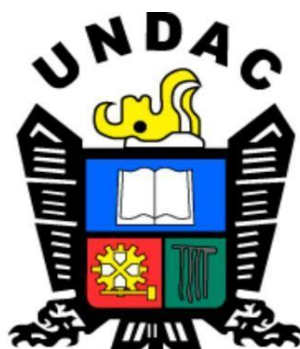


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



T E S I S

**Ampliación de la Planta Concentradora San Martín para el tratamiento de
300 TMSPD de mineral de la Empresa Minera Perú Sol S.A.C. –
Chacapalpa – 2023**

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero Metalurgista**

Autores:

Bach. Melissa Karen PALIZA FRANCO

Bach. Russer Williams POZO ACUÑA

Asesor:

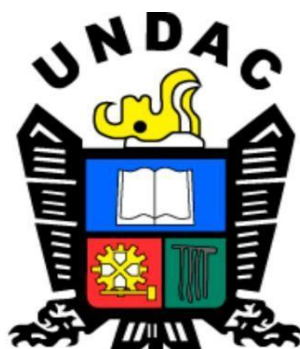
Dr. Ramiro SIUCE BONIFACIO

Cerro de Pasco – Perú – 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



T E S I S

**Ampliación de la Planta Concentradora San Martín para el tratamiento de
300 TMSPD de mineral de la Empresa Minera Perú Sol S.A.C. –
Chacapalpa – 2023**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Rubén Edgar PALOMINO ISIDRO
PRESIDENTE

Dr. Cayo PALACIOS ESPIRITU
MIEMBRO

Mg. Uldarico USURIAGA LOPEZ
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 305-2025-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Ampliación de la Planta Concentradora San Martín para el
tratamiento de 300 TMSPD de mineral de la Empresa Minera Perú sol
S.A.C. – Chacapalpa – 2023**

Apellidos y nombres del tesista

Bach. Melissa Karen PALIZA FRANCO

Bach. Russer Williams POZO ACUÑA

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. Ramiro SIUCE BONIFACIO

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Metalúrgica

Índice de Similitud

10 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes.

Cerro de Pasco, 16 de julio del 2025



Firmado digitalmente por PALOMINO
ISIDRO Ruben Edgar FAU
20154608048 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 16.07.2025 19:03:35 -05:00

DEDICATORIA

Esta tesis se lo dedicamos a nuestros padres,
que en el transcurso del proceso educativo siempre
guiaron nuestras vidas universitarias y personales
desde un inicio hasta el día de hoy.

A nuestros hermanos por sus consejos y
sugerencias en el venir de la vida.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios, nuestros padres, y familiares por el esfuerzo que se dio en nuestra formación profesional.

A los docentes de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Metalúrgica, quienes fueron parte de nuestra formación académica, y, por hacer realidad el sueño esperado.

A los directivos y trabajadores de la Planta de Beneficios San Martín de la Empresa Minera Perú Sol S.A.C., por hacer posible el inicio de nuestra experiencia laboral y conducir los conocimientos universitarios a la práctica y viceversa.

Y, por último, a los compañeros de trabajo por el apoyo condicional, tanto a nivel laboral como personal.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo, analizar la ampliación de la planta concentradora San Martín para el tratamiento de 300 TMSPD de Mineral de la Empresa Minera Perú Sol S.A.C. – Chacapalpa – 2023. Con este objetivo se investiga emplear cambios dentro del proceso productivo, con relación al actual, donde el proceso convencional de chancado, molienda, flotación y eliminación de agua por sedimentación y disposición de relaves seguirá operando. La **metodología** de la investigación es de tipo aplicada, nivel descriptivo, enfoque cuantitativo y método hipotético deductivo. El instrumento de investigación fue la hoja de datos técnicos, pruebas experimentales con simulaciones del proceso que determinaron la capacidad, tiempo, volumen y cantidad que determinaron el costo de la ampliación de la planta concentradora, como son: equipos, accesorios, materiales en base a los 300 TMSPD de tratamiento. Los **resultados**, indican que el plomo de 59,75% de eficiencia y con un contenido de 67,10 onzas Ag/Ton, presenta una recuperación de 93,42%; y de 89,09% de eficiencia para la plata y concentrado de zinc de 56,20% presenta una recuperación de 90,87%. Se **concluye** que para una ampliación de 300 T/día, la sección de chancado establece los mismos equipos incrementando las horas de trabajo/día; la sección de chancado se labora en dos turnos; la etapa de molienda se incrementa un molino de 7' x 7,5' como molino primario y en planta de 6' x 6' permanece como molino secundario; en la etapa de flotación se adiciona un hidrociclón D 15 y la etapa de filtro presenta un diseño para una futura ampliación.

Palabra Clave: Ampliación de Planta, Análisis Granulométrico, Molienda, flotación.

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the expansion of the San Martín concentrator plant for the treatment of 300 TMSPD of mineral from the Minera Perú Sol company. With this objective, it is investigated to employ changes within the production process, in relation to the current one, where the process Conventional crushing, grinding, flotation and removal of water by sedimentation and tailings disposal will continue to operate. The research methodology is applied, descriptive level, quantitative approach and hypothetical deductive method. The research instrument was the technical data sheet, experimental tests with simulations of the process that determined the capacity, time, volume and quantity that determined the cost of the expansion of the concentrator plant, such as: equipment, accessories, materials based on the 300 TMSPD of treatment. The results indicate that lead with 59,75% efficiency and a content of 67,10 ounces Ag/Ton, presents a recovery of 93,42%; and 89,09% efficiency for silver and 56,20% zinc concentrate presents a recovery of 90,87%. It is concluded that for an expansion of 300 T/day, the crushing section establishes the same equipment, increasing the work hours/day; The crushing section is worked in two shifts; The grinding stage increases to a 7'x 7,5' mill as a primary mill and in a 6'x 6' plant it remains as a secondary mill; In the flotation stage, a D 15 hydrocyclone is added and the filter stage presents a design for future expansion.

Keywords: Plant Expansion, Granulometric Analysis, Grinding, flotation.

INTRODUCCION

La Empresa Minera Perú Sol S.A.C., es el titular de las actividades mineras y metalúrgicas que se viene desarrollando en la Planta Concentradora San Martín, donde el tratamiento de minerales polimetálicos de sulfuros son los más incidentes en la producción de concentrados de Pb – Ag – Zn.

La ampliación de la planta concentradora de San Martín prevé cambios sustantivos necesarios dentro del proceso productivo, con relación a la situación actual, es decir el proceso de recuperación de los minerales mantiene un proceso convencional de chancado, molienda – clasificación, flotación de Pb-Ag y Zn, eliminación de agua por sedimentación y disposición de relave, para vigorizar una mejora en la producción.

Capítulo I: Problema de investigación que sostiene; identificar y determinar el problema, delimitación de la investigación, formulación del problema, formulación de objetivos, justificación de la investigación y limitaciones de la investigación.

Capítulo II: Indica el marco teórico que sostiene; Antecedentes de estudio, Bases teóricas – científicas, definición de términos básicos, formulación de hipótesis, identificación de las variables y definición operacional de las variables e indicadores.

Capítulo III: Da a conocer la metodología y técnicas de investigación que sostiene; el tipo de investigación, nivel de investigación, método de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos y selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.

Capítulo IV: Da a conocer los resultados y discusiones que sostiene; descripción del trabajo de campo, presentación análisis e interpretación de resultados, prueba de hipótesis y discusión de resultados.

ÍNDICE

Paginas

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

ÍNDICE

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema.....	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.2.1.	Delimitación temporal	2
1.2.2.	Delimitación conceptual	2
1.3.	Formulación del problema	2
1.3.1.	Problema general	2
1.3.2.	Problemas específicos	3
1.4.	Formulación de objetivos.....	3
1.4.1.	Objetivo general.....	3
1.4.2.	Objetivos específicos	3
1.5.	Justificación de la investigación	4
1.5.1.	Técnica.....	4
1.5.2.	Económica	4

1.5.3. Medio Ambiente	4
1.6. Limitaciones de la investigación.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	6
2.1.1. Antecedentes nacionales	6
2.2. Bases teóricas - científicas	8
2.2.1. Ampliación de planta	8
2.2.2. Ingeniería de diseño	8
2.2.3. Almacenamiento de minerales	10
2.2.4. Almacenamiento de minerales	11
2.2.5. Descripción de la planta con 100 TMSPD	15
2.3. Definición de términos básicos	20
2.4. Formulación de hipótesis	22
2.4.1. Hipótesis general	22
2.4.2. Hipótesis específicas	23
2.5. Identificación de variables	23
2.5.1. Variable Independiente	23
2.5.2. Variable Dependiente	23
2.5.3. Variables Intervinientes.....	23
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....	24

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	25
3.2. Nivel de investigación.....	25

3.3.	Métodos de investigación.....	26
3.4.	Diseño de investigación	26
3.5.	Población y muestra	27
3.5.1.	Población.....	27
3.5.2.	Muestra.....	27
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
3.6.1.	Técnicas de recolección de datos:	28
3.6.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	29
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	29
3.7.1.	Selección del instrumento de investigación	29
3.7.2.	Validez del instrumento de investigación	29
3.7.3.	Confiabilidad del instrumento de investigación.....	30
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	30
3.8.1.	Técnicas de procesamiento de análisis.....	31
3.8.2.	Técnica de Análisis de datos	31
3.9.	Tratamiento estadístico	31
3.9.1.	Estadística descriptiva:.....	31
3.9.2.	Estadística inferencial:	32
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica	32

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	34
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	36
4.2.1.	Evaluación de la capacidad de los equipos en planta de 100 Ton/Día.....	36
4.2.2.	Especificaciones técnicas de los nuevos equipos de la planta de 300 TMSP	48

4.2.3. Descripción general de las operaciones	53
4.2.4. Dimensionamiento de los equipos para la ampliación de la planta concentradora a 300 TMSPD	59
4.2.5. Balance metalúrgico proyectado para 300 TMSPD	66
4.2.6. Evaluación económica.....	75
4.3. Prueba de hipótesis.....	82
4.3.1. La ejecución de la ampliación de la planta concentradora (Eficiencia) beneficiara la capacidad de tratamiento de 300 TMSPD de mineral en la empresa Minera Perú Sol en el año 2023.....	84
4.3.2. El dimensionamiento de los equipos alcanzara ejecutar el tratamiento de 300 TMSPD de mineral en la empresa Minera Perú Sol.	86
4.3.3. La ampliación de la planta concentradora a 300 TMSPD incrementara beneficios económicos a la Empresa Minera Perú Sol.	90
4.4. Discusión de resultados.....	92
4.4.1. Discusión general	95
4.4.2. Discusión económica.....	96

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

	Paginas
Tabla 1. Definición Operacional de Variables e Indicadores	24
Tabla 2. Nivel de Validez por juicio de expertos.....	30
Tabla 3. Valores de los niveles de confiabilidad.....	30
Tabla 4. Capacidad actual de la Chancadora de quijada 20 x 15.....	37
Tabla 5. Evaluación de la capacidad del molino de 6' x 6'	40
Tabla 6. Balance de agua y pulpa flotación Pb-Ag.....	44
Tabla 7. Balance de agua y pulpa flotación Zn.....	44
Tabla 8. Evaluación de la capacidad de los equipos	47
Tabla 9. Promedio Ponderado proyectado	64
Tabla 10. Análisis Químico	66
Tabla 11. Granulometría a Diferentes Tiempos de Molienda.....	67
Tabla 12. Resumen del Tiempo de Molienda con la Malla – 200	69
Tabla 13. Balance Metalúrgico, GE, Densidad y % Sólidos para 300 TMSPD	74
Tabla 14. Plan de Inversiones	76
Tabla 15. Balance Metalúrgico de 100 TMSPD	77
Tabla 16. Balance Metalúrgico Proyectado para 300 TMSPD.....	78
Tabla 17. Recuperación de Inversión.....	82
Tabla 18. Estructura de Prueba de hipótesis	83
Tabla 19. Prueba de Normalidad Hipótesis General.....	85
Tabla 20. Dimensionamiento de Equipos y Tratamiento de 300 TMSPD.....	87
Tabla 21. Balance metalúrgico y el Tratamiento de 300 TMSPD	89
Tabla 22. Ampliación de la planta y el Beneficio Económico.....	91
Tabla 23. Resultados de tasa interna (Ti).....	98

INDICE DE FIGURAS

	Paginas
Figura 1. Diagrama del Circuito de Chancado	17
Figura 2. Diagrama del Circuito de Molienda	18
Figura 3. Diagrama del Circuito de Flotación, Espesamiento y Filtrado	20
Figura 4. Riesgos y Beneficios de la ética en la investigación	33
Figura 5. Planta de 100 TM/día	36
Figura 6. Balance de Masa del Circuito de Molienda.....	43
Figura 7. Evaluación de la capacidad de los equipos	47
Figura 8. Simulación de planta de 300 Ton/día	58
Figura 9. Diseño de la Tolva de Gruesos.....	59
Figura 10. Diseño de la Tolva de finos	61
Figura 11. Promedio Ponderado proyectado.....	64
Figura 12. Diagrama de Flujo Balanceado del Circuito de Molienda	65
Figura 13. Cinética de Molienda.....	69
Figura 14. Recuperación de Inversión	82
Figura 15. Dispersión entre la Ampliación de la Planta y el Beneficio de Tratamiento	85
Figura 16. Dispersión entre Dimensionamiento de Equipos y Tratamiento de 300 TMSPD.....	87
Figura 17. Dispersión entre el Balance Metalúrgico y el Tratamiento de 300 TMSPD.....	89
Figura 18. Dispersión entre la ampliación de la Planta y el beneficio Económico	91

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La Compañía Minera Perú Sol S.A.C., cuenta con una unidad de producción en el distrito de Chacapalpa -La Oroya, específicamente la Planta Concentradora San Martín.

