valores ponderados correspondientes a las matrices EFI y EFE de 2.72 y 2.55 respectivamente. Se procede a elaborar la Tabla 6.

Matriz interna – externa que permite establecer las decisiones estratégicas, con la intersección de los valores ponderados se puede visualizar el cuadrante V, esto significa que la estrategia a seguir es: “CRECER Y CONSTRUIR”.

Tabla 6
Matriz Interna - Externa



3.3.5 Matriz FODA

Esta Matriz considera de manera vertical las fortalezas y debilidades y horizontalmente las oportunidades y amenazas, logrando obtener cuatro cuadrantes de estrategias denominadas FO, FA, DO, DA.

Para la obtención de estas estrategias se realiza el cruce entre las 7 fortalezas y 7 debilidades identificadas anteriormente, obteniéndose 49 estrategias, de las que se debe seleccionar 7 estrategias finales.

De igual manera se obtienen 7 estrategias finales FO, FA, DO, DA. Luego de este estudio de análisis de cruces se logra un total de 28 estrategias finales, de las cuales se deberán priorizar 7 estrategias vinculadas a las actividades de la empresa minera en estudio.

Las 7 estrategias que serán desglosadas deberán contar con responsables para de esta manera afrontar los inconvenientes identificados. En la Tabla 7 se presenta la matriz FODA.

Tabla 7

Matriz FODA

		OPORTUNIDADES		AMENAZAS	
		O1	Precios del oro en tendencia alcista	A1	Productos sustitutos para el oro
ANÁLISIS EXTERNO	O2	Nuevas tecnologías para la automatización de procesos	A2	El precio del oro puede disminuir, ya que su valor depende del mercado	
	O3	Formación de alianzas estratégicas con otras empresas mineras	A3	Conflictos sociales, por parte de las comunidades de influencia directa	
	O4	Benchmarking con los proyectos aplicados por otras empresas mineras	A4	Fuga de talentos hacia otras empresas mineras, nacionales o extranjeras	
	O5	El Perú tiene potencial minero para la inversión nacional y extranjera	A5	Políticas deficientes por parte de los entes reguladores	
	O6	El Perú es uno de los mayores productores de cobre en el mundo	A6	Minas ubicadas en zonas rurales, que dificulta el acceso a servicios básicos	
	O7	La minería genera más puestos de trabajo en el país	A7	Aversión a la minería por parte de los pobladores de la región	
	FO	ESTRATEGIAS FO - OFENSIVAS		ESTRATEGIAS FA - DEFENSIVAS	
ANÁLISIS INTERNO	F1	Solvencia económica para el desarrollo de sus operaciones	1	Invertir parte de las ganancias en aumentar la capacidad instalada de planta	1
	F2	Responsabilidad social con las comunidades	2	Realizar alianzas a largo plazo con proveedores, aprovechando la economía de escala y reduciendo precios	2
	F3	Infraestructura de la planta propia y en buen estado	3	Incentivar mayor participación de profesionales de las comunidades de influencia en puestos de confianza	3
	F4	Sistema de gestión ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001	4	Participar en conferencias a nivel nacional e internacional explicando la importancia del proyecto minero	4
	F5	Producto barras doré cumplen con los parámetros comerciales	5	Realizar y recibir pasantías o visitas técnicas a otros proyectos mineros	5
	F6	Proveedores nacionales y extranjeros	6	Realizar más obras por impuestos en las áreas de influencia directa para tener mayor impacto positivo	6
	F7	SAP para el control de operaciones	7	Utilizar SAP para alertas de control de costos	7
FORTALEZAS	DO	ESTRATEGIAS FO - ADAPTATIVAS		ESTRATEGIAS DA - SUPERVIVENCIA	
	D1	Conflictos por parte de las comunidades cercanas	1	Elaborar un cronograma sobre los proyectos que cubran las principales necesidades de las comunidades	1
	D2	Falta de personal capacitado en planta para el control de recursos	2	Elaborar un cronograma de actividades de confraternidad de fines de mes	2
	D3	Falta de un sistema de control de costos	3	Diseñar un sistema de costeo por procesos para el control de costos de la planta beneficiaria	3
	D4	Formación de sindicatos por parte de los trabajadores	4	Elaborar un cronograma de capacitación al personal acerca de los beneficios que brinda la mina	4
	D5	Falta de capacitación en control de costos	5	Elaborar un programa de capacitación sobre control de costos al personal encargado de cada área	5
	D6	Procesos repetitivos que necesitan automatizarse	6	Elaborar un plan de adaptación de nuevas tecnologías aplicables a la operación minera	6
DEBILIDADES	D7	Falta de restricción para el control de suministros en el SAP	7	Mejorar el sistema de control y restricciones del SAP, tal que exista un control de menor plazo para los recursos	7

Fuente: La empresa

Elaboración: Propia

3.3.6. Objetivos Estratégicos

De las 28 estrategias obtenidas FO, FA, DO y DA, se selecciona 7 estrategias relevantes que influyen directamente en las actividades de toda la organización.

Tabla 8

Objetivos Estratégicos

Nº	OBJETIVOS ESTRATÉGICOS	RESPONSABLE
1	Invertir parte de las ganancias en aumentar la capacidad instalada de planta	Gerente General
2	Participar en conferencias a nivel nacional e internacional explicando la importancia del proyecto minero	Gerente General
3	Elaborar un cronograma sobre los proyectos que cubran las principales necesidades de las comunidades	Superintendente de Asuntos Sociales
4	Diseñar un sistema de costeo por procesos para el control de costos de la planta de beneficio	Jefe de Costos y Presupuestos
5	Elaborar un plan de adaptación de nuevas tecnologías aplicables a la operación minera	Jefe de TIC
6	Realizar premiación a los proyectos presentados en el año, brindando becas u otros incentivos para promover la innovación	Superintendente de RR.HH
7	Capacitar mensualmente al personal de planta sobre el control de recursos y el impacto positivo que genera	Superintendente de Planta

Fuente: La empresa

Elaboración: Propia

3.4 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Durante los años 2023 y 2024 según la Tabla 9 los costos de la planta de beneficio carecen de trazabilidad es decir elevada desviación, consecuencia de la ausencia de una metodología estructurada para el control de costos asociadas a suministros, mano de obra y otros recursos, lo que complica la toma de decisiones estratégicas. Asimismo, a la planta de beneficio le falta un sistema adecuado que permita asignar costos con precisión a cada etapa del proceso, lo que genera dificultades para identificar áreas de ineficiencia o sobrecostos.

Tabla 9

Costos de la Planta de Beneficio años 2023-2024

ELEMENTOS DE COSTO	2023				2024			
	EJECUTADO	PRESUPUESTADO	VAR	VAR%	EJECUTADO	PRESUPUESTADO	VAR	VAR%
PLANTA								
ENERGIA	3,188	3,019	168	6%	3,087	2,526	561	22%
MANO DE OBRA	2,454	2,664	-211	-8%	2,247	1,837	410	22%
SUMINISTROS	14,066	11,494	2,573	22%	10,784	10,025	758	8%
TERCIEROS	3,340	2,811	529	19%	3,643	3,349	293	9%
TOTAL US\$ (000)	23,048	19,988	3,060	15%	19,760	17,738	2,022	11%

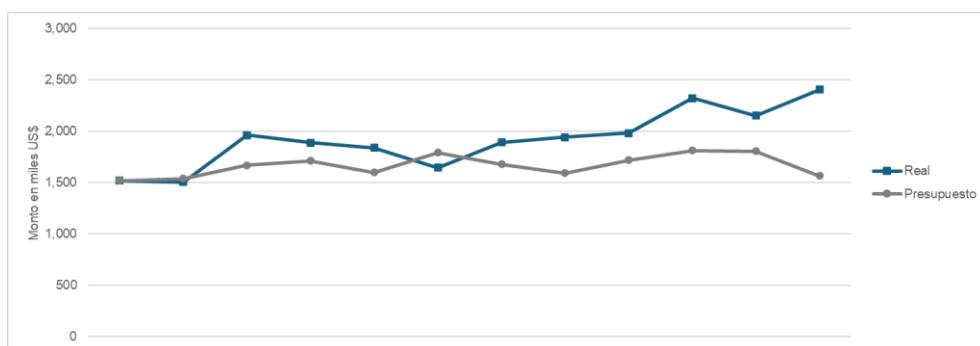
Fuente: La empresa

Elaboración: Propia

En la Figura 6 se puede observar la tendencia de los costos de la planta de beneficio para el 2023 que incluyen los elementos de costos: en energía, mano de obra, suministros y terceros. Se puede notar la variación de los costos reales respecto a los presupuestados, como variación total del 2023 resulta 15% superior lo ejecutado a lo presupuestado equivalentes a US\$ 3M.

Figura 6

Tendencia de Costos de la Planta de Beneficio en 2023



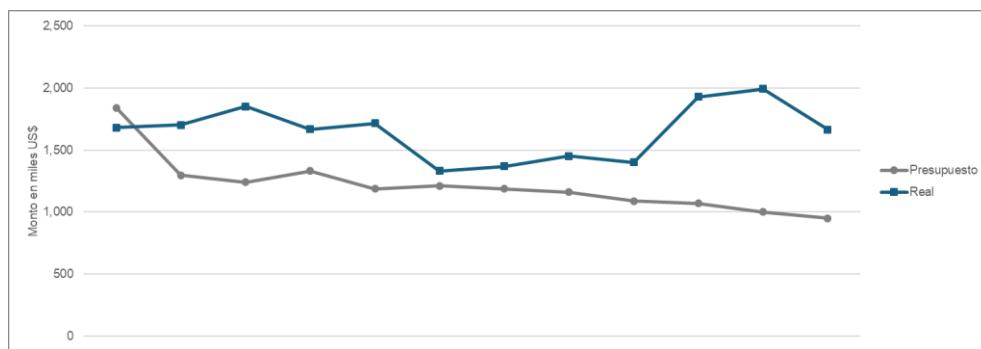
Fuente: La empresa

Elaboración: Propia

En la Figura 7 se puede observar la tendencia de los costos de la planta de beneficio para el 2024 que incluyen los elementos de costos: en energía, mano de obra, suministros y terceros. Se puede notar la variación de los costos reales respecto a los presupuestados, como variación total del 2024 resulta 11% superior lo ejecutado a lo presupuestado equivalente a US\$ 2M.

Figura 7

Tendencia de Costos de la Planta de Beneficio en 2024



Fuente: La empresa

Elaboración: Propia

3.5 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA CENTRAL

En el proceso de obtención de la barra doré en la planta de beneficio de la compañía minera se presenta falta de precisión en la asignación de los costos y su limitada trazabilidad respecto a lo presupuestado, que recae en un deficiente control de costos y toma de decisiones, teniendo un impacto negativo en la rentabilidad de la empresa; por tal motivo, se

utilizarán las herramientas “5W + 1 H” y el Diagrama de Ishikawa para definir el problema central de la empresa, para lo cual se realizarán las siguientes preguntas, mostradas en la Tabla 10.