Un problema en el tratamiento mineralógico es la exposición de mineral fresco en un tiempo indefinido en el depósito de la empresa, donde este motivo incita envejecimiento (oxidación) a causa de las aguas de lluvias; además los abastecedores del recurso minero son informales mineros quienes sin el tratamiento y la recolección del mineral adecuada logran habilitarse de pequeños mineros como Pb-Ag, Cu y Zn.

Otro problema que presenta la empresa minera es que no cuenta con datos estadísticos sobre un posible incremento de producción, conocimiento que obliga a los administradores a ejecutar un estudio de factibilidad, denominada ampliación de la Planta Concentradora a 300 TMSPD, cuyo proyecto se hace necesario encargar a profesionales competentes en la materia. y verificar un posible incremento de tratamiento.

El problema del proceso con fines de mejorar la producción es la falta de simplificación y dinamización del diagrama de flujo de las operaciones básicas y la metalurgia del proceso, para tal hecho se estableció analizar un extenso programa de pruebas a nivel de laboratorio practicando siempre con el respeto a las normas ambientales y instituir un trabajo sostenible, indudable y agradable.

En trabajo presenta la revisión de los aspectos más relevantes de la Ingeniería Básica y de Diseño de la ampliación de la planta concentradora, así como de la Ingeniería de detalle correspondiente.

1.2. Delimitación de la investigación

(Señala Vergara-Otero, 1979/15), “Delimitar un tema significa enfocar en términos concretos nuestras áreas de interés, especificar sus alcances y determinar sus límites” (p.7).

1.2.1. Delimitación temporal

El trabajo se ejecutó durante el año 2023 - 2024

1.2.2. Delimitación conceptual

El presente estudio se delimita en el nivel investigativo de la delimitación espacial; cuyas definiciones principales son: Ampliación de Planta, Análisis Granulométrico, Molienda y flotación.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo no se ejecuta la ampliación de la planta concentradora San Martín a 300 TMSPD perjudica la producción en la Empresa Minera Perú Sol?

1.3.2. Problemas específicos

Problema específico 1

¿En qué medida las dimensiones y selección de los equipos convenientes incide negativamente en la producción de la planta concentradora en la Empresa Minera Perú Sol?

Problema específico 2

¿Debido a la falta de un balance metalúrgico se presenta una incidencia negativa en el tratamiento de mayor concentrado en la Empresa Minera Perú Sol?

Problema específico 3

¿Cómo se reduce los beneficios económicos cuando no es correspondiente la planta concentradora de mineral en la Empresa Minera Perú Sol?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Ejecutar la ampliación de la planta concentradora San Martín para tratar concentrado a la orden de 300 TMSPD y beneficie a la empresa Minera Perú Sol en el año 2023.

1.4.2. Objetivos específicos

Objetivo específico 1

Dimensionar y seleccionar los equipos correspondientes que alcance el tratamiento de concentrado de 300 TMSPD de mineral en la Empresa.

Objetivo específico 2

Proyectar el balance metalúrgico que crea un análisis adecuado en el tratamiento de concentrado de 300 TMSPD de mineral en la empresa Minera Perú Sol.

Objetivo específico 3

Incrementar los beneficios económicos con la ampliación de la planta concentradora San Martín a 300 TMSPD del mineral en la Empresa Minera.

1.5. Justificación de la investigación

El estudio se ha desarrollado de acuerdo con las siguientes justificaciones:

1.5.1. Técnica

La tendencia tecnológica en procesamiento de minerales es utilizar equipos de gran capacidad teniendo en cuenta la presencia de otras tecnologías para el tratamiento de minerales sulfurosos especialmente con alto contenido de plata, y en tratamiento de grandes volúmenes de producción, renovación de equipos por obsolescencia que ocasiona altos costos de operación, mantenimiento y poca confiabilidad.

1.5.2. Económica

La alternativa propuesta asume cumplir la capacidad de tratamiento de la planta concentradora San Martín a 300 TMSD, donde los costos de operación se espera que se reducen debido a los resultados de los productos obtenidos que serán más comerciales, también se estará dando una gran oportunidad y mejores beneficios económicos a la empresa como para los trabajadores.

1.5.3. Medio Ambiente

Se formula el plan de manejo ambiental, derivando el Estudio de Impacto Ambiental el cual presenta un conjunto de medidas destinadas a evitar, mitigar, restaurar o compensar los impactos ambientales negativos previsibles, así como potenciar los impactos ambientales positivos durante las etapas de construcción, operación de las obras proyectadas.

Las estrategias a utilizar son los programas y subprogramas que permita el cumplimiento de los objetivos del PAMA y EIA.

1.6. Limitaciones de la investigación

- Limitación de equipo: La falta de equipos sofisticados, equipo de laboratorio experimental, no es suficiente, el cual perjudica el avance del estudio; además los motores de los equipos se encuentran dañados por el tiempo de uso o deteriorados por diversos motivos.
- Limitación de tiempo: El tiempo es un inconveniente en la búsqueda de información para realizar pruebas en planta.
- Limitaciones de materiales: La falta de reactivos generan inconvenientes al momento de ejecutar las pruebas de estudio.
- Limitación Bibliográfica: Esto debido a que no existe material bibliográfico establecido para los fines correspondientes

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes nacionales

El presente trabajo de ampliación de planta concentradora, exige elaborar una revisión de la información actual y anterior, recurrir a experiencias de expertos emplazados en diferentes empresas mineras similares y realizar consulta en la web, con el objetivo de obtener información correspondiente.

Los factores determinantes que trasladan a la ejecución del presente estudio de ampliación fueron: primero el considerable incremento de tonelaje de mineral suministrados durante los últimos años, segundo los exitosos estudios de exploración realizado por los pequeños mineros, convirtiéndose en una necesidad urgente el incremento de tonelaje a beneficiar en la planta concentradora y tercero el criterio acertado de Minera Perú Sol S.A.C. de realizar la ampliación de tratamiento en forma ordenada, simplificada, flexible y sin interferir la producción existente.

Al tratar 300 TMSPD, en el circuito de chancado se extiende la tolva de gruesos y finos en el circuito de molienda y clasificación, se prevé la instalación de otro molino

adicional y el hidrociclón de D-15 en el circuito de flotación presenta celdas Galigher para los circuitos de Pb-Ag, Cu y Zinc para Rougher, Scavenger, Cleaner, en el circuito de eliminación de agua se instala un filtro de prensa adicional.

(Pacsi Merma, s/f), realizó la tesis: Ampliación de planta concentradora Untuca de 800 TPD a 1500 TPD, en la Universidad Nacional de San Agustín. La investigación presento como objetivo establecer y priorizar al máximo el aprovechamiento y redistribución de los equipos existentes en la planta Untuca. La metodología de investigación presente indica del tipo aplicada y nivel descriptivo. La investigación concluye que la rentabilidad es mayor y el reintegro de la inversión presenta resultados mejores en un corto tiempo.

(Macines Romero, s/f), realizó la tesis: Ampliación de planta concentradora Pachapaqui de 200 a 800 toneladas por día Aquia – Ancash, en la Universidad Nacional del Callao. La investigación indica como objetivo incrementar la producción del concentrado para mejorar los ingresos por ventas de concentrado. La metodología de investigación presente es del tipo aplicada, nivel descriptivo. La investigación tiene como conclusión la realización del montaje en la mayoría de los equipos en los tiempos programados evitando así el sobre costo de operación.

(León Apaza, s/f)), realizó la tesis: Viabilidad económica de ampliación de capacidad de planta concentradora de minerales de 1000 TMD a 1400 TMD en la Unidad Minera Tacaza – CIEMSA, en la Universidad Nacional del Altiplano de Puno. La metodología de investigación fue del tipo aplicado, nivel descriptivo – explicativo. Concluye la investigación indicando que el payback es de 4,25 meses en el inicial del caso y para el de ampliación de payback es de 6,02 meses, la diferencia de tiempo es menor a 2 meses, lo cual significa un corto tiempo y no existe mucho riesgo por lo tanto la ampliación de planta concentradora se plantea su ejecución.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Ampliación de planta

(Uscamaita, R.E, s/f), Se refiere al proceso de desarrollar la capacidad de producción o las instalaciones de una planta industrial. Esto puede incluir la construcción de nuevas estructuras, la adquisición de maquinarias o la expansión de áreas existentes.

El objetivo de la ampliación de planta es mejorar la eficiencia operativa, aumentar la producción para satisfacer una demanda creciente, o diversificar la producción de productos diferentes. Este proceso implica planificación inversión y cumplimiento de normativas ambientales y de seguridad

Normativas ambientales: Estas regulaciones están orientadas a proteger el medio ambiente y reducir el impacto negativo de las actividades sobre la naturaleza. Pueden incluir leyes sobre la gestión de residuos, control de la contaminación del aire y del agua, conservación de la biodiversidad, y uso sostenible de los recursos naturales.

Normativas de seguridad: Estas normativas tienen como objetivo proteger la salud y seguridad de las personas en diferentes entornos, especialmente en el lugar de trabajo o durante la ejecución de actividades potencialmente peligrosos. Están diseñadas para prevenir accidentes y reducir riesgos, promoviendo condiciones laborales seguras

2.2.2. Ingeniería de diseño

(Mestanza Santillán, 2013), La ingeniería del diseño en una planta concentradora implica el desarrollo y planificación de todos los sistemas, equipos y procesos necesarios para el funcionamiento óptimo en una planta dedicada al procesamiento de minerales, generalmente en operaciones mineras.

El objetivo principal de una planta concentradora es separar y concentrar los minerales de valor económico (como cobre, plomo, zinc, plata, oro, etc) del material extraído.

Principales aspectos de la ingeniería del diseño:

a. Diseño de procesos:

- Este aspecto se centra en optimizar los procesos metalúrgicos para maximizar la recuperación del mineral valioso. Esto incluye el diseño de circuitos de chancado, molienda, flotación, filtrado y secado.
- Se determina los parámetros de operación de cada etapa del proceso, como tamaños de partícula, velocidad de flotación, tiempos de residencia, etc.

b. Selección de equipos:

- La ingeniería del diseño implica seleccionar los equipos adecuados para cada etapa del proceso, como chancadoras, molino, celdas de flotación, espesadores, filtros y bombas.
- Se tiene en cuenta la capacidad de procesamiento, durabilidad y eficiencia de los equipos, así como su mantenimiento y operación.

c. Diseño mecánico:

- Este aparato involucra el diseño y disposición de todos los componentes mecánicos de la planta asegurando que los equipos estén correctamente alineados, soportados que operen de manera eficiente.
- Se diseña el sistema de transmisión de potencia, manejo de materiales y la infraestructura de soporte.

d. Diseño eléctrico e instrumentación:

- Se diseña el sistema eléctrico que proporcionará energía a todos los equipos de la planta, asegurando que la red de distribución sea confiable y segura.

- Además, se desarrolla un sistema de instrumentación y control para monitorear y ajustar automáticamente los parámetros operativos.

e. Diseño civil y estructural:

- Incluye el diseño de las estructuras de soporte como edificios, plataformas y fundaciones donde se instalarán los equipos.
- El diseño civil también involucra la distribución de las áreas dentro de la planta, considerando accesos, caminos y zonas de almacenamiento de insumos y productos.

2.2.3. Almacenamiento de minerales

- a. **Tolva de gruesos:** (Ariadel Samaniego, 2016) Es un contenedor o depósito que se utiliza en plantas industriales, especialmente en la minería, para almacenar y regular el flujo de material fragmentado o mineral de gran tamaño. Generalmente, se encuentra en la etapa inicial del proceso de chancado, donde se manejan materiales grandes bloques.

Características principales de una tolva de grueso

- **Función de almacenamiento temporal:** Su principal objetivo es almacenar temporalmente el mineral que proviene de las minas, generalmente en su forma más grande o gruesa
- **Dosificación del material:** Regula el flujo constante y controlado de material hacia el siguiente equipo (normalmente una chancadora primaria), evitando la sobrecarga o la interrupción del proceso
- **Resistencia y diseño robusto:** Las tolvas de grueso están diseñadas, con materiales altamente resistentes, ya que deben soportar el impacto de grandes rocas y minerales pesados que son descargados desde camiones de gran tamaño o desde cintas transportadoras.