Tabla 10

Herramientas "5W+H"

5W + 1H	DESCRIPCIÓN
What? ¿Qué?	Limitada trazabilidad en los costos y falta de precisión en su asignación
When? ¿Cuándo?	Los últimos dos años 2023 y 2024
Who? ¿Quién?	Gerente General, Superintendente de planta, Jefe de Planta Procesos, Jefe de ADR
Where? ¿Dónde?	En la planta de beneficio de una empresa minera a tajo abierto productora de barras doré
Why? ¿Por qué?	Las causas probables son: Carece de un sistema de costeo, falta de capacitación en el control de costos, etc.
How? ¿Cómo?	Deficiente control de costos en la planta de beneficio, manejo de KPIs para medición de la eficiencia de los procesos en planta, automatización de procesos, etc.

Fuente: La empresa

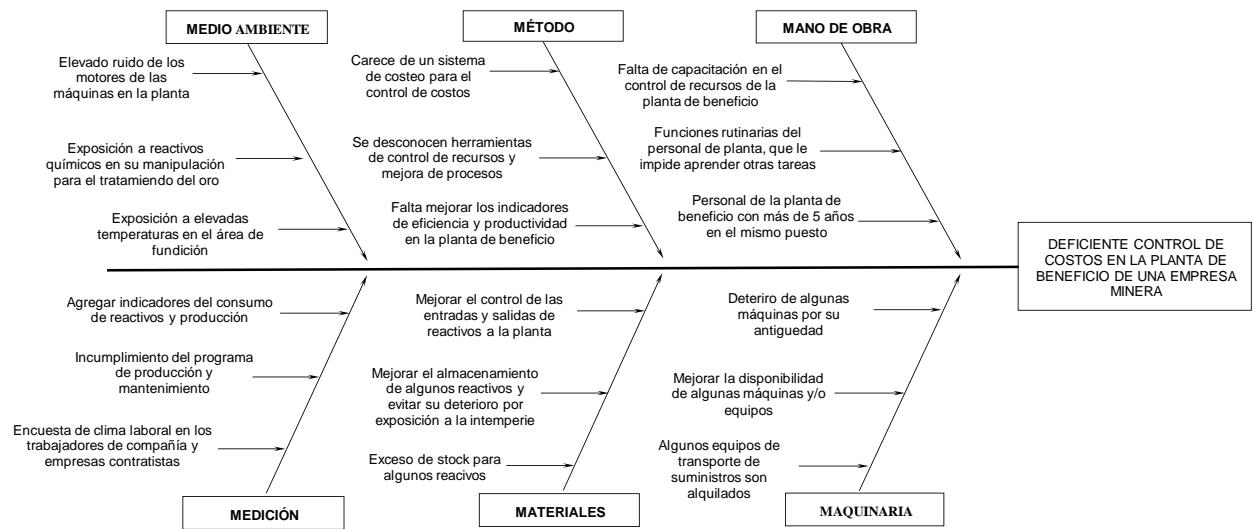
Elaboración: Propia

3.6 CAUSA Y EFECTO - ISHIKAWA

Para definir el problema central es necesario realizar el diagrama de causa y efecto de Ishikawa, destacando las causas que se generan en el proceso productivo. Como se puede apreciar en la Figura 8.

Figura 8

Diagrama de Ishikawa



Fuente: La empresa

Elaboración: Propia

3.7 PROBLEMA CENTRAL

Deficiente control de costos en la planta de beneficio de una empresa minera.

3.8 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Después de identificar el problema principal de la empresa minera se procede a definir las principales alternativas de solución:

- Alternativa 1: Diseñar un sistema de costeo absorbente o tradicional para mejorar el control de costos en la planta de beneficio de una empresa minera.

- Alternativa 2: Diseñar un sistema de costeo por procesos para mejorar el control de costos en la planta de beneficio de una empresa minera.
- Alternativa 3: Diseñar un sistema de costeo por órdenes de trabajo para mejorar el control de costos en la planta de beneficio de una empresa minera.
- Alternativa 4: Diseñar un sistema de costeo ABC para mejorar el control de costos en la planta de beneficio de una empresa minera.

3.9 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Para la selección de la mejor alternativa se realizará las evaluaciones cualitativa y cuantitativa. Los factores considerados para evaluar las alternativas fueron adaptados de (Horngren, 2012) y (Avolio Alecchi, 2018).

- F1: Medir los ingresos y los activos
- F2: Brindar información para decisiones económicas
- F3: Motivar a los gerentes y otros empleados
- F4: Información para varios propósitos
- F5: Flexibilidad y confiabilidad

3.9.1 Evaluación Cualitativa

Para realizar la evaluación cualitativa es necesario elaborar la matriz en donde se analiza aspectos como: ventajas, desventajas, fortalezas,

debilidades, oportunidades y amenazas, para cada una de las 4 alternativas, que se visualiza en la Tabla 11, luego se elegirá la alternativa que presente mejores condiciones.

Tabla 11
Matriz de Evaluación Cualitativa de las Alternativas

ITEM	ASPECTOS	1. Sistema de costeo absorbente o tradicional	2. Sistema de costeo por procesos	3. Sistema de costeo por órdenes de trabajo	4. Sistema de Costeo ABC
1	VENTAJAS	Refleja todos los costos referidos al producto Útil para evaluar rentabilidad a largo plazo Facilita la fijación de precios	Adecuado para industrias con producción continua Fácil para sistemas de producción estandarizados Facilidad en la comparación de costos	Permite conocer el costo específico de cada período Facilita la identificación de rentabilidad unitaria por producto o servicio Facilita la fijación de precio de cada producto o servicio	Asigna costos con mayor eficacia por actividades Permite identificar actividades productivas y optimiza recursos Recomendada para empresas con inversiones en manejo de datos
2	DESVENTAJAS	Dificultad para discernir entre costos fijo y variable Menos eficiente para la toma de decisiones a corto plazo	Inadecuado para productos únicos e irrepetibles Recomendado para empresas estandarizadas Inadecuado para producciones personalizadas	Dificultad para empresas con alta variedad de productos Inadecuado para empresas de alta estandarización Dificultad en la asignación de costos indirectos	Requiere inversión significativa Dificultad al implementar en grandes organizaciones Deficiente para empresas que presenta un solo producto
3	FORTALEZAS	Cumplimiento normativo contable Sencillez en su implementación Análisis global de costos	Simplicidad en su diseño e implementación Adecuado para producciones en masa como en minería Eficiencia en la asignación de costos	Control y seguimiento detallado de los recursos utilizados Mejora la competitividad, permitiendo establecer precios basados en datos precisos	Distribución de los costos indirectos hacia los productos por medio de inductores Útil para llevar a cabo análisis de costos estratégicos Identificación de actividades no rentables
4	DEBILIDADES	Inadecuado para producción muy fluctuante Poco útil para decisiones estratégicas Deficiente para el control de costos fijos	Presenta limitación en operaciones complejas con muchos productos Dificultad con la distribución de costos indirectos Posible riesgo en la subestimación de costos ocultos	Requiere de seguimiento detallado de los costos, que puede consumir mucho tiempo Inadecuado para empresas que producen grandes volúmenes de productos homogéneos La precisión del sistema depende de los registros detallados	Implementación costosa y compleja Recolección intensiva de datos Dificultad en la identificación de actividades
5	OPORTUNIDADES	Aplicación en diferentes industrias	Estandarización de procesos Mejor control de costos Adaptación a mercados globales, proporcionando costos unitarios precisos	Facilita la toma de decisiones evaluando la rentabilidad de cada orden de trabajo	Fomenta la mejora continua Mejora la competitividad
6	AMENAZAS	Riesgo de sobrecoste	Posible resistencia al cambio	Posible resistencia al cambio	Posible resistencia al cambio De difícil comprensión por todo el personal

Fuente: La empresa

Elaboración: Propia

La Tabla 11 contiene la evaluación de las 4 alternativas de solución, en dichos aspectos se ha considerado que la solución más factible es la alternativa 2, ya que el sistema de costeo por procesos se ajusta más a las necesidades de la planta de beneficio de la empresa minera y tiene más atributos positivos que los otros 3 sistemas restantes.

3.9.2 Evaluación Cuantitativa

Para la evaluación cuantitativa es necesario la elaboración de la matriz de confrontación de factores mostrada en la Tabla 12, considerando además las características del proceso de producción de la empresa minera.

Tabla 12

Matriz de Confrontación de Factores

ITEM	FACTORES	F1	F2	F3	F4	F5	VALOR	PESO
F1	Medir los ingresos y los activos		1	1	1	1	4	24%
F2	Brindar información para decisiones económicas	1		1	1	1	4	24%
F3	Motivar a los gerentes y empleados	0	1		1	1	3	18%
F4	Información para varios propósitos	1	1	1		1	4	24%
F5	Flexibilidad y confiabilidad	0	0	1	1		2	12%
TOTAL							17	100%

Fuente: La empresa

Elaboración: Propia

En la tabla mostrada, se obtiene las ponderaciones de los factores relevantes, se puede observar que los factores más importantes son: El bajo costo de diseño y generación de mejora de procesos.

Posteriormente se elaboró la Matriz de evaluación de alternativas, donde los factores y la ponderación se obtuvieron en la Tabla 13. Después se estructuró la tabla de valoración que se usará para calificar a cada una de las alternativas.

Tabla 13

Matriz de Evaluación de Alternativas

CRITERIO	CALIFICACIÓN
Excelente	5
Muy Bueno	4
Bueno	3
Regular	2
Deficiente	1

Luego de realizar la evaluación cuantitativa y ponderación final, se elegirá la opción que tiene mayor puntuación. Se observa que la alternativa 2 supera a las demás con un valor de 5.25.

Tabla 14

Matriz de evaluación Cuantitativa de las Alternativas

ITEM	FACTORES	PESO	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3		ALTERNATIVA 4	
			VALOR	PUNT.	VALOR	PUNT.	VALOR	PUNT.	VALOR	PUNT.
F1	Medir los ingresos y los activos	25%	4	1.00	4	1.00	2	0.50	1	0.25
F2	Brindar información para decisiones económicas	25%	4	1.00	4	1.00	1	0.25	4	1.00
F3	Motivar a los gerentes y empleados	19%	1	0.19	4	0.75	3	0.56	4	0.75
F4	Información para varios propósitos	19%	3	0.56	5	0.94	2	0.38	5	0.94
F5	Flexibilidad y confiabilidad	13%	2	0.25	4	0.50	2	0.25	3	0.38
TOTAL		100%		3.00		4.19		1.94		3.31

Fuente: La empresa

Elaboración: Propia

3.10 ELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

Al observar las evaluaciones cualitativa y cuantitativa se comprueba que las mejores características lo poseen la alternativa 2:

Sistema de costeo por procesos. En la matriz de evaluación de alternativas esta califica con el puntaje total de 4.19, por lo que se selecciona para ser usada en la presente tesis durante el proceso de Diseño de un sistema de costeo de costeo por procesos para el control de costos de la planta de beneficio de una empresa minera.

CAPITULO IV

DESARROLLO DE METODOLOGÍA

4.1 ETAPAS DEL DISEÑO DE SISTEMA DE COSTEO POR PROCESOS

El sistema de costos por procesos consta de cinco etapas, los que tienen un objetivo específico que se explican a continuación:

- Etapa de costeo I: Resumir el flujo de unidades físicas producidas.
- Etapa de costeo II: Calcular la producción en términos de unidades equivalentes.
- Etapa de costeo III: Resumir los costos totales por contabilizar.
- Etapa de costeo IV: Calcular el costo por unidad equivalente.
- Etapa de costeo V: Asignar los costos totales a las unidades terminadas y a las unidades que haya en el inventario final de productos en proceso.

Estos pasos servirán para el diseño del sistema de costeo por procesos para la planta de beneficio de la empresa minera a tajo abierto. En la etapa

I se considera las unidades físicas producidas las que pueden estar completas o incompletas. La etapa II se refiere al cálculo de unidades equivalentes, las cuales se derivan de las unidades producidas que consideran la cantidad de cada insumo en las unidades terminadas y en las unidades no terminadas de productos en proceso y convierten la cantidad de insumos en el monto de las unidades producidas terminadas que se obtuvieron con dicha cantidad, siendo un porcentaje de avance respecto al cien por ciento en cada departamento.

La etapa III contiene el resumen de los costos totales por contabilizar, esto dependerá si se considera inventario inicial el cual se adicionará a los costos agregados en un periodo determinado: materiales directos y costos de conversión.

En la etapa IV se diseña el cálculo de costo por unidad equivalente de forma separada para cada elemento de costo: materiales directos y costos de conversión dividiendo entre la cantidad relacionada a unidades equivalentes del trabajo realizado en el periodo analizado.

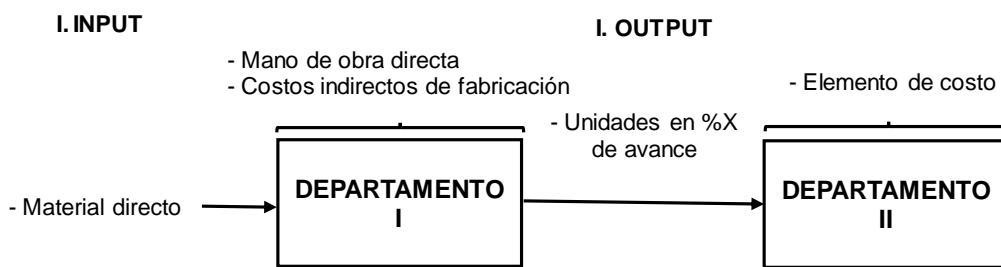
En la etapa V se asigna los costos a las unidades terminadas y transferidas, y a las unidades que todavía se encuentran en proceso al final del periodo. El resultado es la asignación de cantidad en unidades monetarias a las unidades de producción equivalente para los materiales directos y costos de conversión.

4.2 FLUJO GENERAL DEL PROCESO DE COSTEO POR PROCESOS

El flujo general del proceso de costeo por procesos se ordenó en las cinco etapas consideradas en el acápite anterior, estos procesos son consecutivos, ya que la información de salida de un proceso se utiliza como input para el siguiente, como se aprecia en la Figura 9, los materiales directos se agregan al inicio de cada proceso y los costos de conversión se agregan uniformemente durante el proceso como output se transfieren unidades a un determinado porcentaje de avance.

Figura 9

Flujo General del Proceso de Costeo por Proceso

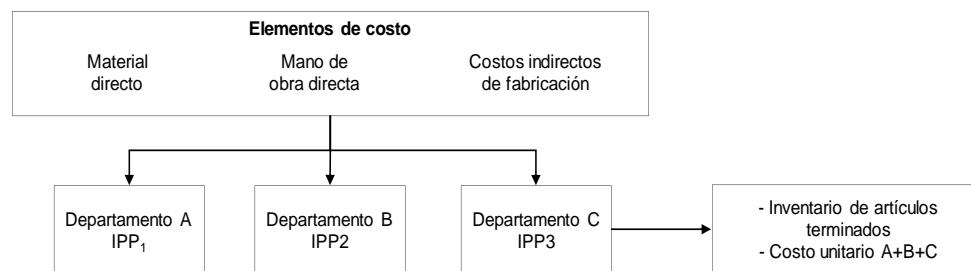


Elaboración: Propia

Asimismo, se puede notar en la Figura 10 los tres elementos del costo de un producto se acumulan de acuerdo con el departamento. Las cuentas individuales de inventario de productos en proceso se establecen para cada departamento y se cargan con los costos incurridos en el

procesamiento de las unidades a través de ellas, al terminar el proceso, el costo del inventario de trabajo en proceso en el último departamento se transfiere a inventario de artículos terminados.

Figura 10
Esquema de Sistema de Costeo por Proceso



IPP = Inventario de productos en proceso

Elaboración: Propia

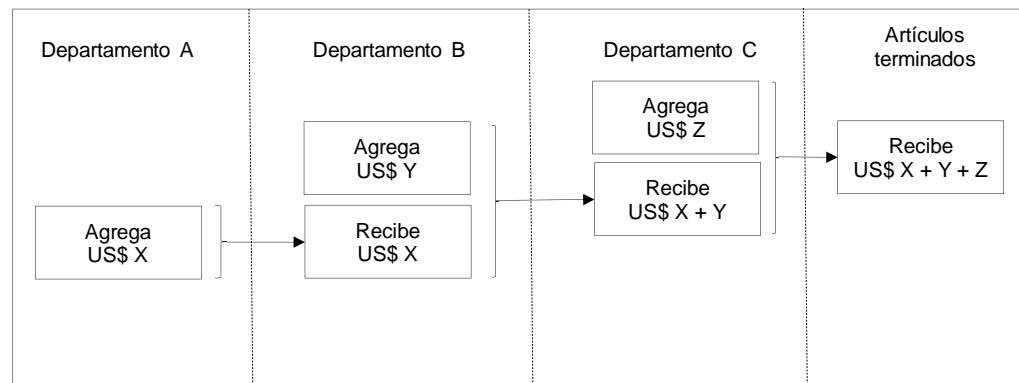
4.3 ACUMULACIÓN DE COSTOS EN UN SISTEMA DE COSTEO POR PROCESOS

En la Figura 11 se observa la acumulación de costos desde el primer departamento hasta el último. Se puede visualizar que el costo unitario se incrementa a medida que las unidades fluyen a través de cada departamento, sin embargo, el costo unitario puede disminuir cuando las unidades pasan por un departamento y se agrega más volumen al nuevo producto. Al final del ciclo se obtiene una cantidad de artículo terminado

con un determinado costo unitario producto de la acumulación de costos de todos los departamentos considerados en el proceso.

Figura 11

Acumulación de Costos en un Sistema de Costeo por Procesos



Nota. Adaptado de Polimeni et al,1993

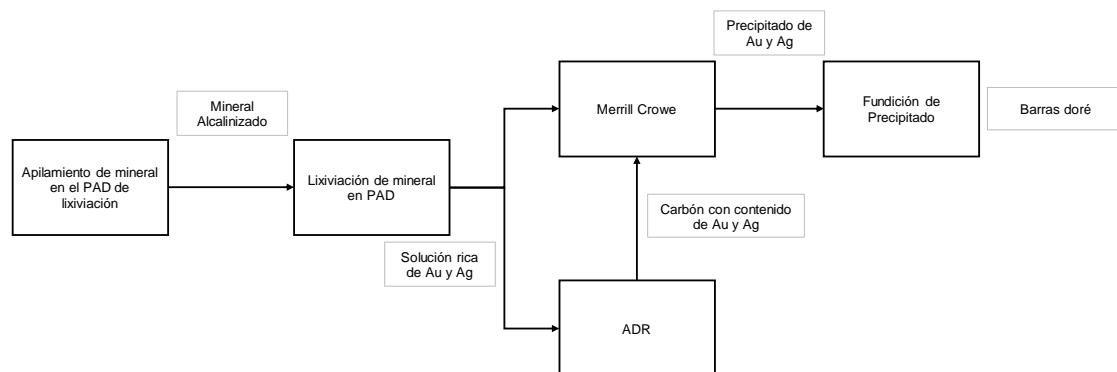
Elaboración: Propia

4.4 ESQUEMA GLOBAL DE INSUMO - PRODUCTO:

En la Figura 12 se presenta un esquema global de insumo - producto para los cinco procesos de la planta de beneficio en el que se muestra como salida el producto de cada proceso hasta la obtención de la barra doré. Se presentan los procesos en secuencia: apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación, lixiviación de mineral en PAD, ADR, Merrill Crowe y fundición de precipitado. En el esquema se resalta los productos obtenidos de cada proceso, en el apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación se obtiene mineral alcalinizado con contenido de onzas, en el proceso de

lixiviación de mineral en PAD resulta solución rica de oro y plata, en ADR se obtiene carbón rico con contenido de oro y plata, en fundición de precipitado resulta finalmente la barra doré.

Figura 12
Esquema Global de producto de cada Proceso



Elaboración: Propia

4.5 ETAPAS DE COSTEO:

Para el proceso de diseño de costeo por procesos se seguirán las cinco etapas anteriormente detalladas y el método de valuación de inventarios utilizado será el método del promedio ponderado.

4.5.1 Etapa de costeo I: Resumir el flujo de unidades físicas producidas.

Esta primera etapa tiene como objetivo contabilizar el plan de unidades dentro y fuera de los departamentos para la valuación de inventarios se utilizará el método del promedio ponderado. Para el caso de

la planta de beneficio de la unidad minera está conformada por cinco procesos que constan en: Apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación, lixiviación de mineral en PAD, ADR, Merrill Crowe y fundición de precipitado (donde se obtiene la barra doré). Para los cuales se diseñará el flujo de producción:

4.5.1.1 Flujo de producción para el proceso: Apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación

El inicio del proceso de obtención de barras doré en la planta de beneficio empieza con el apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación. Para el diseño de la primera etapa (Flujo de producción) Tabla 15 se considera las unidades que iniciaron el proceso, unidades empezadas durante el periodo actual, unidades por contabilizar, unidades terminadas y transferidas durante el periodo actual, unidades de productos en proceso final, mermas en el proceso y unidades contabilizadas. El porcentaje de avance de los inventarios en proceso se determina según juicio de expertos (personal de planta). De manera similar es el diseño de la primera etapa para los cuatro procesos restantes.