- **Diseño en forma de embudo:** La forma cónica o de embudo de la tolva permite que el material fluya de manera controlada y gradual hacia el equipo de procesamiento, lo que ayuda a prevenir atascos.
 - **Capacidad:** La capacidad de una tolva de gruesos puede variar dependiendo de la cantidad de material que necesita almacenar. En operaciones a gran escala, estas tolvas pueden tener una capacidad significativa para evitar interrupciones en el proceso de chancado.
- b. **Tolva de finos:** (Ariadel Samaniego, 2016) Es un contenedor o depósito utilizado en plantas concentradoras, para almacenar y regular el flujo de material fino o triturado después de las etapas de chancado. Se utiliza cuando el mineral ha sido reducido a un tamaño más pequeño generalmente después de proceso de chancado secundario o terciario y está listo para ser enviado a la siguiente fase como la molienda o la flotación

2.2.4. Almacenamiento de minerales

- a. **Chancadora de quijada:** (COMECO, 2024), La chancadora de quijada o trituradora de mandíbula es una máquina utilizada principalmente en la industria minera con la finalidad de reducir el tamaño de grandes bloques de material (como rocas y minerales) a fragmentos más pequeños, facilitando su posterior procesamiento. Es ampliamente utilizada en la etapa de chancado primario ya que puede manejar materiales muy duros y de gran tamaño. Partes y funcionamiento de la chancadora de quijada
- **Quijada fija (mandíbula fija):** Es una de las 2 superficies principales de trituración. Está fija y no se mueve durante la operación, contra la cual se presiona el material-

- **Quijada móvil (mandíbula móvil):** Es la superficie que realiza el movimiento de trituración. Al moverse hacia adelante y hacia atrás, comprime el material contra la quijada fija generando el rompimiento y reducción del tamaño del material.
 - **Placa de articulación:** Conecta la mandíbula móvil con el mecanismo de accionamiento. Este componente también actúa como un mecanismo de seguridad.
 - **Eje excéntrico:** Proporciona el movimiento a la mandíbula móvil. El eje está diseñado para moverse de manera excéntrica (no centrada), lo que permite el movimiento de apertura y cierre de la quijada móvil.
 - **Tolva de alimentación:** Es el área donde se introduce el material a ser triturado. Generalmente, la tolva está diseñada para recibir material de gran tamaño y dirigirlo hacia las quijadas para el proceso de chancado.
 - **Salida o abertura de descargar:** Es la zona por donde sale el material triturado una vez que ha sido reducido a un tamaño menor. La apertura de esta área se puede ajustar para obtener diferentes tamaños de salida del mineral triturado.
- b. **Chancadora cónica:** Es un equipo de trituración utilizado principalmente en las industrias de la minería, diseñado para reducir el tamaño de materiales de mediana y alta dureza a diferencia de la chancadora de quijada, que se usa generalmente en el chancado primario, la chancadora cónica es la más común en las etapas de chancado secundario, terciario y cuaternario, donde se requiere una mayor reducción de tamaño y una forma más uniforme del material triturado.

- c. **Molino:** Es un equipo utilizado principalmente en la industria minera, así como en otras industrias de procesamiento de minerales y materiales, para moler y reducir el tamaño de partículas de minerales y otros materiales de un proceso de trituración fina o pulverización. Se usa generalmente después del chancado, en la etapa de molienda, donde el mineral ya ha sido reducido a un tamaño más manejable, pero necesita ser pulverizado para la liberación efectiva de los minerales valiosos.
- d. **Hidrociclón:** El hidrociclón es un dispositivo ampliamente utilizado en la industria minera y en el procesamiento de minerales, así como en otras industrias, para clasificar separar o deslamar partículas sólidas en suspensión en líquidos (generalmente agua). Su principio de funcionamiento se basa en la fuerza centrífuga que se basa al hacer girar el fluido dentro de una estructura cónica o cilíndrica.
- e. **Celdas de flotación:** Las celdas de flotación son equipos clave en procesamiento de minerales, especialmente en la minería, utilizadas para separar minerales valiosos de la ganga (material no deseado o no valioso) mediante un proceso llamado flotación, este método es ampliamente utilizado para minerales como el cobre, plomo, zinc., plata, oro etc.
- f. **Celdas serranas:** Son un tipo específico de flotación desarrolladas por la compañía peruana Serrana S.A. en las décadas de 1960 y 1970. Estas celdas se destacan por su diseño y eficiencia de recuperación de minerales valiosos especialmente en el sector minero del Perú.
- g. **Celdas Denver:** Son un tipo de celdas de flotación mecánica ampliamente utilizadas en la industria minera para la separación y concentración de minerales. Fueron desarrolladas por la empresa estadounidense Denver

Equipment Company y se han vuelto un estándar en muchas plantas de procesamiento de minerales debido a su diseño eficiente y robusto.

- h. **Filtro prensa:** Es un equipo utilizado en diversas industrias para la separación solido-líquido de suspensiones o lodos, es particularmente común en el tratamiento de aguas residuales, minerales, industria química, y en la producción de alimentos y bebidas. Su función principal es extraer el agua de un material en suspensión, obteniendo un sólido (pastel filtrado) y un líquido (permeado o filtrado).
- i. **Relavera:** Es una gestión y manejo de los residuos generados durante el procesamiento de minerales. Los relaves son el material residual que queda después de que se han extraído los minerales valiosos de la mena (el mineral extraído), y su manejo es un aspecto crítico para la sostenibilidad ambiental y la seguridad en las operaciones mineras. Para el diseño del estudio se ha tenido en consideración los siguientes criterios:
 - Simplificación del proceso metalúrgico
 - Flexibilidad fundamental para la inclusión de otros procesos (automatización) complementarios a la flotación con el fin de optimizar la recuperación de los metales preciosos que contienen el mineral.
 - Se considera que la recuperación de la plata alcanzado hasta ahora en la concentradora San Martín se mantendrá o se superará cuando se incremente la capacidad de tratamiento.
 - El periodo de desarrollo del estudio, la ampliación debe realizarse en el tiempo más corto posible durante este año 2023.

2.2.5. Descripción de la planta con 100 TMSPD

a. Circuito de chancado:

Se alimentan con un cargador frontal a la tolva de gruesos con capacidad de 100 TM, aquí hay una previa clasificación por rieles de 8" de abertura en la descarga de la tolva, tiene un alimentador reciprocante de 7' x 2' el cual alimenta a una Grizzly 6' x 2' que tiene una abertura de 2", el grueso se alimenta a la chancadora de quijada de 14" x 25", la abertura del set de descarga de la chancadora es 2", el producto de la chancadora más el fino del Grizzly más el producto de la chancadora Symons de 2' se alimenta por medio de la faja transportadora N° 1 de 18" x 82,5' al cedazo vibratorio 8' x 4' con mallas ½" x ½" al grueso de este cedazo retorna a la chancadora Symons de 2' mediante la faja transportadora N° 2 de 18" x 26,4', el producto fino de este cedazo se alimenta a la tolva de finos de 120 TM de capacidad.

b. Circuito de flotación de Pb- Ag

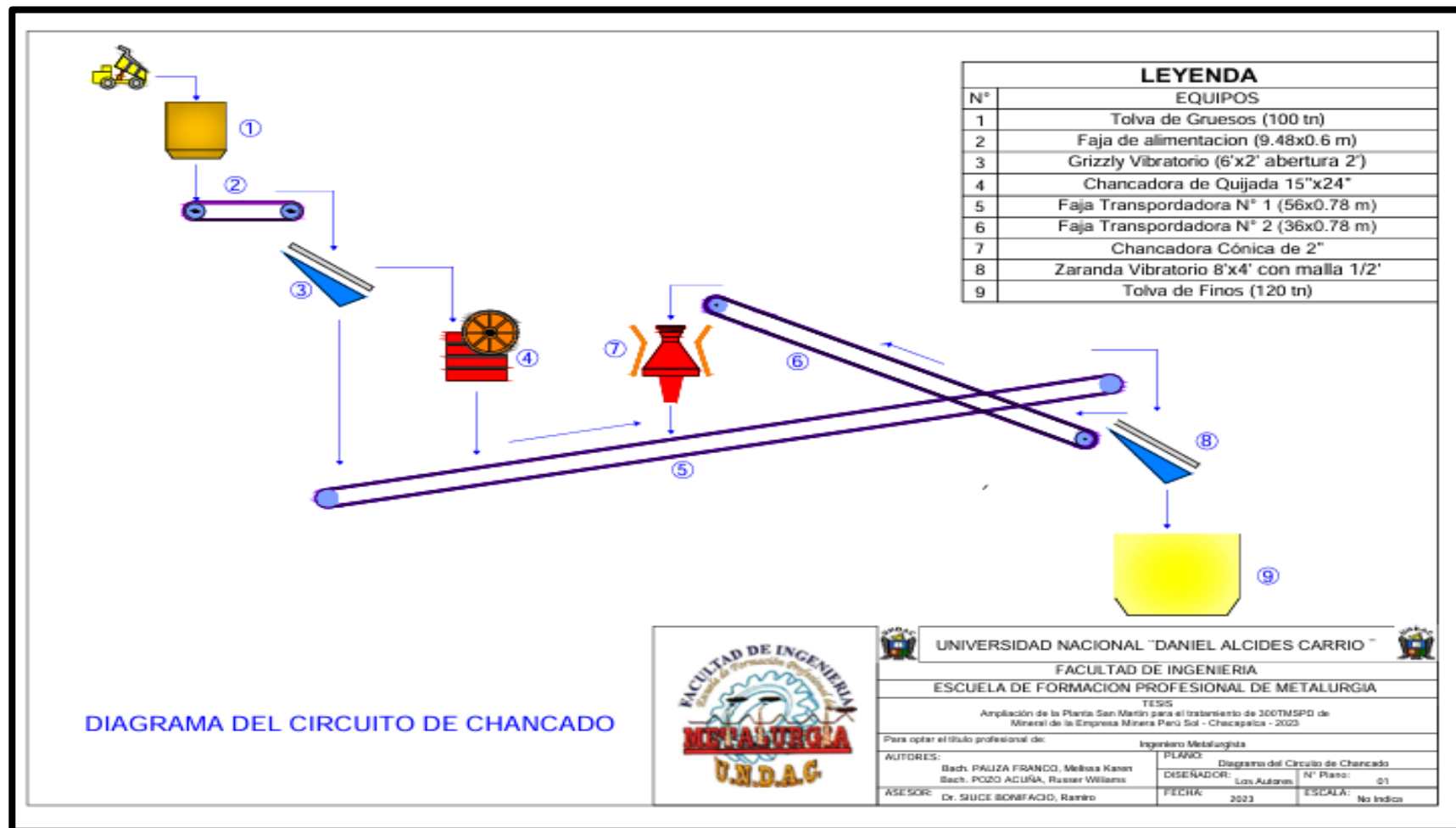
El primero circuito de flotación está compuesto por 3 celdas serranas 7' x 7' y 4 celdas Denver 24" x 24", el método de flotación es por flotación diferencial, en primer lugar, se adicionan los reactivos al molino para que se activan los sulfuros de Pb-Ag y se deprima el Zn y la pirita, los reactivos son el ZnSO_4 , cal para regular el pH, como depresor de la pirita se adiciona el NaCN, como colector el Z-11 que ingresa en la descarga del molino. Las espumas de la 1ra serrana va a 2do Denver, el relave de la 1ra celda serrana pasa a la 2da celda serrana, el relave de la 2da celda pasa a la tercera serrana, así las espumas de la 3ra serrana pasa a la 2da serrana y las espumas de la segunda serrana pasa a la 1ra serrana, los bancos de las celdas Denver cada

uno tienen para pasar sus espumas a una limpieza pasando a la celda flash. El concentrado de este circuito se alimenta al holding tank de plomo, el relave del banco Denver se alimenta a la 1ra celda serrana. Las celdas serranas actúan como celdas scavenger, las celdas Denver actúan como Rougher y la celda flash como cleaner.