Donde:

Unidades que iniciaron el proceso : Uip

Unidades empezadas durante el periodo : Uep

Unidades por contabilizar : Upc

Unidades transferidas al siguiente proceso	: Utp
Unidades finales en proceso	: Ufp
Mermas	: M
Unidades contabilizadas	: Uc

De los términos se tienen las siguientes ecuaciones que se representan en la Tabla 15

$$Uip + Uep = Upc$$

$$Utp + Ufp + M = Uc$$

Tabla 15

Flujo de Producción: Apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación

Proceso I	Unidades Físicas
Unidades que iniciaron el proceso	
Unidades empezadas durante el periodo	
Unidades por contabilizar:	
Unidades transferidas al siguiente proceso	
Unidades finales en proceso	
Mermas en el proceso	
Unidades contabilizadas	

Elaboración: Propia

4.5.1.2 Flujo de producción para el proceso: Lixiviación de mineral en PAD

Para el segundo proceso en el flujo de producción se considera las unidades recibidas del proceso de apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación, unidades contabilizadas, unidades transferidas al proceso de Merrill Crowe, unidades transferidas al proceso de ADR, mermas y

unidades finales en el proceso. Las mermas en el proceso son de aproximadamente 10% según las consultas realizadas al personal de planta. El porcentaje de avance de los inventarios en proceso se determina según juicio de expertos (personal de planta).

4.5.1.3 Flujo de producción para el proceso: ADR

El tercer proceso: ADR recibe unidades del proceso de Lixiviación de Mineral en PAD además se considera unidades contabilizadas, unidades transferidas al proceso de Merrill Crowe, mermas, unidades finales en el proceso. Las mermas en el proceso son de aproximadamente 4% según las consultas realizadas al personal de planta. El porcentaje de avance de los inventarios en proceso se determina según juicio de expertos (personal de planta).

4.5.1.4 Flujo de producción para el proceso: Merrill Crowe

Para cuarto proceso Merrill Crowe en el flujo de producción se considera las unidades recibidas del proceso de lixiviación de mineral en PAD y el proceso de ADR, unidades contabilizadas, unidades transferidas al proceso de fundición de precipitado, mermas y unidades finales en el proceso. Las mermas en el proceso son de aproximadamente 7% según las consultas realizadas al personal de planta. El porcentaje de avance de los inventarios en proceso se determina mediante juicio de expertos (personal de planta).

4.5.1.5 Flujo de producción para el proceso: Fundición de precipitado

Para el quinto y último proceso se considera unidades recibidas del proceso de Merrill Crowe, unidades contabilizadas, unidades transferidas a inventario de productos terminados, mermas y unidades finales en proceso. Las mermas en el proceso son de aproximadamente 1% según las consultas realizadas al personal de planta. El porcentaje de avance de los inventarios en proceso se determina mediante juicio de expertos (personal de planta).

4.5.2 Etapa de costeo II: Calcular la producción en término de unidades equivalentes.

Para esta segunda etapa de costeo se considera el cálculo de la producción expresada en unidades equivalentes que se basa en la producción expresada como unidades terminadas. Las unidades equivalentes se calculan en forma separada para cada elemento de costo (material directo y costos de conversión), asimismo cada unidad terminada está compuesta de una unidad equivalente de cada insumo que se requiere para elaborarla.

4.5.2.1 Unidades equivalentes para el proceso: Apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación

Para el diseño del cálculo de unidades equivalentes del primer proceso mostrado en la Tabla 16 se utilizará la plantilla previa de la etapa

I, añadiendo la etapa II que considera los elementos de costos (material directo y costos de conversión: Mano de obra directa y costos indirectos de fabricación) y el grado de avance en el proceso para cada elemento de costo según corresponda. De manera similar es el diseño de la segunda etapa para los cuatro procesos restantes.

Tabla 16

Unidades Equivalentes: Apilamiento de mineral en el PAD de Lixiviación

Proceso I	Unidades Físicas	Etapa 2	
		Material directo	Unidades equivalentes
Unidades que iniciaron el proceso			
Unidades empezadas durante el periodo			
Unidades por contabilizar:			
Unidades transferidas al siguiente proceso			
Unidades finales en proceso (unidades x porcentaje de avance del elemento de costo)			
Mermas en el proceso			
Unidades contabilizadas			
Unidades equivalentes del trabajo realizado en el periodo actual			

Elaboración: Propia

4.5.2.2 Unidades equivalentes para el proceso: Lixiviación de mineral en PAD

Para el segundo proceso de Lixiviación de mineral en PAD en cuanto al diseño del cálculo las unidades equivalentes se consideran el grado de avance correspondiente a los elementos de costos (material directo y costos de conversión).

4.5.2.3 Unidades equivalentes para el proceso: ADR

Para el tercer proceso de ADR en cuanto al diseño del cálculo las unidades equivalentes se consideran el porcentaje de avance correspondiente a los elementos de costos (material directo y costos de conversión).

4.5.2.4 Unidades equivalentes para el proceso: Merrill Crowe

Para el cuarto proceso de Merrill Crowe en cuanto al diseño del cálculo las unidades equivalentes se consideran el porcentaje de avance correspondiente a los elementos de costos (material directo y costos de conversión).

4.5.2.5 Unidades equivalentes para el proceso: Fundición de precipitado

Para el último proceso de Fundición de precipitado en cuanto al diseño del cálculo las unidades equivalentes se consideran el porcentaje de avance correspondiente a los elementos de costos (material directo y costos de conversión).

4.5.3 Etapa de costeo III: Resumir los costos totales por contabilizar

Para el diseño de la etapa de costeo III se resume los costos totales por contabilizar para los que se considera los costos iniciales del periodo más los costos agregados durante el periodo actual. En los siguientes puntos se presenta el diseño del resumen de los costos totales por

contabilizar para los cinco procesos de la planta de beneficio de la empresa minera hasta la obtención de la barra doré.

4.5.3.1 Resumir los costos totales por contabilizar: Apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación

Para el primer proceso se considera la Figura 13 en la que se presenta el flujo de entradas y salidas de manera esquemática, considerando los elementos de costos, el mineral que ingresa y el mineral alcalinizado que resulta, así como el porcentaje de avance de producción del 20% al finalizar el proceso, producto del juicio de expertos que para el caso son los colaboradores que laboran para cada proceso.

Para resumir los costos totales por contabilizar del primer proceso referido al apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación de la Tabla 17 se considera como material directo el óxido de calcio, como mano de obra directa los operadores de planta, los costos indirectos de fabricación consideran al jefe de planta procesos, los jefes de turno para la supervisión de las actividades desarrolladas en el PAD de lixiviación y alquileres de los equipos utilizados dentro de los cuales se encuentran: cargador frontal, volquete, tractor de orugas, excavadora. De manera similar es el diseño de la tercera etapa para los cuatro procesos restantes.

Figura 13
Flujo de Entradas y Salidas del Proceso I

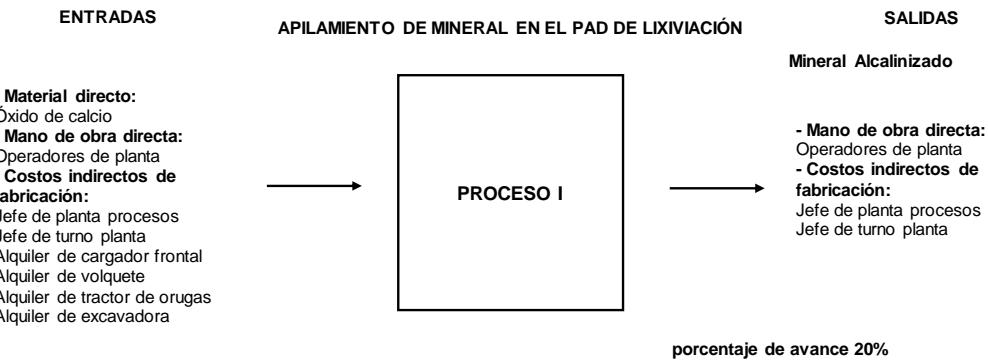


Tabla 17

Resumen de costos totales por contabilizar: Apilamiento de mineral en el PAD de Lixiviación

Proceso I	Costos totales	Material directo	Costos de conversión
Costos que iniciaron el proceso	A + B	A	B
Costos agregados por el proceso en el periodo actual (i) + (ii) + (iii)	C + D	C	D
<i>Materiales directos (i)</i>			
Óxido de calcio			
<i>Mano de obra directa (ii)</i>			
Operadores de planta			
<i>Costos indirectos de fabricación (iii)</i>			
Jefe de planta procesos			
Jefes de turno planta			
Alquiler de cargador frontal			
Alquiler de volquete			
Alquiler de tractor de orugas			
Alquiler de excavadora			
Total de costos por contabilizar	A+B+C+D	A + C	B + D

Elaboración: Propia

4.5.3.2 Resumir los costos totales por contabilizar: Lixiviación de mineral en PAD

Para el segundo proceso se considera como producto de salida a la solución rica con contenido de Au y Ag, el porcentaje de avance de producción es del 40% al finalizar el proceso, producto del juicio de expertos que para el caso son los colaboradores que laboran para cada proceso.

Para resumir los costos totales por contabilizar del segundo proceso de Lixiviación de mineral en PAD de lixiviación se considera como material directo el cianuro y antiincrustante como mano de obra directa los operadores de planta y como costos indirectos de fabricación el jefe de planta procesos, los jefes de turno para la supervisión de las actividades desarrolladas para la lixiviación de mineral en PAD, así como los operadores de planta, el sistema de goteo, sistema de aspersión, tuberías, energía eléctrica, depreciación de maquinaria y equipo como bombas e infraestructura como tanques de almacenamiento.

4.5.3.3 Resumir los costos totales por contabilizar: ADR

Para el tercer proceso se considera como producto de salida el carbón con contenido de Au y Ag, el porcentaje de avance de producción del 60% al finalizar el proceso, producto del juicio de expertos que para el caso son los colaboradores que laboran para cada proceso.