c. Circuito de flotación de Zinc

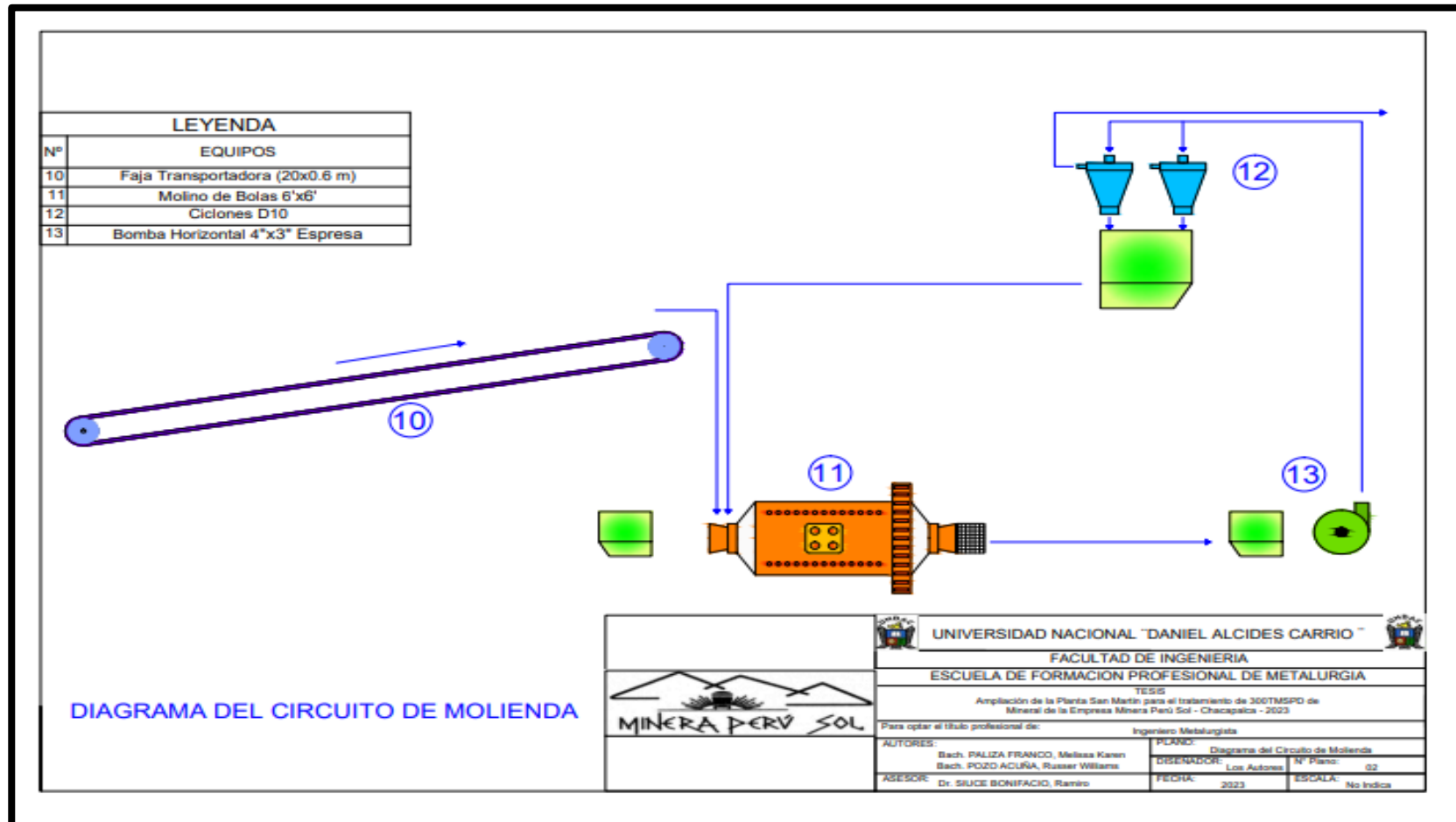
El circuito de zinc está compuesto por 4 celdas serranas de las cuales uno no está en funcionamiento, 2 celdas Denver. El relave de la 3ra Celda Serrana del circuito de Pb es el alimento para la 1ra celda serrana 7' x 7' del circuito de zinc, que actúa como acondicionador donde se adiciona los reactivos CuSO_4 como activador de zinc, cal como regulador de pH y también se adiciona el Z-11 como colector del Sulfuro de zinc.

Figura 1. Diagrama del Circuito de Chancado



Nota: Representa al diagrama del circuito de chancado inicialmente con 100 TMSPD

Figura 2. Diagrama del Circuito de Molienda



Nota: Representa al diagrama del circuito de chacado inicialmente con 100 TMSPD

El concentrado o las espumas de la 1ra celda serrana se alimenta al 2do Denver, el relave de la 1ra celda serrana pasa por la 2da celda serrana y sus espumas de dicha celda vuelve a la 1ra serrana, el relave de la 2da celda serrana pasa por la tercera serrana y el relave de dicha celda regresa a la 2da celda, el relave de la 3ra celda serrana sería el relave general que se emboca a la relavera Yanavico, mientras que las espumas de la 2da Denver pasan a una limpieza a la 1ra Denver y las espumas de dicha celda sería el concentrado final que pasa al holding tank de zinc.

d. Circuito de espesamiento y filtrado

El concentrado de Pb-Ag después de sedimentar en el espesador 7' x 7' se envía mediante una bomba al filtro prensa, luego el concentrado filtrado se deposita en el patio de despacho.

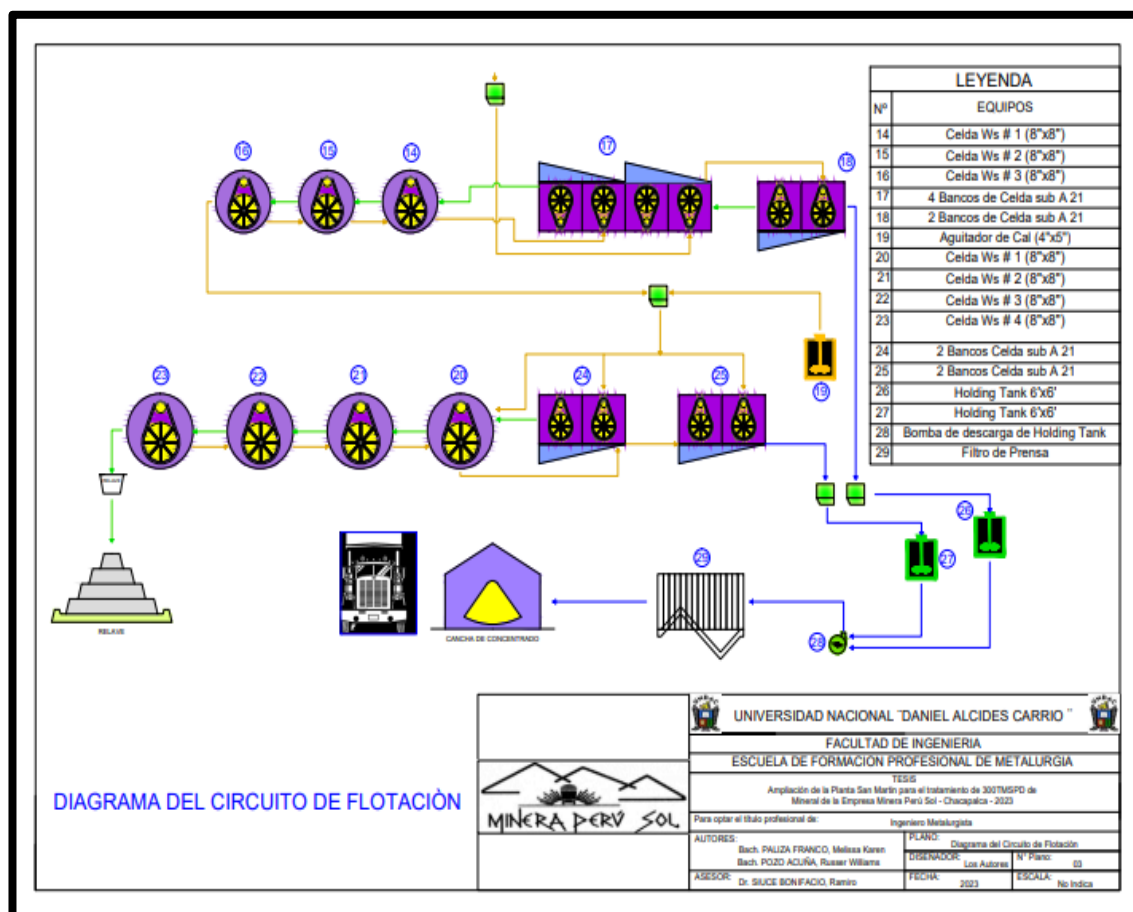
El concentrado de zinc es sedimentado en el espesador 7' x 7', el concentrado sedimentado se envía mediante una bomba al filtro prensa, anteriormente de cambiar concentrados se debe lavar bien las lonas para que no exista demasiada contaminación del concentrado, luego el concentrado de zinc filtrado se deposita en el patio de despacho.

e. Disposición de relaves

La disposición de relaves se realiza a la relavera denominado Yanavico, el relave se bombea desde la planta por tubería de pvc de alta densidad en apoyos de concreto armado dispuesto correctamente para su estabilidad, como medida de contingencia para el caso de una rotura u otros, está instalado sobre un canal de concreto de sección trapezoidal que sirve para contraer el relave hasta la corrección del problema.

El agua del rebose clarificado de la relavera se recircula a la planta concentradora a un amperaje de 27 previo tratamiento, para así evaluar la contaminación del medio ambiente.

Figura 3. Diagrama del Circuito de Flotación, Espesamiento y Filtrado



Nota: Representa al diagrama del circuito de flotación espesamiento y filtro

2.3. Definición de términos básicos

Ampliación de Planta Concentradora. - Incremento de capacidad de procesamiento para mejorar la eficiencia y la producción. (Jordan Webster, 2024)

Balance Metalúrgico. - Herramienta esencial en la industria de procesamiento de minerales. Se utiliza para determinar la eficiencia de los procesos de separación y concentración de minerales. (Hinostroza Antonio, Edilberto, 2015)

Chancadora. - Equipo utilizado en el procesamiento de trituración de minerales, que sirve para reducir el tamaño de las rocas extraídas de la mina. Este paso

es fundamental para facilitar el transporte del mineral y su posterior procesamiento en las etapas de molienda y concentración. (David King, 2016)

Diseño de Ingeniería. - Contiene el desarrollo de diseños preliminares, diagrama de flujo del proceso y selección de tecnologías. (Diana, 2024)

Estudio de Factibilidad. - Debe contener una evaluación técnica que es el análisis de la capacidad actual y una evaluación económica que estima los costos de capital y operativos. (wikipedia, Lineamientos para el estudio de factibilidad, 10 de abril de 2022)

Hidrociclón. - Equipo utilizado para la clasificación de partículas bajo la aceleración provocada por la presión hidrostática a través de un conducto inyector tangencial. (Cribas y Tamices Intervenista, S.L., s/f)

Gruesos. - Material grueso del hidrociclón (underflow) que retorna al molino.

Finos. - Material fino del hidrociclón (overflow) que va a la siguiente etapa que es la flotación. (Cemexlatam, s/f)

Densidad de pulpa. - Masa de pulpa por unidad de volumen (kg/m^3) (Esteban Huayanay, 2022)

D₅₀. - Punto de separación de gruesos y finos dentro de un hidrociclón. (Wiki, 2023)

CC. - Carga circulante ósea es la carga gruesa del ciclón que retorna a la molécula. (Tapia, s/f)

Molino. – Equipo fundamental en el procesamiento de minerales, utilizado para reducir el tamaño de las partículas del mineral después de la etapa de trituración. (wikipedia, 2025)

Celdas de Flotación. – Equipo crucial en la concentración de minerales mediante el proceso de flotación, que es uno de los métodos más importantes y

utilizados en la industria minera para separar minerales valiosos de la ganga. (David king, 2016)

Filtro Prensa. – Equipo utilizado en la deshidratación de lodos y pulpas en diversas industrias, incluyendo la minería, la industria química y la de tratamiento de aguas residuales. (Hinostroza Porras, 2021)

Concentrado. – Producto final de varios procesos de separación y concentración de minerales, donde se aumenta la proporción de los minerales valiosos presentes en la mena (mineral bruto). (Gallo Barreto, 2020)

PH. – Medida de acidez o alcalinidad de una solución. (Berrospi, 2023)

Razón de concentración (Rc). - Relación existente entre el número de toneladas de mineral de cabeza y el número de toneladas de concentrados producido. (Arca Chiroque, 2018)

Planta de Beneficios. – Instalación donde se procesan los minerales extraídos de una mina para separar y concentrar los metales valiosos. (Sigma, s/f)

2.4. Formulación de hipótesis

(Ramírez Peña), señala que “una hipótesis no necesariamente tiene que ser verdadera, ya que se puede hipotetizar algo intensamente comprobado o hipotetizar algo que ha sido contundentemente descalificado” (p.124). “cada nueva hipótesis es un aporte a la teoría, a la ciencia, es un avance en el conocimiento”.

2.4.1. Hipótesis general

La ejecución de la ampliación de la planta concentradora (Eficiencia) San Martín beneficiara la capacidad de tratamiento de 300 TMSPD de mineral en la Empresa Minera Perú Sol S.A.C. en el año 2023.

2.4.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1:

El dimensionamiento de los equipos alcanzara ejecutar el tratamiento de 300 TMSPD de mineral en la Empresa Minera Perú Sol S.A.C.

Hipótesis específica 2

La proyección del balance metalúrgico creara un análisis adecuado en el tratamiento de 300 TMSPD de mineral en la Empresa Minera Perú Sol S.A.C.

Hipótesis específica 3

La ampliación de la planta concentradora a 300TMSP incrementara beneficios económicos a la Empresa Minera Perú Sol S.A.C.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable Independiente

- Ampliación de la Planta Concentradora

2.5.2. Variable Dependiente

- Tratamiento de 300 TMPD.

2.5.3. Variables Intervinientes

- Controlar la eficiencia de chancado, consiguiendo que el producto final sea 100% - $\frac{1}{2}'' \times \frac{1}{2}''$.
- Controlar la adición de reactivos a los circuitos de flotación.
- Controlar la operación de los espesadores de Pb, Cu y Zinc.
- Controlar la contaminación del medio ambiente.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1. *Definición Operacional de Variables e Indicadores*

Variable	Definición		Indicadores
	Conceptual	Operacional	
Independiente			
Controlar la adición de agua en los diferentes puntos de molienda.	Evaluar los equipos existentes para incrementar las toneladas	• Evaluación de la planta concentradora 100 Toneladas Métricas Secas por Día • Evaluación de la planta concentradora 300 Toneladas Métricas Secas por Día	Ampliación de la planta concentradora San Martín 100 TMSPD (Toneladas Métricas Secas por Día)
Dependiente			
Controlar el tonelaje de alimentación al molino.	Implementación de nuevos equipos	Tonelaje de tratamiento	Implementación de equipos y máquinas para 300 TMSPD (Toneladas Métricas Secas por Día)

Nota: Esta tabla representa la variable, la definición conceptual y operacional, los indicadores

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación alcanza un enfoque cuantitativo, tipo aplicada, diseño experimental, corte transversal, nivel descriptivo y método Hipotético-Deductivo. Según (Niño Rojas), “los términos, Enfoque, modelo, tipo de investigación y método, todavía no alcanzan la homogeneidad en sus definiciones por los especialistas” (p.28).

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación alcanza el Tipo Aplicada, porque utiliza teorías como Ampliación de la Planta Concentradora, Tratamiento de 300 TMPD, eficiencia de chancado, adición de reactivos a los circuitos de flotación, operación de los empededores de Pb, Cu y Zinc y contaminación del medio ambiente.(Sánchez Carlessi & Reyes Meza, 2015), señalan que “El Tipo Aplicada, indica interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ella se deriven” (p.48).

3.2. Nivel de investigación

En cuanto al nivel de investigación, el nivel descriptivo. Tomando en consideración los objetivos del estudio y la naturaleza del problema planteado se

evaluaron las dimensiones y los equipos para el tratamiento de 300 TMSPD, dado que se enfoca en el diseño y propuesta de mejoras operativas y estructurales para optimizar el rendimiento de una la planta concentradora. Este trabajo involucra la evaluación de sistemas actuales, la proyección de capacidades futuras, y la integración de equipos y procesos que permitan alcanzar los nuevos objetivos de producción. Por lo tanto, la investigación se sustenta en un enfoque técnico y práctico, orientado a la implementación de mejoras reales dentro de un contexto productivo.

3.3. Métodos de investigación

El presente trabajo presenta el método científico, hipotético – deductivo, porque partimos de una hipótesis, alcanzamos una deducción y concluimos en una explicación. Según indica Santisteban Naranjo, “El método hipotético- Deductivo es un sistema de procedimientos metodológicos, que plantea afirmaciones en calidad de hipótesis, verificada mediante la deducción y concluye en una afirmación verdadera o falsa” (p. 135).

Además, la ampliación de la planta concentradora constituye un estudio y aplicación de carácter no experimental.

3.4. Diseño de investigación

El diseño a utilizar en el presente estudio es el experimental, por el tipo de tratamiento que alcanzan los datos acopiados. Para (Kerlinger & Lee ,1979), “la investigación experimental es la búsqueda empírica y sistemática en la que el científico posee control directo de las variables independientes, debido a que sus manifestaciones ya han ocurrido o a que son inherentes manipulables” (p.504). De acuerdo con (Hernández Filio, 2018), “los diseños de corte transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único” (p.176). El diseño utilizado en el presente estudio es de carácter descriptivo, porque permite describir y explicar el tema de investigación.

Los datos técnicos de cada área de la planta concentradora San Martín se obtuvieron con cálculos necesarios para verificar o evaluar los equipos y definir si existe la posibilidad de cambiarlos o mantenerlos. Culminado el análisis y conclusión se establece una propuesta de diagrama de flujo y de dimensiones para la ampliación de la planta a 300 TMSPD

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población lo constituye todo el mineral que ingresa a la cancha de almacenamiento con contenidos de minerales preciosos, la ganga, que provee los pequeños mineros para ser procesado en la planta concentradora San Martín ubicado en el distrito de Chacapalpa (La Oroya). Según (Huairé Jonas, 2022), “La población es el conjunto de elementos, también llamados, sujetos, individuos, casos o unidades muestrales, que comparten alguna característica en común” (p.73).

3.5.2. Muestra

Para (Montesinos, 2017), citado por (Huairé, 2022), “Una muestra debe ser representativa; es decir, establece las características típicas que poseen los elementos de toda la población” (p.75). A continuación, nos basamos del balance metalúrgico proyectado para 300 TMSPD que se encuentra en la **Tabla 16**, describimos el Resultado:

Ley Cabezas: 3,84% PbS; S= 0,01

Liberación: 150 (6%, malla 200)

r= 7 – 5 (Ge Pb); t= 2 – 5 (Ge Si O₂)

d= 20000 μ m = 2 cm.; f= 0,5; p=0,25

Factor de Liberación: $l = \sqrt{\frac{L}{d}} = \sqrt{\frac{150}{20,000}} = 0,086$

Conservando la galena PbS, entonces el mineral compuesto por 3,84 PbS

$$PM (Pb) = 207,2$$

$$PM (s) = 33$$

$$\%Pb = \frac{207,2}{239,2} \times 100 = 86,6\%$$

$$100\% Pbs \text{-----} 86,6\% Pb$$

$$a \text{-----} 3,84\% Pb$$

$$a = 4,434\% Pbs = 0,044$$

$$\text{Factor Metalúrgico: } m = \frac{1-a}{a} [(1-a)^r + a \cdot t]$$

$$\text{Factor Metalúrgico: } m = \frac{1-0,044}{0,044} [(1-0,044)^{5^{7.5}} + 0,044 \cdot 2,5] = 158,17 \text{ gr.}$$

$$\text{Constante de muestra (c)} = f \cdot g \cdot l \cdot m = 0,50 \cdot 0,25 \cdot 0,086 \cdot 158,17 = 1,70$$

$$\text{Peso mínimo de Muestra (M)} = 1,7 \cdot \frac{2^3}{(0,01)^2} = 136 \text{ 000 gr.}$$

$$M = 136 \text{ Kgs., se separa 68 Kg. como muestra de análisis}$$

$$M = 68 \text{ Kg. (Para toda PRUEBA METALURGICA)}$$

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos:

Para (Huaire, 2022), “La técnica comprende, procedimientos y actividades que le permiten al investigador obtener la información y dar respuesta a su pregunta de investigación” (p.90). A su vez (Arguelles Pascual, 2021), “Distingue que los métodos empíricos fundamentales se dividen en observación y experimentación y los métodos empíricos complementarios se dividen en la encuesta y la entrevista” (p.33). El resultado obtenido, responde a la pregunta de investigación. En nuestro trabajo se utilizaron 2 técnicas, la observación y la entrevista:

- **Observación.** Esta técnica se aplicó durante la toma de datos de los motores eléctricos de cada equipo de toda la planta.

- **Entrevista:** Esta técnica se aplicó para recoger orientaciones acerca del cómo obtenemos los datos iniciales de la planta según los expertos.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

(Hernandez, 2024) señala que “el instrumento es un recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tienen en mente” (p. 199). En nuestro caso los instrumentos utilizados fueron el cuaderno de campo y los ensayos químicos.

- **Cuaderno de campo:** Fueron los apuntes de las especificaciones técnicas de los equipos de la planta concentradora.
- **Ensayos químicos:** Valoró la recuperación y para poder dimensionar los equipos para 300 TMSPD.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

3.7.1. Selección del instrumento de investigación

En el presente estudio se aplicó el cuaderno de campo, como instrumento para el análisis de las variables en investigación. (Hernández ,2024), señala que “el instrumento es un recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tienen en mente” (p. 199).

3.7.2. Validez del instrumento de investigación

En el presente estudio, la validez de los instrumentos de recolección de datos fue valorada por el juicio de expertos. La Tabla 3, presenta los resultados de los expertos según descritos en el Anexo.

Tabla 2. Nivel de Validez por juicio de expertos

Expertos	Ampliación de Planta Concentrador a	Tratamiento de 300 TMPD.
Dr. Leoncio Elmer LUQUILLAS PUENTE	100	100
Dr. Daniel Joel PARIONA CERVANTES	100	98
Dr. Julio Alejandro MARCELO AMES	100	96
Promedio de Valoración	100%	98%

Nota: Representa el nivel de validez que se está dando en la planta concentradora

Señala (Kerlinger, 1979), “La validez es una cuestión más compleja que debe alcanzarse en todo instrumento de medición que se aplica” (p. 138).

3.7.3. Confiabilidad del instrumento de investigación

Para la coherencia interna, la investigación recurrió a la utilización del coeficiente del alfa de J. L. Cronbach, descrito según la Tabla 3.

Tabla 3. Valores de los niveles de confiabilidad

Valores	Nivel de confiabilidad
0,00 a 0,53	Confiabilidad nula
0,54 a 0,59	Confiabilidad baja
0,60 a 0,65	Confiable
0,66 a 0,71	Muy confiable
0,72 a 0,99	Excelente confiabilidad
1.00	Confiabilidad perfecta

Nota: es una fuente adaptada del nivel de confiabilidad

(Huaire, 2022), “la fiabilidad es la medida en que su aplicación repetida al mismo sujeto u objeto produce los mismos resultados” (p. 94).

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

En esta parte se describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos o respuestas que se obtengan.

3.8.1. Técnicas de procesamiento de análisis

La Técnica de Procesamiento de datos, corresponde a tres pasos importantes; recolección de datos o respuestas, procesamiento de la información y presentación y publicación de los resultados. El procesamiento los datos fueron elaborados en una tabla donde se determinó el work index, consumo de potencia.

3.8.2. Técnica de Análisis de datos

Para el análisis de datos, la presente investigación acudió a la utilización del Software Excel versión 2016, teniendo presente: el problema de investigación, los objetivos, la hipótesis de estudio y el marco teórico de estudio. (Hernández, 2018), describe que, “una vez codificado los datos, corregido los errores y guardado el archivo, se procede al análisis de los datos” (p.312). Realizado la toma de muestras en los diferentes puntos de los circuitos como chancado, moliendo-clasificación flotación de Pb-Cu y Zinc, se valuó los parámetros que influyen en cada etapa del proceso, como la carga circulante y eficiencia de la chancadora cedazo vibratorio, en molienda se analizó la carga circulante del circuito eficiencia del hidrociclón, en flotación se tomó muestras de cada circuito los cuales son enviados al laboratorio analítico para el análisis químico respectivo de cada elemento con los resultados del análisis se realizó los cálculos de balances metalúrgicos para determinar el tonelaje de los productos de la explotación, contenido metálico y recuperación.

3.9. Tratamiento estadístico

Para el tratamiento estadístico y la interpretación de los resultados se acudió a la utilización de la estadística descriptiva y la estadística inferencial.

3.9.1. Estadística descriptiva:

El estudio utiliza gráficos que representan variables cuantitativas, (comparación de variables) y medidas de dispersión de los datos. (Anderson ,2019); citados por

(Huaire, 2022), “el tratamiento estadístico descriptivo se presenta en tablas de frecuencias, gráficos estadísticos o medidas numéricas con el fin de describir diversas características” (p.98).

3.9.2. Estadística inferencial:

(Anderson, 2019), citado por (Huaire Jonas, 2022), indica que la estadística inferencial permite inducir (p.98). Para la prueba de hipótesis se acudió al uso de los estadísticos de Regresión lineal R^2 , donde el intervalo de confianza asumida fue del 95%, con un p valor analizado de la siguiente manera:

Si el p valor $\geq 0,05$, se acepta la Hipótesis nula (H_0)

Si el p valor $< 0,05$, se acepta la hipótesis de investigación (H_a)

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

La presente investigación, plantea principios bioéticos. Para (Martin , 2013), los compendios éticos a la metodología de la investigación son: Principio de autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia (p.29).

Principio de Autonomía:

Según (Martin, 2013), su fundamento filosófico se encuentra en Kant, que afirma que “el hombre es un fin en sí mismo y nunca puede ser utilizado como un medio” (p.29). “Respetar los puntos de vista”, la investigación indica que los participantes considerados fueron libres y no coaccionadas; teniendo la potestad de abandonar el estudio, si así lo decidiera.

Principio de Beneficencia:

Partiendo del principio de beneficencia “Hacer el Bien”, la presente investigación es útil para la Empresa Minera Perú Sol, ya que el diagnóstico actual y la propuesta planteada apuntalara la ampliación de la planta concentradora. Señala (Martin, 2013), “La beneficencia sin autonomía daría lugar a actitudes paternalistas. No

ha de entenderse la beneficencia como caridad o piedad, ya que se desarrolla entre seres humanos autónomos con derecho a decidir” (p.29).