Para resumir los costos totales por contabilizar del cuarto proceso referido al ADR se considera como material directo carbón activado, soda cáustica, cianuro, antiincrustante, como mano de obra directa técnicos operadores y operadores de planta, como costos indirectos de fabricación el jefe de planta procesos, jefe de planta ADR, jefe de laboratorio, analistas de laboratorio, metalurgista, preparador de muestras, energía eléctrica, depreciación de maquinaria y equipo como bombas e infraestructura como intercambiadores de placas, tanque de solución strip, tanque de solución no clarificada, eductor, tolva de almacenamiento, entre otros.

4.5.3.4 Resumir los costos totales por contabilizar: Merrill Crowe

Para el cuarto proceso se considera como producto de salida el precipitado con contenido de Au y Ag, el porcentaje de avance de producción del 75% al finalizar el proceso, producto del juicio de expertos que para el caso son los colaboradores que laboran para cada proceso.

Para resumir los costos totales por contabilizar del tercer proceso de Merrill Crowe se considera como material directo polvo de zinc, diatomea como mano de obra directa técnicos operadores y operadores de planta, como costos indirectos de fabricación el jefe de planta procesos, jefes de turno planta, jefe de laboratorio, analistas de laboratorio, metalurgista, preparador de muestras, energía eléctrica, depreciación de

tanques de almacenamiento, filtros clarificadores, filtros prensa, tanque de solución barren.

4.5.3.5 Resumir los costos totales por contabilizar: Fundición de precipitado

Para el último proceso se tiene como producto final las barras doré, el porcentaje de avance de producción del 100% al finalizar el proceso en el que se obtiene como producto final las barras doré, producto del juicio de expertos que para el caso son los colaboradores que laboran para cada proceso. En este proceso se obtiene como subproducto las escorias que luego son vendidas según contenido de oro que contenga.

Para resumir los costos totales por contabilizar del quinto proceso referido a la fundición de precipitado en la que se obtiene como producto final las barras doré, se considera como material directo bórax, nitrato de potasio, carbonato de sodio, como mano de obra directa los fundidores, como costos indirectos de fabricación el jefe de planta procesos, jefe de laboratorio, analistas de laboratorio, energía eléctrica, depreciación de hornos retortas, ventilador, quemadores de petróleo, inyector centrífugo.

4.5.4 Etapa de costeo IV: Calcular el costo por unidad equivalente

Para la cuarta etapa de costeo se considera el diseño para calcular el costo por unidad equivalente en forma separada para materiales directos y para costos de conversión, para cada proceso realizado en la

planta de beneficio de la empresa minera del cual se obtiene como producto final la barra doré.

4.5.4.1 Calcular el costo por unidad equivalente: Apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación

Para el diseño del cálculo de costos por unidad equivalente del primer proceso referido al apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación, consideramos los campos de materiales directos y costos de conversión detallados en la anterior etapa y el campo relacionado a la cantidad de unidades equivalentes del trabajo realizado en el periodo actual mostrado en la Tabla 18. De manera similar es el diseño de la cuarta etapa para los cuatro procesos restantes.

Tabla 18

Cálculo del costo por unidad equivalente: Apilamiento de mineral en el PAD de Lixiviación

Proceso I	Unidades	Materiales Directos	Costos de Conversión	Costos totales	÷	Unidades Equivalentes	=	Costos unitario Equivalente
Costos que iniciaron el proceso								
Unidades que iniciaron el proceso								
Unidades empezadas durante el periodo								
Costos agregados por el proceso en el periodo actual (i) + (ii) + (iii)								
<i>Materiales directos (i)</i>								
<i>Oxido de calcio</i>								
<i>Mano de obra directa (ii)</i>								
<i>Operadores de planta</i>								
<i>Costos indirectos de fabricación (iii)</i>								
<i>Jefe de planta procesos</i>								
<i>Jefes de turno planta</i>								
<i>Alquiler de cargador frontal</i>								
<i>Alquiler de volquete</i>								
<i>Alquiler de tractor de orugas</i>								
<i>Alquiler de excavadora</i>								
Total de costos por contabilizar /costo por unidad equivalente								

Elaboración: Propia

4.5.4.2 Calcular el costo por unidad equivalente: Lixiviación de mineral en PAD

Para el diseño del cálculo de costos por unidad equivalente del segundo proceso referido a la lixiviación de mineral en PAD, consideramos los campos de materiales directos y costos de conversión detallados en la anterior etapa y el campo relacionado a la cantidad de unidades equivalentes del trabajo realizado en el periodo actual.

4.5.4.3 Calcular el costo por unidad equivalente: ADR

Para el diseño del cálculo de costos por unidad equivalente del tercer proceso referido al ADR, consideramos los campos de materiales directos y costos de conversión detallados en la anterior etapa y el campo relacionado a la cantidad de unidades equivalentes del trabajo realizado en el periodo actual.

4.5.4.4 Calcular el costo por unidad equivalente: Merrill Crowe

Para el diseño del cálculo de costos por unidad equivalente del cuarto proceso referido a Merrill Crowe, consideramos los campos de materiales directos y costos de conversión detallados en la anterior etapa y el campo relacionado a la cantidad de unidades equivalentes del trabajo realizado en el periodo actual.

4.5.4.5 Calcular el costo por unidad equivalente: Fundición de precipitado

Para el diseño del cálculo de costos por unidad equivalente del quinto proceso referido a la Fundición de precipitado, consideramos los campos de materiales directos y costos de conversión detallados en la anterior etapa y el campo relacionado a la cantidad de unidades equivalentes del trabajo realizado en el periodo actual.

4.5.5 Etapa de costeo V: Asignar los costos totales a las unidades terminadas y a las unidades que haya en el inventario final de productos en proceso

Para el diseño de la etapa cinco se considera la asignación de los costos totales a las unidades terminadas y las unidades que haya en el inventario final de productos en proceso. En esta etapa se diseña el formato en las que se asigna costos a las unidades terminadas y transferidas y a las unidades que aún están en proceso al final del periodo. El diseño soporta la asignación de cantidad en dólares a las unidades de producción equivalente para los materiales directos y para los costos de conversión.

4.5.5.1 Asignación de costos totales: Apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación

Para el diseño de la asignación de costos totales del primer proceso referido al apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación, consideramos

los campos de materiales directos y costos de conversión detallados, asimismo consideramos las unidades equivalentes terminadas y transferidas al proceso de Lixiviación de mineral en PAD, calculadas en la Etapa II y el costo unitario equivalente diseñado en la Etapa III, con lo que resulta el total de costos de producción de la primera columna de la Tabla 19, también se consideran las unidades equivalentes en el inventario final de productos en proceso de la Etapa II del diseño. De manera similar es el diseño de la quinta etapa para los cuatro procesos restantes.

Tabla 19

Asignación de costos totales: Apilamiento de mineral en el PAD de Lixiviación

Proceso I	Costos totales	Costos Anteriores	Material directo	Costos de conversión
Asignación de costos totales				
Terminado y transferido al siguiente proceso (unidades equivalentes de la Etapa II* costo unitario equivalente de la Etapa IV)				
Productos finales en proceso (unidades equivalentes de la Etapa II* costo unitario equivalente de la Etapa IV)				
Mermas (unidades equivalentes de la Etapa II* costo unitario equivalente de la Etapa IV)				
Total de costos contabilizados				

Elaboración: Propia

4.5.5.2 Asignación de costos totales: Lixiviación de mineral en PAD

Para el diseño de la asignación de costos totales del segundo proceso referido a la lixiviación de mineral en PAD, consideramos los campos de materiales directos y costos de conversión detallados, asimismo consideramos las unidades equivalentes terminadas y transferidas al proceso de Merrill Crowe y ADR, calculadas en la Etapa II

y el costo unitario equivalente diseñado en la Etapa III, con lo que resulta el total de costos de producción, también se consideran las unidades equivalentes en el inventario final de productos en proceso de la Etapa II del diseño.

4.5.5.3 Asignación de costos: ADR

Para el diseño de la asignación de costos totales del cuarto proceso referido al ADR, consideramos los campos de materiales directos y costos de conversión detallados, asimismo consideramos las unidades equivalentes terminadas y transferidas al proceso de Merrill Crowe, calculadas en la Etapa II y el costo unitario equivalente diseñado en la Etapa III, con lo que resulta el total de costos de producción, también se consideran las unidades equivalentes en el inventario final de productos en proceso de la Etapa II del diseño.

4.5.5.4 Asignación de costos: Merrill Crowe

Para el diseño de la asignación de costos totales del tercer proceso referido al Merrill Crowe, consideramos los campos de materiales directos y costos de conversión detallados, asimismo consideramos las unidades equivalentes terminadas y transferidas al proceso de Fundición de precipitado, calculadas en la Etapa II y el costo unitario equivalente diseñado en la Etapa III, con lo que resulta el total de costos de producción,

también se consideran las unidades equivalentes en el inventario final de productos en proceso de la Etapa II del diseño.

4.5.5.5 Asignación de costos: Fundición de precipitado

Para el diseño de la asignación de costos totales del quinto proceso (final) referido a la fundición de precipitado en el que se obtiene la barra doré, consideramos los campos de materiales directos y costos de conversión detallados, asimismo consideramos las unidades equivalentes terminadas, calculadas en la Etapa II y el costo unitario equivalente diseñado en la Etapa III, con lo que resulta el total de costos de producción, asimismo también se consideran las unidades equivalentes en el inventario final de productos en proceso de la Etapa II del diseño.

CAPITULO V

PRUEBA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE COSTEO POR PROCESOS

En este apartado se realizará la prueba de cómo funciona el método de costeo por procesos diseñado para la planta de beneficio de la empresa minera aurífera a tajo abierto. Se aplicará los cinco pasos previamente descritos para cada proceso, así como el esquema global insumo producto. Los datos presentados son referenciales, la fuente es la empresa, para los valores de producción se trata de los productos en procesos y terminados de planta expresados en onzas de oro, y para los costos se trata de la base de datos recopilada del SAP en un mes determinado.

Asimismo, se presentará el control de costos actual el cual comprende clasificaciones de los costos en mano de obra, suministros, terceros, energía y depreciación, además de considerar un nivel de producción para un determinado periodo.

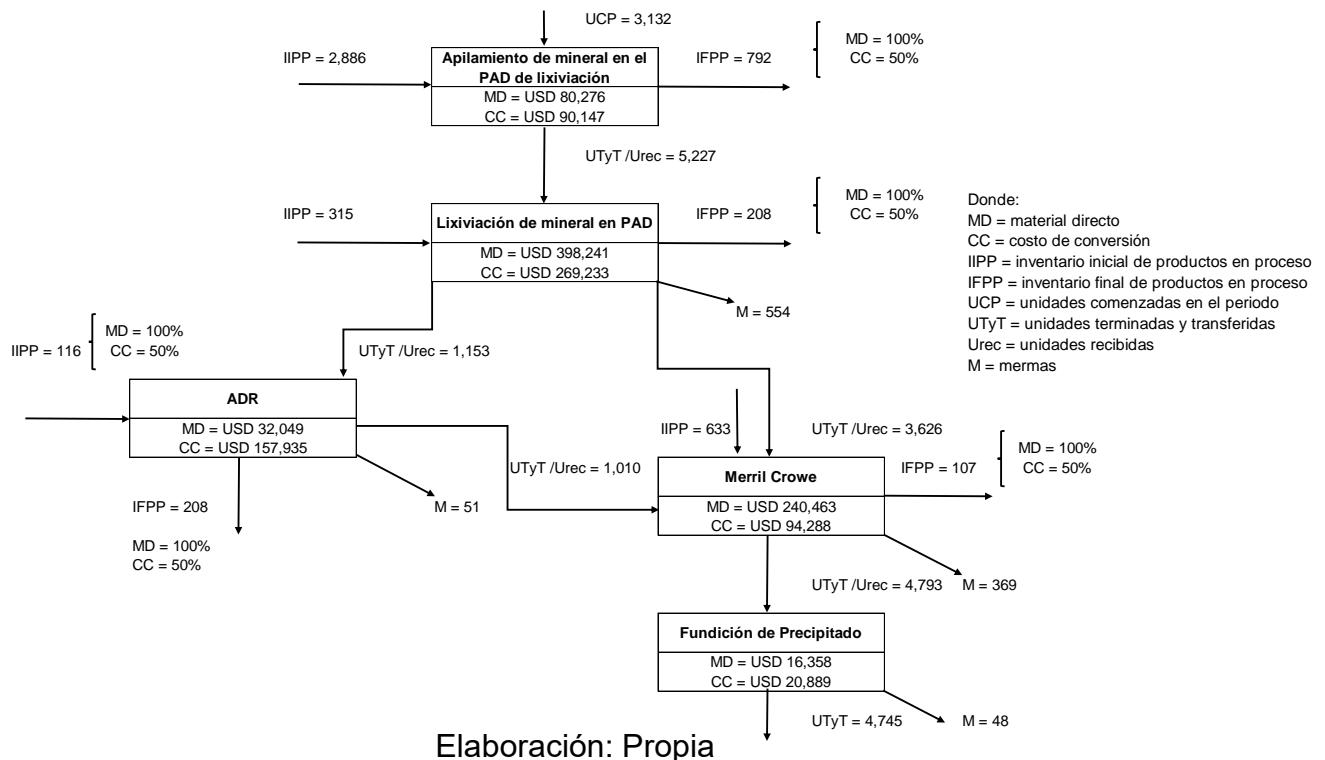
5.1 PRUEBA DE LAS ETAPAS DEL DISEÑO DE COSTEO POR PROCESOS

En la Figura 14 se muestra el esquema de producción del diseño de costeo por procesos que contiene valores físicos y monetarios de cada uno de los cinco procesos de la planta de beneficio.

Los cinco procesos: Apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación, Lixiviación de mineral en PAD, ADR, Merrill Crowe y fundición de precipitado se encuentran esquematizados con las respectivas entradas y salidas.

Figura 14

Esquema de Producción del Diseño de Costeo por Procesos



5.1.1 Prueba del diseño para el proceso I:

Para el proceso I de Apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación se aplicaron las cinco etapas de diseño de costeo por procesos, incluyendo las unidades monetarias obtenidas del SAP y la producción producto de los partes metalúrgicos del área de planta (los valores son referenciales).

Figura 15

Prueba del Diseño para el Proceso I

	Proceso I	Unidades Físicas	Etapa 1		Etapa 2	
			Unidades equivalentes	Material directo	Costos de conversión	Material directo
	Unidades que iniciaron el proceso	2,886				
	Unidades empezadas durante el periodo	3,132				
	Unidades por contabilizar:	6,018				
	Unidades transferidas al siguiente proceso	5,227	5,227	5,227		
	Unidades finales en proceso (100% ; 50%)	792	792	396		
	Mermas en el proceso					
	Unidades contabilizadas	6,018				
	Unidades equivalentes del trabajo realizado en el periodo actual (en Oz Au)		6,018		5,622	
Etapa 3	Proceso I	Costos totales	Costos Anteriores	Material directo	Costos de conversión	
	Costos que iniciaron el proceso	157,067	157,067	80,276	90,147	
	Costos agregados por el proceso en el periodo actual (i) + (ii) + (iii)	170,423		80,276	5,333	
	<i>Materiales directos (i)</i>			80,276	5,333	
	Óxido de calcio				84,813	
	<i>Mano de obra directa (ii)</i>				4,267	
Etapa 4	Operadores de planta				2,667	
	<i>Costos indirectos de fabricación (iii)</i>				17,700	
	Jefe de planta procesos				29,700	
	Jefes de turno planta				14,280	
	Alquiler de cargador frontal				16,200	
Etapa 5	Alquiler de volquete					
	Alquiler de tractor de orugas					
	Alquiler de excavadora					
	Total de costos por contabilizar (en USD)	327,490	157,067	80,276	90,147	
	Unidades Equivalentes (en Oz Au)		6,018	6,018	5,622	
	Costo por unidad equivalente (en USD/ Oz Au)		26.10	13.34	16.03	
	Asignación de costos totales					
	Terminado y transferido al siguiente proceso			69,718	83,801	
	Productos finales en proceso			10,558	6,345	
	Mermas					
	Total de costos contabilizados (en USD)	327,490	157,067	80,276	90,147	

Fuente: La Empresa

Elaboración: Propia

5.1.2 Prueba del diseño para el proceso II:

Para el proceso II de Lixiviación de mineral en PAD de lixiviación se aplicaron las cinco etapas de diseño de costeo por procesos, incluyendo las unidades monetarias obtenidas del SAP y la producción producto de los partes metalúrgicos del área de planta (los valores son referenciales).

Figura 16

Prueba del Diseño para el Proceso II

	Proceso II	Unidades Físicas	Etapa 1		Etapa 2	
			Material directo	Costos de conversión	Unidades equivalentes	Material directo
	Unidades que iniciaron el proceso	315				
	Unidades recibidas del proceso I	5,227				
	Unidades por contabilizar:	5,542				
	Unidades transferidas al proceso de Merrill Crowe	3,626	3,626	3,626		
	Unidades transferidas al proceso de ADR	1,153	1,153	1,153		
	Unidades finales en proceso (100%, 50%)	208	208	104		
	Mermas en Lixiviación de mineral en PAD	554				
	Unidades contabilizadas	5,542				
	Unidades equivalentes del trabajo realizado en el periodo actual (en Oz Au)				4,988	4,884
Etapa 3	Proceso II	Costos totales	Costos Anteriores	Material directo	Costos de conversión	
	Costos que iniciaron el proceso	40,241	40,241			
	Costos transferidos del proceso anterior	289,929	289,929			
	Costos agregados por el proceso en el periodo actual (i) + (ii) + (iii)	667,474		398,241		269,233
	<i>Materiales directos (i)</i>			398,241		
Etapa 4	<i>Cianuro</i>			396,087		
	<i>Antiincrustante</i>			2,155		
	<i>Mano de obra directa (ii)</i>					10,667
	<i>Operadores de planta</i>					10,667
	<i>Costos indirectos de fabricación (iii)</i>					258,566
Etapa 5	<i>Jefe de planta procesos</i>					4,267
	<i>Jefes de turno planta</i>					2,667
	<i>Sistema de goteo</i>					9,925
	<i>Sistema de aspersión</i>					4,962
	<i>Tuberías</i>					4,573
	<i>Energía eléctrica</i>					141,172
	<i>Depreciación</i>					91,000
	Total de costos por contabilizar (en USD)	997,645	330,171	398,241	269,233	
	Unidades Equivalentes (en Oz Au)			5,542	4,988	4,884
	Costo por unidad equivalente (en USD/ Oz Au)			59.58	79.85	55.13
	Asignación de costos totales					
	Terminado y transferido al proceso de Merrill Crowe			216,044	289,540	199,916
	Terminado y transferido al proceso de ADR			68,708	92,082	63,579
	Productos finales en proceso			12,401	16,620	5,738
	Mermas			33,017	-	-
	Total de costos contabilizados (en USD)	997,645	330,171	398,241	269,233	

Fuente: La Empresa

Elaboración: Propia

5.1.3 Prueba del diseño para el proceso III:

Para el proceso III de ADR se aplicaron las cinco etapas de diseño de costeo por procesos, incluyendo las unidades monetarias obtenidas del SAP y la producción producto de los partes metalúrgicos del área de planta (los valores son referenciales).

Figura 17

Prueba del Diseño para el Proceso III

	Proceso III	Etapa 1		Etapa 2	
		Unidades Físicas	Unidades equivalentes	Material directo	Costos de conversión
	Unidades que iniciaron el proceso	116			
	Unidades recibidas del proceso de Lixiviación de mineral en PAD	1,153			
	Unidades por contabilizar:	1,269			
	Unidades transferidas al proceso de Merrill Crowe	1,010	1,010	1,010	
	Unidades finales en proceso (100% ; 50%)	208	208	208	104
	Mermas en ADR	51			
	Unidades contabilizadas	1,269			
	Unidades equivalentes del trabajo realizado en el período actual (en USD)			1,218	1,114
Etapa 3	Proceso III	Costos totales	Costos Anteriores	Material directo	Costos de conversión
	Costos que iniciaron el proceso	19,065	19,065		
	Costos transferidos del proceso anterior	224,369	224,369		
Etapa 4	Costos agregados por el proceso en el período actual (i) + (ii) + (iii)	189,984			
	<i>Materiales directos (i)</i>			32,049	157,935
	Carbón activado			32,049	
	Soda caustica			9,136	
	Cianuro			11,524	
	Antiincrustante			2,283	
	<i>Mano de obra directa (ii)</i>			9,106	
	Técnicos operadores				9,600
	Operadores de planta				2,933
	<i>Costos indirectos de fabricación (iii)</i>				6,667
Etapa 5	Jefe de planta procesos				148,335
	Jefe de planta ADR				4,267
	Jefe de laboratorio				3,413
	Analistas de laboratorio				3,072
	Metalurgista				1,843
	Preparador de muestras				2,458
	Energía eléctrica				2,880
	Depreciación				54,838
	Total de costos por contabilizar (en USD)	433,419	243,434	32,049	157,935
	Unidades Equivalentes (en Oz Au)			1,269	1,218
	Costo por unidad equivalente (en USD/ Oz Au)			191.83	26.31
	Asignación de costos totales				
	Terminado y transferido al proceso de Merrill Crowe			193,767	143,182
	Productos finales en proceso			39,930	14,753
	Mermas			9,737	-
	Total de costos contabilizados (en USD)	433,419	243,434	32,049	157,935

Fuente: La Empresa

Elaboración: Propia

5.1.4 Prueba del diseño para el proceso IV:

Para el proceso IV de Merrill Crowe se aplicaron las cinco etapas de diseño de costeo por procesos, incluyendo las unidades monetarias obtenidas del SAP y la producción producto de los partes metalúrgicos del área de planta (los valores son referenciales).