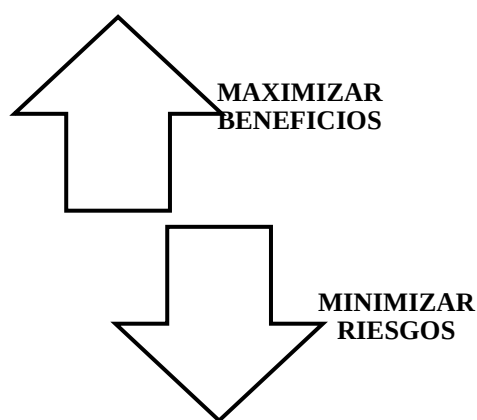
Principio de no maleficencia:

Iniciando con el dicho “no producir daño”, la presente investigación no causa daño o perjuicio, pues en todo momento se ha guardado la confidencialidad de los encuestados, siendo la intención de nuestra investigación buscar siempre el beneficio común de la población sujeta a investigación. Revela (Martin 2013), “Si en cualquier situación o circunstancia no podemos hacer un bien debemos, al menos, no hacer un mal. Este principio prevalece cuando entra en conflicto con otros principios” (p.29).

Principio de justicia:

La investigación ampara que todos los participantes contaron con los mismos derechos, al tratamiento justo, derecho a la socialización de los resultados del estudio; ningún participante sufrió discriminación de ninguna índole ni bajo ningún argumento, pues se busca el cumplimiento al derecho de la justicia y equidad. Según señala (Martin,2013), es el último de los principios, no por casualidad, sino porque históricamente también fue el más tardío en tenerse en cuenta en la ética biomédica; “tratar igual lo que es igual y desigualmente lo que es desigual”. (p.29)

Figura 4. *Riesgos y Beneficios de la ética en la investigación*



Nota: es una fuente adaptada de Martin, 2013, p.2

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

El trabajo de campo de esta investigación se realizó en la Empresa Minera Perú Sol S.A.C. lo cual dicha planta brinda beneficios de concentración de minerales polimetálicos en la planta de beneficios San Martín, ubicada en la provincia de Yauli-Chacapalpa, actualmente opera con una capacidad instalada de 100 TMSPD, la cual se proyecta ampliar a 300 TMSPD como parte del objetivo principal de esta tesis.

Durante el desarrollo del trabajo de campo, se llevaron a cabo visitas técnicas continuas a las instalaciones, facilitadas por el hecho de que el tesista formaba parte del equipo de trabajo en la planta durante ese periodo. Estas visitas permitieron una evaluación directa de los procesos, el funcionamiento de los equipos, así como la identificación de necesidades operativas y limitaciones técnicas.

Se inspeccionaron y analizaron las principales áreas de operación, incluyendo los sistemas de chancado, molienda, celdas de flotación y filtros prensa. Se tomaron registros fotográficos de los equipos, se midieron las capacidades operativas reales, y se realizó un análisis detallado del estado y desempeño de cada unidad.

Para el levantamiento de la información técnica, se contó con el apoyo del jefe de planta, operadores, personal de mantenimiento y técnicos electricistas. Este trabajo colaborativo permitió recolectar datos esenciales como el consumo energético, el análisis granulométrico del mineral, los tiempos de operación y los resultados del balance metalúrgico, enfocados en la recuperación de los metales de interés.

Durante el proceso, también se identificaron algunas limitaciones importantes que afectaron la eficiencia del trabajo de campo. Entre ellas destacan la disponibilidad limitada de equipos sofisticados, especialmente instrumentos de medición y equipos de laboratorio, así como restricciones de tiempo operativo, lo cual representó un desafío para la recolección más profunda de datos complementarios.

En conjunto, esta etapa permitió obtener una visión clara de las condiciones actuales de la planta y generó la base técnica necesaria para formular una propuesta realista y sustentada de ampliación de capacidad.

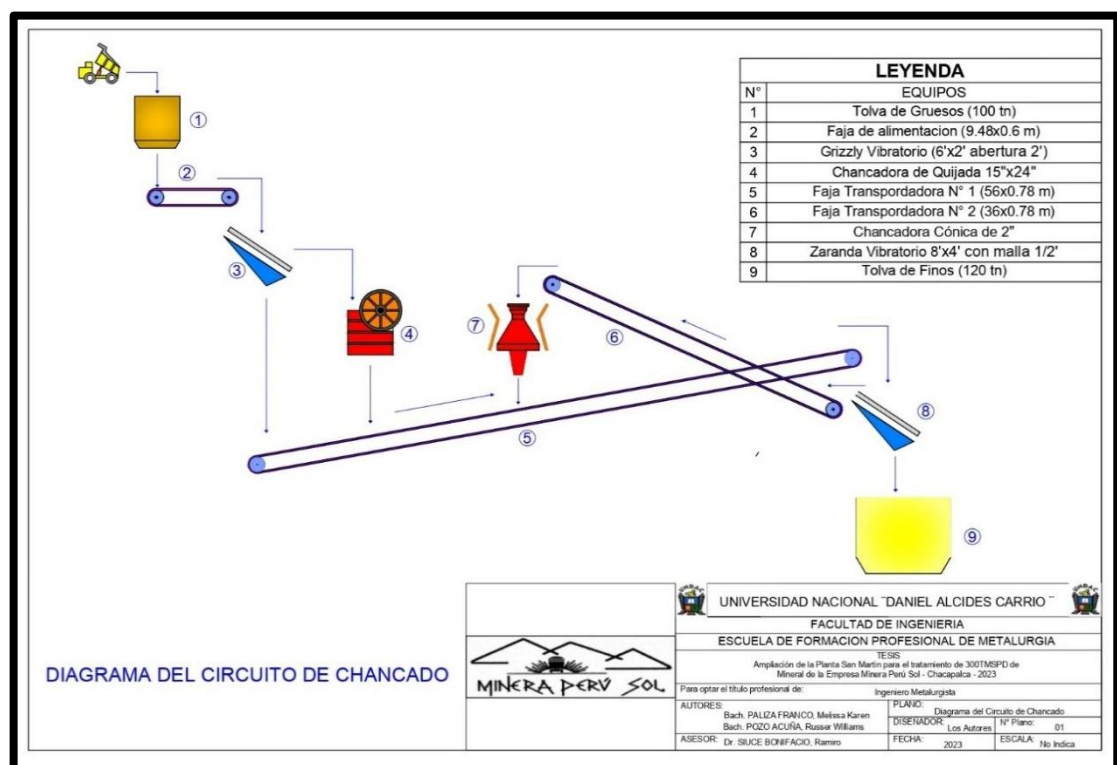
El mineral estudiado es polimetálico complejo, en el que la mena está constituida por los siguientes minerales: Mineral de plomo de Galena PbS ; Mineral de plata de Tetraedrita argentífera; Mineral de cobre de Calcopirita $CuFeS_2$; Mineral de zinc de Esfalerita ZnS , Marmatita $ZnSFe$, en el cual la ganga está compuesta básicamente por: pirita FeS_2 , cuarzo SiO_2 , rodocrosita $MnCO_3$. En las operaciones es evidente la complejidad del proceso de flotación debido a la presencia de diferentes minerales importantes en el mineral de cabeza y las múltiples asociaciones especialmente de Plata (Ag) ya que la planta concentradora San Martín procesa minerales de diferentes explotaciones que proveen los pequeños mineros y la misma empresa. Lo anterior descrito ha generado la evaluación de la capacidad de los equipos de planta de la chancadora de quijada de 15 x 30; la capacidad de la faja de transportadora; la capacidad de la zaranda vibratoria y otros.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Evaluación de la capacidad de los equipos en planta de 100 Ton/Día

Para la evaluación de los equipos de la planta de 100 TMPD se consideró las características técnicas de los equipos instalados tanto en la sección de chancado como también en la sección de molienda y flotación.

Figura 5. Planta de 100 TM/día



Nota: Es el diagrama de circuito de chancado de 100 TMSPD

A. Evaluación de la Chancadora de quijada 15 x 20

Datos:

?	Dimensión	: 15 x 20
?	F80	: 5 pulg
?	P80	: 2 pulg
?	Potencia	: 120HP
?	Voltaje	: 440 volt.

Intensidad	: 96,8 Amp (práctico)
I nominal	: 120 Amp (placa)
Cos Ø	: 0,8

Cálculos de la energía total suministrada

$$P = \frac{440 \text{ vol} \times 96,8 \text{ Amp} \times \sqrt{3} \times 0,8}{1000} = 59,02 \text{ Kw}$$

$$P = 59,02 \text{ Kw}$$

Cálculo del consumo de energía

$$W = \frac{P}{T_{on}} = \frac{59,02 \text{ Kw}}{14,06 \text{ Tc}} = 4,19 \text{ Kw} - \frac{h}{Tc}$$

$$W = 4,19 \text{ Kw-h/Tc}$$

Cálculo del tonelaje máximo que puede tratar la chancadora

$$T_{max} = \frac{0,746 \times Hp \text{ instalado}}{W}$$

$$T_{max} = \frac{0,745 \times 120 \text{ Hp}}{4,19 \text{ Kw} - h/Tc} = 21,34 \text{ Tc/hr}$$

Cálculo de la eficiencia de la chancadora

$$E = \frac{\text{Tonelaje práctico}}{\text{Tonelaje teórico}} \times 100$$

$$E = \frac{14,06 \text{ Tc/hr}}{21,34} \times 100 = 65,88\%$$

La chancadora está trabajando a un **65,88%** de su capacidad máxima, lo que quiere decir que soporta 7,28 Tc/h de tratamiento de minerales adicionales en la alimentación.

Tabla 4. Capacidad actual de la Chancadora de quijada 20 x 15

Eficiencia	Eficiencia Actual	Diferencia de Eficiencia
100.00%	65,88%	34,12%

Nota: En la tabla tenemos la eficiencia tanto actual y la diferencia de la eficiencia de la chancadora de quijada 20 x 15

B. Evaluación de la capacidad de la faja transportadora

Hp motor	: 12,5 Hp
Longitud	: 183,7 pies
Altura	: 16,4 pies
Ancho de faja	: 22 pulg

$$E = \frac{1980000 \times P}{L + H}$$

Donde:

T = Capacidad teórica (lb/hr)

P = Potencia del motor (Hp)

L = Longitud total de la faja transportadora (ft)

H = Diferencia de altura entre los extremos de la faja (ft)

1980000 = Factor de conversión de Hp-hr a ft-lb

$$E = \frac{1980000 \times 12,5}{183,7 + 16,4}$$

$$E = 123688.1 \frac{lb}{hr} \cong 56,1 TM/hr$$

La faja tiene una capacidad instalada de 56,1 Tm/h

C. Evaluación de la capacidad de la zaranda vibratoria

Datos:

Zaranda	8' x 4'
2 plataformas	abertura de malla 1 ½ y ½
Densidad Mineral	2,54 TM/m ³ (158,63 lb/ft ³)
Fac. Malla	20 (cuadrada)
Abertura malla	½ pulg

$$C = \frac{A \times S \times Q}{B}$$

$$C = \frac{8 \times 4 \times 158,63 \times 0,5}{20} = 126,9$$

$$C = 126,9 \text{ Tc/h} \sim 115,12 \text{ TM/h}$$

D. Evaluación de la chancadora secundaria 2'

Datos:

Hp	instalado	30 Hp
E		220 vol
I nominal		125,7 Amp
I práctico		100 Amp
Cos Φ		0,88
Tonelaje descarga		25 Tc/h
Trabajo		10 h

$$P = \frac{(\text{Volts} \times \text{Amp} \times \sqrt{3} \times \text{Cos}\phi)}{1000}$$

$$P = \frac{(220 \text{ V} \times 100 \text{ Amp} \times \sqrt{3} \times 0,8)}{1000}$$

$$P = 33,53 \text{ Kw}$$

Consumo de energía

$$W = \frac{P}{T}$$

$$W = \frac{33,53 \text{ Kw}}{25 \text{ TC/hr}}$$

$$W = 1,34 \text{ Kw} - \text{hr/Tc}$$

Tonelaje Máximo de Trituración

$$T_{\max} = \frac{60 \text{ Hp} \times \left(\frac{0,735 \text{ Kw}}{1 \text{ Hp}} \right)}{1,34 (\text{Kw} - h)/\text{Tc}}$$

$$T_{\max} = 32,9 \text{ TC/hr}$$

$$E = \frac{25 \text{ Tc/h}}{33 \text{ Tc/h}} \times 100 = 75,75\%$$

La chancadora secundaria viene trabajando el **75,75%** de su capacidad instalada, teniendo para incrementar el tonelaje de tratamiento de 8 tc/h

E. Evaluación del Molino 6 x 6'

Las características del molino se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. *Evaluación de la capacidad del molino de 6' x 6'*

Concepto	Valor	Concepto	Valor
Diámetro, pies	6,0	Velocidad critica	31,28
Longitud, pies	6,0	Amperaje, Motor nominal	170,0
RPM Normal	11,9	% Velocidad Critica	75,00
Alimento, TM/hora	4,17	Consumo de Energía, Kw-h/TMS	24,85
HP, Motor	125,0	Índice de trabajo, Kw-h/TMS	54,89
Voltaje del motor, voltios	440,0	G.e. mineral	3,69
Factor de potencia, Cos Ø	0,80	% Eficiencia	92,62%

F= 16 TM/h

Nota: En la tabla nos muestra las especificaciones técnicas del molino 6'x6'

Cálculo de la energía total suministrada:

$$P = \frac{1,732 \times 440 \times 170 \times 0,80}{1000} = 103,6 \text{ Kw}$$

Cálculo del consumo de energía:

$$W = \frac{103,6 \text{ Kw}}{16 \text{ TM/h}} = 6,47 \text{ Kw} - h/Tc$$

Cálculo del tonelaje máximo que puede tratar el molino

$$T_{max} = \frac{0,746 \times Hp \text{ instalado}}{W}$$

$$T_{max} = \frac{0,746 \times 125Hp}{6,47 \text{ Kw} - h/Tc}$$

$$T_{max} = 14,412 \text{ TC/hr}$$

Cálculo de la eficiencia del molino

$$\%Eficiencia = \frac{103,64 Kw}{125 Hp \times \frac{0,746 Kw}{Hp}} \times 100 = 92,62\%$$

Este valor de **92,62%** sugiere que el molino viene trabajando con una capacidad óptima indicando que es posible incrementar el tratamiento mineral en un mayor tonelaje.