Figura 18

Prueba del Diseño para el Proceso IV

	Proceso IV	Etapa 1		Etapa 2	
		Unidades Físicas	Material directo	Costos de conversión	Unidades equivalentes
	Unidades que iniciaron el proceso	633			
	Unidades recibidas del proceso de Lixiviación de mineral en PAD	3,626			
	Unidades recibidas del proceso de ADR	1,010			
	Unidades por contabilizar:	5,269			
	Unidades transferidas al proceso de Fundición de precipitado	4,793	4,793	4,793	
	Unidades finales en proceso (100% ; 50%)	107	107	53	
	Mermas en Merrill Crowe	369			
	Unidades contabilizadas	5,269	-		
	Unidades equivalentes del trabajo realizado en el periodo actual (en USD)		4,900		4,847
Etapa 3	Proceso IV	Costos totales	Costos Anteriores	Material directo	Costos de conversión
	Costos que iniciaron el proceso	294,556	294,556		
	Costos transferidos del proceso anterior II	705,500	705,500		
	Costos transferidos del proceso anterior III	363,522	363,522		
	Costos agregados por el proceso en el periodo actual (i) + (ii) + (iii)	334,750		240,463	94,288
	<i>Materiales directos (i)</i>			240,463	
	Polvo de Zinc			136,027	
	Diatomea			104,436	
	<i>Mano de obra directa (ii)</i>				8,267
	Operadores de planta				5,333
Etapa 4	Técnicos operadores				2,933
	<i>Costos indirectos de fabricación (iii)</i>				86,021
	Jefe de planta procesos				4,267
	Jefes de turno planta				3,413
	Jefe de laboratorio				3,072
Etapa 5	Analistas de laboratorio				1,843
	Metalurgista				2,458
	Preparador de muestras				2,880
	Energía eléctrica				37,365
	Depreciación				30,723
	Total de costos por contabilizar (en USD)	1,698,328	1,363,577	240,463	94,288
	Unidades Equivalentes (en Oz Au)		5,269	4,900	4,847
	Costo por unidad equivalente (en USD/Oz Au)			258.79	49.07
	Asignación de costos totales				19.45
	Terminado y transferido al proceso de Fundición de precipitado			1,240,464	235,217
	Productos finales en proceso			27,663	5,245
	Mermas			95,450	1,040
	Total de costos contabilizados (en USD)	1,698,328	1,363,577	240,463	94,288

Fuente: La Empresa

Elaboración: Propia

5.1.5 Prueba del diseño para el proceso V:

Para el proceso V de Fundición de precipitado se aplicaron las cinco etapas de diseño de costeo por procesos, incluyendo las unidades monetarias obtenidas del SAP y la producción producto de los partes metalúrgicos del área de planta (los valores son referenciales).

Figura 19

Prueba del Diseño para el Proceso V

	Proceso V	Unidades Físicas	Etapa 1		Etapa 2	
			Material directo	Costos de conversión	Unidades equivalentes	Material directo
	Unidades que iniciaron el proceso	-				
	Unidades recibidas del proceso de Merrill Crowe	4,793				
	Unidades por contabilizar:	4,793				
	Unidades transferidas al inventario de productos terminados	4,745	4,745	4,745		
	Unidades finales en proceso (100% ; 100%)	-				
	Mermas en Fundición de precipitado	48				
	Unidades contabilizadas	4,793				
	Unidades equivalentes del trabajo realizado en el periodo actual (en USD)		4,745	4,745		
Etapa 3	Proceso V	Costos totales	Costos Anteriores	Material directo	Costos de conversión	
	Costos que iniciaron el proceso	1,568,929	1,568,929	16,358	20,889	
	Costos transferidos del proceso anterior	37,247		16,358		
	Costos agregados por el proceso en el periodo actual (i) + (ii) + (iii)			5,248		
	<i>Materiales directos (i)</i>			194		
	<i>Borax</i>			2,631		
	<i>Nitrato de potasio</i>			8,285		
	<i>Carbonato de sodio</i>					
	<i>Petroleo</i>					
	Mano de obra directa (ii)					
Etapa 4	<i>Fundidores</i>					
	Costos indirectos de fabricación (iii)					
	<i>Jefe de planta procesos</i>					
	<i>Jefe de laboratorio</i>					
	<i>Analistas de laboratorio</i>					
	<i>Energía eléctrica</i>					
	<i>Depreciación</i>					
	Total de costos por contabilizar (en USD)	1,606,177	1,568,929	16,358	20,889	
	Unidades Equivalentes (en Oz Au)		4,793	4,745	4,745	
	Costo por unidad equivalente (en USD/Oz Au)		327.32	3.45	4.40	
Etapa 5	Asignación de costos totales					
	Terminado y transferido al proceso de Fundición de precipitado			16,358	20,889	
	Productos finales en proceso			-	-	
	Mermas			15,689		
	Total de costos contabilizados (en USD)	1,606,177	1,568,929	16,358	20,889	

Fuente: La Empresa

Elaboración: Propia

5.2 CONTROL ACTUAL DE COSTOS:

Actualmente el control de costos en la planta de beneficio de la empresa minera se realiza por rubro de gastos: mano de obra, suministros, terceros, energía y depreciación. En mano de obra está incluido la planilla de la mano de obra directa y la mano de obra indirecta para cada proceso, por ejemplo, los operadores de planta y los jefes de turno. En cuanto a suministros comprenden los materiales directos y los indirectos, por ejemplo, reactivos y tuberías. Dentro de la clasificación de terceros se encuentran los alquileres de equipos. Esta clasificación no tiene los elementos de costos para una correcta asignación, asimismo se ha detectado la carga de reactivos como el cianuro en procesos que no corresponden como apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación, tergiversando el análisis. Los otros dos rubros de clasificación son depreciación y energía. En la Figura 20, se muestra el control de costos el cual no cuenta con la trazabilidad respecto al presupuesto, presentando desviaciones respecto a lo presupuestado en cada proceso.

En la Figura 20 se muestra el control de costos de un determinado mes para cada proceso, clasificado según rubro de gasto: mano de obra, suministros, terceros, energía y depreciación. Las variaciones son respecto al presupuesto tanto en nominal como en porcentual. Los datos

considerados están relacionados a una producción del periodo de 4,745 oz de Au.

Figura 20

Control de Costos Actual

Apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación *Producción del periodo = 4,745 oz Au*

Rubro de Gasto	Real (A)	Presupuesto (B)	Variación (A) - (B)	Variación %
Mano de Obra	12,267	12,512	-245	-2%
Suministros	80,276	76,262	4,014	5%
Terceros	77,880	62,304	15,576	25%
Total USD	170,423	151,078	19,344	13%

Lixiviación de mineral en PAD

Rubro de Gasto	Real (A)	Presupuesto (B)	Variación (A) - (B)	Variación %
Mano de Obra	17,600	17,776	-176	-1%
Suministros	417,702	292,391	125,311	43%
Energía	141,172	105,879	35,293	33%
Depreciación	91,000	91,000	-	0%
Total USD	667,474	310,167	357,307	115%

ADR

Rubro de Gasto	Real (A)	Presupuesto (B)	Variación (A) - (B)	Variación %
Mano de Obra	27,533	27,808	-275	-1%
Suministros	32,049	31,408	641	2%
Energía	54,838	45,516	9,323	20%
Depreciación	75,564	75,564	-	0%
Total USD	189,984	59,216	130,768	221%

Merrill Crowe

Rubro de Gasto	Real (A)	Presupuesto (B)	Variación (A) - (B)	Variación %
Mano de Obra	26,199	27,509	-1,310	-5%
Suministros	240,463	228,440	12,023	5%
Energía	37,365	18,683	18,683	100%
Depreciación	30,723	30,723	-	0%
Total USD	334,750	255,949	78,801	31%

Fundición de precipitado

Rubro de Gasto	Real (A)	Presupuesto (B)	Variación (A) - (B)	Variación %
Mano de Obra	15,552	16,096	-544	-3%
Suministros	16,358	8,179	8,179	100%
Energía	3,246	3,896	-649	-17%
Depreciación	2,091	2,091	-	0%
Total USD	37,247	24,275	12,972	53%

Fuente: La Empresa

Elaboración: Propia

5.3 COMPARACIÓN DE COSTOS UNITARIOS ENTRE EL CONTROL ACTUAL Y EL DISEÑO DE COSTEO POR PROCESO

En este acápite se realizará la comparación en términos unitarios con la información de un determinado periodo de la empresa, se realizará el cálculo para cada una de las etapas como se visualiza en la Figura 21, en la primera columna se indica el control actual y en la segunda se considera el resultado con el diseño de costeo por procesos. En ambos casos se considera como producción final 4,745 oz de Au.

En el control actual se consideran los costos del mes para el cálculo de costo unitario por etapa divido entre la producción final del mes. Mientras que para el diseño de costeo por procesos si bien es cierto se obtiene la misma producción final.

Los diferentes procesos de la planta de beneficio transfieren cantidades diferentes para el cálculo del costo unitario por etapa, siendo la producción final la misma. Además, tener en cuenta que cada proceso cuenta con inventario inicial y costos asociados.

Figura 21

Comparación unitaria entre el método actual y el diseño de costeo por procesos

Nº	Proceso	Unitario \$/Oz Au		
		Control Actual	Por Procesos	Var
I	Apilamiento de mineral en el PAD de lixiviación	35.91	29.37	6.54
II	Lixiviación de mineral en PAD	140.66	134.98	5.68
III	ADR	40.04	168.06	-128.03
IV	Merrill Crowe	70.54	68.53	2.02
V	Fundición de precipitado	7.85	7.85	-

Fuente: La Empresa

Elaboración: Propia

CAPITULO VI

EVALUACIÓN ECONÓMICA

En este capítulo se presentará la evaluación económica de la solución óptima y la mejora propuesta por el diseño de costeo por procesos.

Para el diseño de costeo por procesos se necesita invertir en la capacitación de costos relacionado a minería, costo de un analista de costos y presupuestos (por mes) especializado en minería, costo del software Visio (licencia anual), útiles de oficina, viáticos, internet, celular. Costos detallados en la Figura 22. Considerando todos los recursos anteriormente mencionados, el costo del diseño resulta:

Figura 22

Inversión para el Diseño del Sistema de Costeo por Procesos

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
Diplomado en Costos y Finanzas para empresas Mineras	und	1	7,000	7,000
Analista de costos y presupuestos en minería	mes	6	8,000	48,000
Software visio	año	1	1,050	1,050
Útiles de oficina	mes	6	20	120
Laptop	und/mes	6	83	500
Viáticos	mes	6	100	600
Internet	mes	6	90	540
Celular	und/mes	6	30	180
Total en soles				57,990

Fuente: La Empresa

Elaboración: Propia

En el caso de los beneficios que generará el diseño se puede listar los ahorros en horas trabajadas por el personal de planta y el analista de costos ya que al tener el diseño preparado se prescindirá de horas para su elaboración y análisis, en la Figura 23 se detalla la cuantificación de los beneficios en horas hombre por mes, el ahorro con el diseño resulta S/. 14,933 mensual, es decir en cuatro meses se recupera la inversión:

Figura 23

Beneficios del Diseño de sistema de Costeo por Procesos

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Subtotal	En 4 meses
Jefe de planta procesos	hora/mes	8	533	4,267	17,067
Jefe de planta ADR	hora/mes	8	467	3,733	14,933
Jefe de turno planta	hora/mes	8	400	3,200	12,800
Analista de costos y presupuesto	hora/mes	8	267	2,133	8,533
Operadore de planta	hora/mes	4	200	800	3,200
Fundidor	hora/mes	4	200	800	3,200
Total en soles				14,933	59,733

Fuente: La Empresa

Elaboración: Propia

CONCLUSIONES

1. El diseño del sistema de costeo por procesos permitió identificar los costos asociados a cada etapa de la planta de beneficio, facilitando la toma de decisiones respecto a los costos.
2. Se evidenció que ciertos procesos tienen costos elevados debido al consumo de insumos y energía, lo que sugiere oportunidades de optimización en el uso de recursos. Por ejemplo, en el caso de la lixiviación se tiene un costo aproximado de energía de US\$ 141k que representa el 52% del costo de conversión de ese proceso, y en el proceso de Merril Crowe el polvo de zinc es el material con más incidencia con US\$ 136k.
3. El diseño del sistema de costeo por procesos mejoró la precisión en la valuación de productos en proceso y terminados para cada proceso de la planta de beneficio.

4. Se logró un registro más detallado de los costos acumulados en cada fase de la planta de beneficio, lo que permitió reflejar de manera más precisa el valor de los inventarios.
5. El modelo de costeo diseñado permitió separar con claridad los costos directos de los indirectos, mejorando la transparencia en la asignación de costos.
6. Se identificó que una parte de los costos indirectos proviene de insumos auxiliares y costos energéticos como en el caso de la lixiviación de mineral en PAD y el ADR que tienen un 40% y 83% en costos de conversión, lo que resalta la importancia de estrategias de reducción de costos en estas áreas.
7. La información generada por el sistema de costeo permitirá una mejor planificación presupuestaria de acuerdo con las etapas de la planta de beneficio de la empresa minera.

RECOMENDACIONES

1. Es importante que antes de definir que diseño de sistema de costeo diseñar, estudiar a la empresa, productos, diagnosticando sus necesidades y problemas. El no tomar en cuenta este punto puede dilatar la elaboración de la mejora y aplicar una posible solución que no va acorde al problema.
2. La Gerencia de la compañía minera debe garantizar la implantación del sistema de costeo por procesos dada la importancia del control de costos en la empresa al ser economía de escala permitirá tomar mejores decisiones monitoreando de manera permanente los recursos.
3. La actualización permanente de los cantidades y costos permitirán que el sistema pueda obtener datos acordes a la realidad, confiables para la toma de decisiones.
4. Es importante considerar la implementación de un software que integre los diversos datos, tanto de costos, como de la producción para automatizar el proceso de costeo.

5. Capacitar al personal de planta en materia de costeo por procesos, así como el control adecuado de los recursos.
6. Para lograr reducción de costos se recomienda también implementar metodologías de mejoras de proceso en aquellos procesos, que tienen mayor variación o son cuellos de botella en la planta de beneficio.
7. Se recomienda que los costos y cantidades sean verificadas por los expertos de cada área, para garantizar la correcta asignación de recursos a los distintos procesos de la planta de beneficio.
8. La empresa puede evaluar la implantación, de herramientas de mejora de procesos con el cual se podría disminuir mermas en la planta de beneficio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Avolio Alecchi, B. E. (2018). *Administración de Costos Contabilidad y Control*. México: Cengage Learning.
- Blocher, E. J., Stout, D. E., Juras, P. E., & Cokins, G. (2008). *Administración de costos un enfoque gerencial*. Boston: McGraw-Hill Education.
- Camones Girón, G. E. (2023). Diseño de un sistema de costeo para la mejora de la rentabilidad de una empresa de explosivos mineros aplicando el costeo estándar. *Diseño de un sistema de costeo para la mejora de la rentabilidad de una empresa de explosivos mineros aplicando el costeo estándar*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Obtenido de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/94c11dfd-c5e5-41d5-beff-8b031d794fb0>
- Cuervo Gonzales, J. (2013). *Costos ABC: Un enfoque práctico para la gestión empresarial*. Ecoe Ediciones. Bogota: Ecoe Ediciones.
- Dixon, D. &. (2010). Activated Carbon in Gold Recovery: A Study of the Adsorption of Gold from Cyanide Solutions. *Activated Carbon in Gold Recovery: A Study of the Adsorption of Gold from Cyanide Solutions*. Springer.

- Galán Llenque, V. C. (2020). Sistema de costos por procesos y su repercusión en los costos y utilidades de la empresa Fundición mecánica San Jose. *Sistema de costos por procesos y su repercusión en los costos y utilidades de la empresa Fundición mecánica San Jose*. Universidad Señor de Sipán, Pimentel. Obtenido de
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/7361>
- Guzman Pinto, S. (2015). Estudio del proceso de Lixiviación de oro en la planta aurelsa. *Estudio del proceso de Lixiviación de oro en la planta aurelsa*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa. Obtenido de
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA_d7042f99fcf5577557d38da69955cc0d
- Horngren, C. T. (2012). *CONTABILIDAD DE COSTOS, UN ENFOQUE GERENCIAL*. México: Pearson.
- Huamantuna Granda, E. S. (2022). Descripción del proceso Merrill Crowe unidad minera Tucari – Aruntani SAC. *Descripción del proceso Merrill Crowe unidad minera Tucari – Aruntani SAC*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.
- Maldonado, J. A. (2018). *Gestión por procesos*. Málaga: Universidad de Málaga.
- Mora Castelo, G. A. (2014). Diseño e implementación de un sistema de costeo para una empresa minera. *Diseño e implementación de un sistema de*

costeo para una empresa minera. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

Polimeni, R. S., Fabozzi, F. J., & Adelberg, A. J. (1993). *Contabilidad de costos.* México: McGraw-Hill.

Weiss, N. (2011). *Extractive metallurgy of copper.* Amsterdam: Elsevier.

Wills, B. A., & Napier-Munn, T. (2006). *Wills' Mineral Processing Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery.* Amsterdam: Elsevier.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia	111
Anexo 2: Matriz de Operacionalización de Variables	112

Anexo 1: Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGIA
PROBLEMA PRINCIPAL ¿Como el diseño de un sistema de costeo por procesos permitirá mejorar el control de costos en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú?	OBJETIVO GENERAL Diseñar un sistema de costeo por procesos para mejorar el control de costos en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú.	HIPÓTESIS GENERAL Con el diseño del sistema de costeo por procesos se mejorará el control de costos en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú.	VARIABLE INDEPENDIENTE Diseño de un sistema de costeo por procesos	Unidades equivalentes de producción en cada proceso.	La investigación es de tipo aplicada, no experimental, porque carece de una prueba experimental.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS ¿El diseño de un sistema de costeo por procesos contribuirá a determinar los costos que afectan la eficiencia de cada proceso en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú? ¿El diseño de un sistema de costeo por procesos contribuirá a la valuación de productos en procesos y terminados en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú? ¿El diseño de un sistema de costeo por procesos contribuirá a desglosar los costos directos e indirectos relacionados con cada fase del proceso productivo en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú?	OBJETIVOS ESPECÍFICOS Diseñar un sistema de costeo por procesos para contribuir a determinar los costos que afectan la eficiencia de cada proceso en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú. Diseñar un sistema de costeo por procesos para contribuir a la valuación de productos en procesos y terminados en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú. Diseñar un sistema de costeo por procesos para contribuir a desglosar los costos directos e indirectos relacionados con cada fase del proceso productivo en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS Con el diseño de un sistema de costeo por procesos se contribuirá a determinar los costos que afectan la eficiencia de cada proceso en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú. Con el diseño de un sistema de costeo por procesos se contribuirá a la valuación de productos en procesos y terminados en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú. Con el diseño de un sistema de costeo por procesos se contribuirá a desglosar los costos directos e indirectos relacionados con cada fase del proceso productivo en la planta de beneficio de una empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú.	VARIABLES DEPENDIENTE Porcentaje de mermas. Control de costos en la planta de beneficio de empresa minera aurífera ubicada en una región del Perú.	Unidades en proceso. Unidades transferidas por periodo a cada proceso. Costo unitario por proceso.	MEDICIÓN Se obtendrán datos que midan la aplicación de la variable independiente por medio de los siguientes documentos: <ul style="list-style-type: none">- Revisión de data histórica- Mapa de procesos de la planta de beneficio.- Flujo del proceso productivo en la planta de beneficio.- Opinión de expertos- Valorizaciones de empresas contratistas- Entrevistas POBLACIÓN Los trabajadores del área planta de la empresa minera
					MUESTRA Muestra tipo aleatoria simple.

Anexo 2: Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE: Sistema de costeo por procesos	Es un sistema de acumulación de costos de producción por departamentos o centros de costos.	Cálculo de las unidades equivalentes de producción y costo unitario por departamento/proceso.	Costo de materia prima Costo de mano de obra directa Costo indirecto de fabricación	Costo de MP/Oz de Au. Porcentaje de merma Costo de MO/Oz Au CIF/OzAu Unidades equivalentes Unidades transferidas Costo unitario por onza de Au. Cumplimiento del presupuesto en MP. Cumplimiento del presupuesto de MO. Cumplimiento del presupuesto de CIF en cada proceso.	Razón Razón Razón Razón Intervalo Razón Razón Razón Intervalo Intervalo Razón
VARIABLE DEPENDIENTE: Control de costos.	Evaluación de las desviaciones de costos presupuestadas en la planta de beneficio de una empresa minera ubicada en una región del Perú	Cálculo de variaciones incurridos en el mes por elemento de costo.	Unidades por cada proceso Variación del costo ejecutado y presupuestado.		