F. Evaluación del hidrociclón D-10

Datos:

Q	: 3,014 pies ³ /min
F	: 4,16 TM/h
Dc	: 10 pulg
Carga circulante	: 283%
Ge	: 2,8 g/cc
% sólidos alimentación	: 50%
Presión	: 7 PSI

$$Q = 0,7\sqrt{P} \cdot (Dc)^2$$

Cálculo del caudal de alimentación al hidrociclón

F= 15,9 Tm/h

$$Q = \left(\frac{16}{2,8} + \frac{16}{0,50} \times \frac{0,50}{1} \right) \times 0,534 = 11,59 \text{ pies}^3/\text{min}$$

$$Q = 86,79 \text{ G.P.M}$$

Para efectos de ampliación se considera 50% más.

$$Q = 86,79 \times 1,5 = 130 \text{ GPM}$$

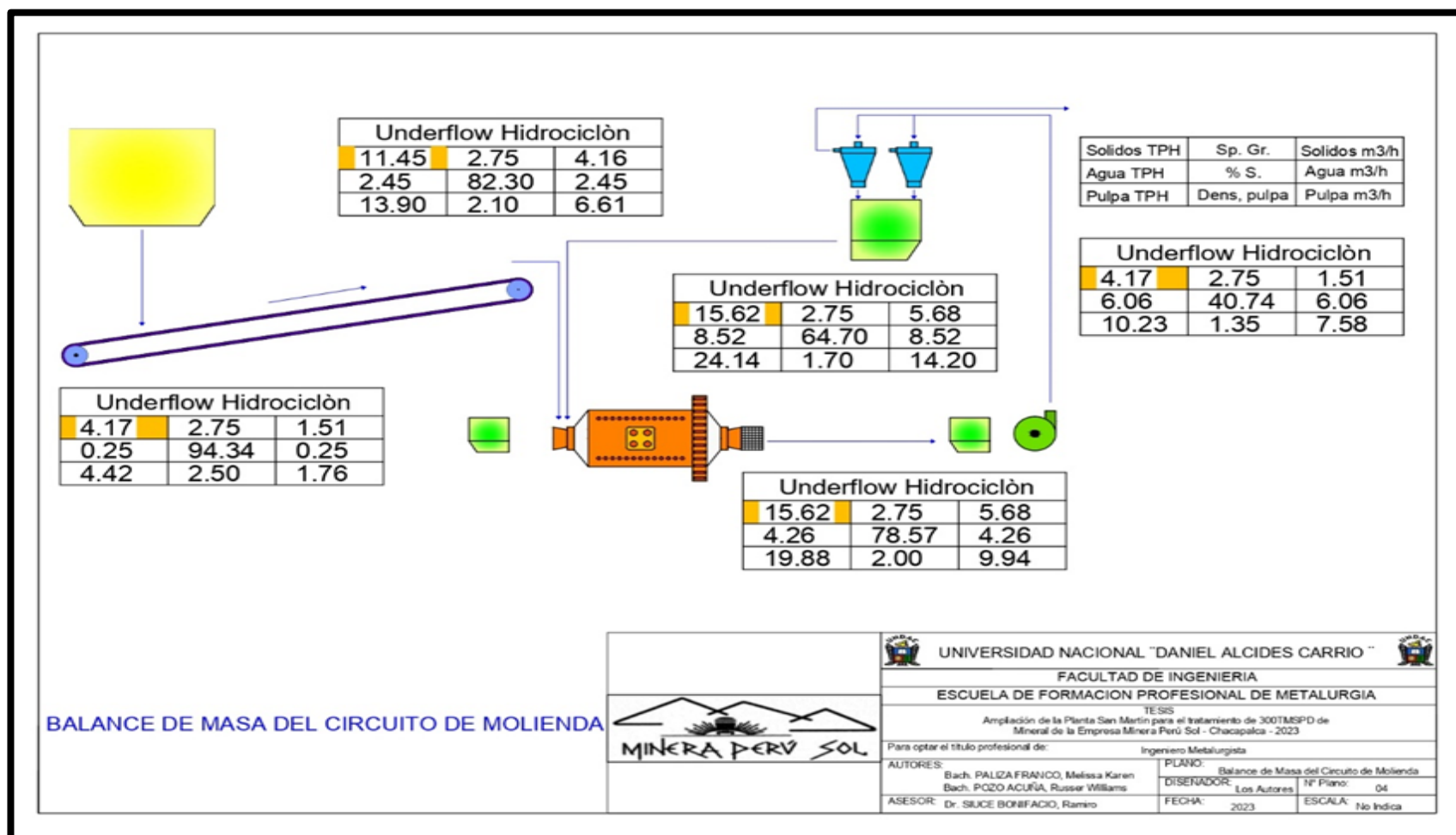
Cálculo de la capacidad del hidrociclón 10 pulg.

$$Q = 0,7\sqrt{7} \times (10)^2 = 185,2 \text{ GPM}$$

$$Eficiencia = \frac{130 \text{ GPM}}{185,2 \text{ GPM}} \times 100 = 79,29\%$$

El hidrociclón está trabajando con el **79,29 %** de su capacidad, esto indica que es posible incrementar el tonelaje de tratamiento sin afectar la recuperación en la flotación. Se cambiaría a un hidrociclón D-15

Figura 6. Balance de Masa del Circuito de Molienda



Nota: Nos muestra el balance de masa del circuito de molienda en las diferentes etapas

Tabla 6. Balance de agua y pulpa flotación Pb-Ag

PRODUCTO	SÓLIDOS			AGUA			PULPA			
	%peso	TMH	MPD	Ge.	m ³ /h	PM	MPH	m ³ /h	GPM	%Sp
Concentrado Pb – Ag	91	24	4,26	0,9	3,91	0,13	0,5	4,18	6,81	6,26

Nota: Nos muestra balance de sólidos, agua y pulpa de la flotación del circuito de Pb y Ag

Tabla 7. Balance de agua y pulpa flotación Zn

PRODUCTO	SÓLIDOS			AGUA			PULPA				
	%	TMH	TMP	G.e	m³/h	GP	TM	m³/h	GPM	%Sp	D
	Peso										
Relave Pb-Ag	94,09	3,92	94,09	3,47	5,00	22,01	8,92	5,50	24,21	25,84	1,24
Concentrado de Zinc	13,90	0,58	13,90	3,84	0,79	3,47	1,37	0,90	3,96	31,61	1,34
Relave General	80,19	3,34	80,19	3,12	5,77	25,40	9,11	6,23	27,40	19,22	1,2

Nota: Nos muestra el balance de sólidos, agua y pulpa de la flotación del circuito de Zn

Cálculo del tiempo de flotación

Tiempo de Flotación de Celda Unitaria

Q = Alimento del circuito de flotación (1,3)

δ = Densidad de pulpa (1290 gr/l)

S = Gravedad de mineral (3,69)

Vc = Volumen de celda unitaria (187')

Número de celdas = 1

Cálculo Constante de Sólidos (k)

$$K = \frac{(S - 1)}{S}$$

$$K = \frac{(3,69 - 1)}{3,69}$$

$$K = 0,729$$

Cálculo del Porcentaje de Sólidos

$$P = \frac{(\delta - 1000) \times 100}{\delta \times K}$$

$$P = \frac{(1280 - 1000) \times 100}{1280 \times 0,729}$$

$$P = 30\%$$

Cálculo de Dilución

$$d = \frac{(100 - P)}{P}$$

$$d = \frac{(100 - 30)}{30}$$

$$d = 2,33$$

Cálculo de Flujo Volumétrico

$$V = Q \times (d + \frac{1}{s})$$

$$V = 1,3 \times (2,33 + \frac{1}{3,69})$$

$$V = 3,38$$

Cálculo del Tiempo de Flotación

$$T = \frac{N \times V_o \times h}{V_c}$$

Donde:

T = Tiempo de flotación

N = Número de celdas

Vo = Volumen de la celda

h = factor 0,75 para las celdas Denver

Vc = Volumen de pulpa entrante a flotación

$$V = \frac{1 \times 187 \times 0,75}{3,38}$$

$$V = 41,5 \text{ min}$$

Sección Filtro

Se presenta 2 holding tank (tanque de agitación) de dimensiones 7' x 7' y un filtro prensa que es automatizado.

Capacidad del Holding Tank

$$V = \pi r^2 h = 3,14 \times 2,13 \times (1,066)^2$$

$$V = 7,61 \text{m}^3$$

Motor y agitador

- Motor reductor con potencia de motor de 15 HP, 210 RPM
- Bomba centrífuga Warman que alimenta al filtro prensa de 50 HP.
- Entrada / Salida Succión 3" / Descarga 2"
- Diámetro de Impulsor 250 mm con giro 2400 rpm

Filtro prensa

MODELO: FP 080/19 MXP P16/T40 AUT SERIE: IF PCC 173 19

- Material de la estructura : Acero al carbono A-36 y manifold de válvulas en acero inoxidable
- Tipo de Placas : Mixtas de 800 mm
- Material de las Placas : Polipropileno Gris Virgen
- Material de la Tela Filtrante : Polipropileno PP – 460
- Capacidad de Prensa : 495 lt
- Superficie filtrante : 17,8 m²
- Espesor de Torta : 40 mm
- Número de Placas : 19 (Incluye placa de cabeza y cola)
- Tamaño de Placas : Cuadradas de 800 mm
- Presión de Operación : Hasta 120 psi
- Alimentación : Por una esquina, 3"

- Descarga : Por las 3 esquinas, descarga de 3"
- Sistema de cierre: Hidráulico automático: Compuesto por 02 bombas hidráulicas, de 7,5 HP y 4 HP, 01 cilindro hidráulico doble efecto, 02 presostatos de alta presión, válvulas de alivio y reguladores.
- Tonelaje por cada ciclo : 0,7 ton / ciclo

Tabla 8. Evaluación de la capacidad de los equipos

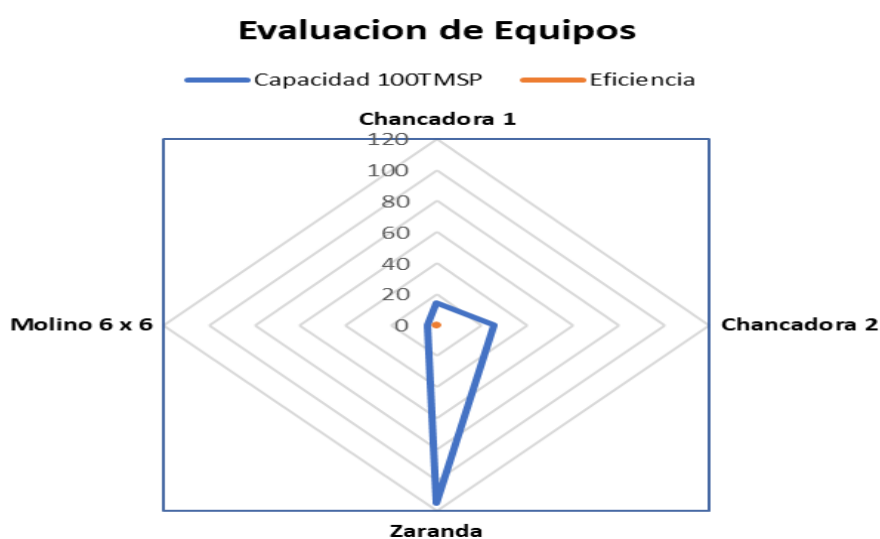
Equipo	Capacidad TMPD	100 Eficiencia operación	Evaluación
Chancadora 1	14,06 Tc/h	65,88%	SI
Chancadora 2	25.00 Tc/h	75,75%	SI
Zaranda	115,12 Tc/h	64,27%	SI
Molino 6x6	4,17 Tc/h	92,62%	SI
PROMEDIO PONDERADO		66,97%	

Nota: Nos muestra la tabla de la capacidad la eficiencia y la evaluación de los equipos de planta

Conclusión

La evaluación determina que los equipos que viabilizan operar en la ampliación de la planta son: La Chancadora de quijada, la Chancadora Symon de 2 pies, la zaranda vibratoria y el molino primario 6'x6'.

Figura 7. Evaluación de la capacidad de los equipos



Nota: Nos da la evaluación de equipos tanto del molino, chancadora y zaranda

4.2.2. Especificaciones técnicas de los nuevos equipos de la planta de 300 TMSP

El estudio de la Ingeniería de detalle contempla la ampliación a 300 TMSPD, en el circuito de chancado y el desarrollo de gruesos y finos; en el circuito de molienda, se plantea instalar un molino adicional con un hidrociclón D-15"; además se instala en el circuito de flotación de Pb-Ag celdas Agitair para rougher, scavenger y cleaner; para el circuito de Zinc también se instala celdas Agitar para rougher, scavenger y cleaner; y para el circuito de eliminación de agua se instala un filtro prensa para el Zinc.

El estudio refiere como base los parámetros determinados en las pruebas de flotación desarrollados a escala de laboratorio, con los resultados de las pruebas se elabora un nuevo diagrama de flujo con su respectivo balance metalúrgico proyectado, precisando los equipos del proceso y el arreglo o disposición en los equipos.

Del estudio metalúrgico realizado a nivel laboratorio se precisa los parámetros básicos que permiten iniciar la operación a escala en planta, siendo los parámetros de diseño aquellos que permiten realizar una selección y dimensionamiento de los equipos principales que serán utilizados en las operaciones de la planta. Para definir algunos de los criterios de diseño se presenta el uso de los siguientes conceptos:

- Datos Experimentales
- Criterio aplicado por la CIA Minera Perú Sol S.A.C.
- Criterio de aplicación del fabricante del equipo.
- Criterios basados en los cálculos del proceso
- Datos del Hand Book de ingenieros
- Datos asumidos por el responsable del estudio

A continuación, se indica los parámetros estimados:

1. Características del Mineral

El mineral es polimetálico complejo, donde la mena está constituida por los siguientes minerales:

- Mineral de plomo : Galena PbS
- Mineral de plata : Tetraedrita argentífera
- Mineral de cobre : Chalcopirita CuFeS_2
- Mineral de zinc : Esfalerita ZnS, Marmatita ZnSFe
- La ganga está compuesta básicamente por: pirita FeS_2 , cuarzo SiO_2 , rodocrosita CO_3Mn

En las operaciones es evidente la complejidad del proceso de flotación debido a la presencia de diferentes minerales importantes en el mineral de cabeza y las múltiples asociaciones especialmente de Plata (Ag) ya que la planta concentradora San Martín procesa minerales de diferentes explotaciones que proveen los pequeños mineros y la misma empresa.

2. Datos de Capacidades y Rendimientos

- Tonelaje anual : 108,000.00 TM
- Días de operación mineral : 360 días
- Promedio diario de tratamiento : 300 TMSPD
- Promedio de humedad de mineral : 4,6 % H_2O
- Gravedad específica : 3,82

3. Datos de Capacidades y Rendimientos

Mineral Grueso

- Capacidad de la tolva : 300TM
- Método de alimentación parrilla : Volquete, cargador frontal

- Tamaño máximo de alimentación : 8 pulgadas

Mineral Fino

- Capacidad de la tolva : 300 TM
- Método de la alimentación : Por la faja transportadora descargada de la chancadora secundaria
- Tamaño máximo de chancado : $\frac{1}{2}$ " x $\frac{1}{2}$ "

4. Chancado General

En esta etapa se considera una capacidad de 300 TMD a 16 horas de operación efectuada.

- Disponibilidad : 95%
- Días de operación por año : 360
- Horas de operación efectuada : 16 h/día
- Tonelada por día : 300 por día
- Tonelada por hora : 18,75 TM
- Guardias por día : 2 de 8 horas cada uno

5. Chancado Primario

- Chancadora de quijada : 14" x 25"
- Tamaño máximo de alimentación : 8" (203200 u)
- Promedio de tratamiento : 26,79 t/hora
- F80 : 152400 u
- P80 : 50800 u
- Abertura del set de descarga : 2"
- Método de alimentación : Parrilla estacionaria (grizzly)

6. Chancado Secundario

- Chancadora cónica symons : 3 pies

- Método de alimentación : overzise del cedazo vibratorio
- Método de clasificación : Cedazo vibratorio 8' x 4'
- Tamaño máximo de clasificación : 2 pulgadas
- Tamaño de producción : - 1/2" x 1/2"
- Promedio de tratamiento : 11,50 t/ hora
- F80 : 50800 u
- P80 : 12700 u
- Abertura del set de descargas : - 1/2"

7. Molienda y Clasificación

- Disponibilidad : 95%
- Días de operación semanal : 7 días
- Horas de operación por Días : 24 horas
- Promedio de tratamiento : 12,50 t/hora
- Work index Kw : 13,91 Kw – hr/tc

8. Tolva de Fino

- Alimentación directa : Descarga de la Faja
- Capacidad de la carga : 30 TN
- Control del tonelaje : Balanza automática

9. Circuito de Molienda

- Número de molinos disponibles : 2
- Tipo de molino : de bolas con descarga libre
- Tamaño (D x L) : 7' $\varnothing$ x 7,5'
- Consumo de energía : 13,91 Kw-hr/tc
- Tamaño del mineral fresco (alimento): 12700 u
- Tamaño del producto final : 192 u

- Tipo de circuito : abierto
- Densidad de pulpa descarga : 2250 gr/ lt
- % de solidos : 74,83%

10. Molienda Secundaria

- Tamaño (D x L) : 6' 8" x 6'
- Tamaño del mineral alimento : 142u
- Tamaño del producto final : 74u
- Tipo de circuito : cerrado
- Densidad de pulpa en la descarga : 2100 gr/lt
- % de solidos : 72,20%

11. Circuito de Flotación General

- Disponibilidad : 95%
- Días de operación semanal : 7 días
- Horas de operación : 24 horas/día
- Promedio de tratamiento : 12,50 tn/ día
- Densidad de pulpa alimento : 1400 gr/lt
- % de solidos : 42,18%

12. Flotación de Plomo – Plata

- Promedio de tratamiento fresco : 12,50 tn/hora
- Densidad de pulpa : 1360 gr/lt
- % de solidos : 30,03%
- Tipo de circuito : Cerrado-ciclos
- Tipo de arreglo : Rougher + Scavenger + Cleaner
- Tiempo de flotación Rougher : 5,0 min
- Tiempo de flotación Scavenger : 4,0 min

- Tiempo de flotación Cleaner : 4,0 min

13. Flotación de Zinc

- Promedio de tratamiento : 11,93 ton/hora
- Densidad de pulpa : 1360 gr/lt
- % de solidos :35-63%
- Tipo de circuito : cerrado-ciclos
- Tipo de arreglo : Rougher+Scavenger+Cleaner
- Tiempo de flotación Rougher : 6,0 min
- Tiempo de flotación Scavenger : 4,0 min
- Tiempo de flotación Cleaner : 3,0 min

14. Espesamiento y Eliminación de Agua

- El concentrado de Pb-Ag se envía al espesador de 6' x 7'
- La pulpa espesada se envía a un filtro de prensa
- El concentrado de zinc se enviará al filtro prensa que se comprará.

4.2.3. Descripción general de las operaciones

A continuación, se hace un resumen general del proceso proyectado.

A. Sección Chancado

Este circuito consta de las etapas de chancado, una primaria lo cual se realiza en una chancadora de Quijada de 14 x 25" previa clasificación en un Grizzly de 6" x 2", la chancadora opera en circuito abierto con un set de descarga de 2 pulgadas. El chancado Secundario se realiza en una chancadora symons de 2 pies que opera con un set de descarga de ½" previa clasificación en un cedazo vibratorio de 4" x 8", el producto es depositado en una tolva de finos de 300TM de capacidad.

Aspecto Ambiental: En esta operación por su naturaleza existen dos impactos ambientales significativos, que son: el polvo, en menor escala el ruido que serán

mitigados de la siguiente manera: el polvo se minimiza su generación controlando la humedad crítica del mineral alimentado al circuito, definida para este caso 5% utilizando spray de agua en la faja transportadora N°1 luego para precipitar la nube de polvo que se levanta en los transvases de mineral de la chancadora a la faja, con respecto al ruido se va a utilizar forros de caucho de fajas transportadoras en desuso para los chutes, en vez de planchas metálicas de tipo T-1, así se reducirá el ruido en la zona de impacto.

B. Sección Molienda

Este circuito tiene una etapa de molienda primaria con un molino de bolas de 7' x 7,5' que opera en circuito abierto, el producto pasa a una bomba Wilfley AC que bombea a un hidrociclón Krebs D-15" el producto grueso de esta clasificación retorna a un molino de bolas de 6' x 6' que opera en un circuito cerrado, el overflow del clasificador va al circuito de flotación.

Aspecto Ambiental: Con respecto al manejo ambiental en este circuito se ha identificado dos impactos ambientales significativos, el ruido generado en el molino y el derrame de pulpas, para el primer caso se va minimizar utilizando forros de caucho en las chaquetas del cuerpo interior y en las tapas del molino.

El derrame de las pulpas que se puede dar por una contingencia como corte intempestivo de fluido eléctrico, será controlado con la poza de emergencia construido alrededor del molino, el área de las bombas respectivas.

C. Circuito de Flotación

Flotación de Plomo - Plata: Este circuito se inicia con la adición de los reactivos al molino primario, donde se inicia la activación del mineral de Pb-Ag, en los reactivos $ZnSO_4$, cal para regular el PH, el Z-11 como colector, MIBC como espumante el NaCN como depresor de la pirita, La flotación se realizará en cuatro

celdas Rougher y cuatro celdas Scavenger del tipo Denver Agitair 48 y cuatro celdas Cleaner del tipo Denver Agitair 36. El relave del banco scavenger va al circuito de zinc el concentrado de Pb-Ag es enviado al espesador de sedimentación, luego al filtrado.

Flotación de ZINC: Este circuito se inicia con una etapa de acondicionamiento donde se activa los sulfuros de zinc con el reactivo sulfato de cobre, cal para regular el PH, colector Z-11. La flotación Rougher tiene 6 celdas Agitair N°48 y 4 celdas Agitair scavenger N°48 y la de limpieza en dos etapas con tres celdas Agitair N°36 cada una. Las ascuas y otras gangas que no flotan constituyen el relave generado por la flotación los cuales conforman el relave general de la planta, es enviado por tubería a la cancha de relaves.

Aspecto Ambiental: En este circuito de flotación se ha identificado un riesgo de impacto ambiental el cual es el derrame de la pulpa, para evitar que se descargue al medio ambiente se construirá una poza de almacenamiento de pulpa, mediante una bomba vertical se retorna al circuito, sin embargo, es bueno aclarar que el sistema de control de descarga de las celdas se cierra cuando se interrumpe el fluido eléctrico.

D. Eliminación de Agua

La sedimentación del concentrado de Pb-Ag se realizará en un espesador de 6' x 7' y un filtro prensa, el concentrado filtrado se depositará en el patio de despacho.

La sedimentación del concentrado de zinc se realizará en un espesador de 6' x 7' y filtro de prensa nueva, el concentrado filtrado se depositará en el patio de despacho.

Aspectos Ambientales: Para que esta operación se desarrolle sin originar impacto ambiental se ha diseñado el circuito considerando aspectos como el

efluente líquido del rebose de las pozas de sedimentación se van a recircular a la planta. El producto sólido puede originar contaminación por el circuito, el derrame de los camiones y contaminación de los accesos hacia el área de carguío de concentrados.

Las acciones para eliminar estos impactos son las siguientes: La contaminación se evita cuando el producto sólido es descargado con una humedad de 10%, el área del stock de concentrados tendrá coberturas que se implementará.

El derrame de los camiones se evitará aplicando instrucción de trabajo que considera la inspección del estado de la tolva del camión. La contaminación de los excesos ocasionados por las llantas del cargador frontal se evitará con un lavado de las llantas antes que regrese, antes de salir de la zona de carguío. El producto lavado se recircula a la zona de sedimentación.

E. Disposición de Relaves

El transporte del relave desde la planta concentradora hasta el depósito de relaves, se hará por medio de una tubería de PVC de alta densidad, soportada en apoyo de circuito armado dispuestos correctamente para su estabilidad y como una medida de contingencia para el caso de rotura u otros casos, esta estará sobre un canal de concreto de sección trapezoidal, que sirve para contener el relave hasta la corrección del problema y/o paralización de la operación para evitar la fuga de relaves hacia el medio ambiente, este canal descarga en la misma cancha de relaves.

Para la disposición final de relaves previamente se levantará el dique de contención con material prestado, luego se procede a clasificar los relaves con un hidrociclón Krebs D-10', utilizando la fracción se construye el muro que avanza hacia delante de la presa, es decir, se aplicará el método "aguas abajo" depositando grueso sobre grueso, los finos hacia la parte del centro. Este método es más seguro que el de aguas arriba.

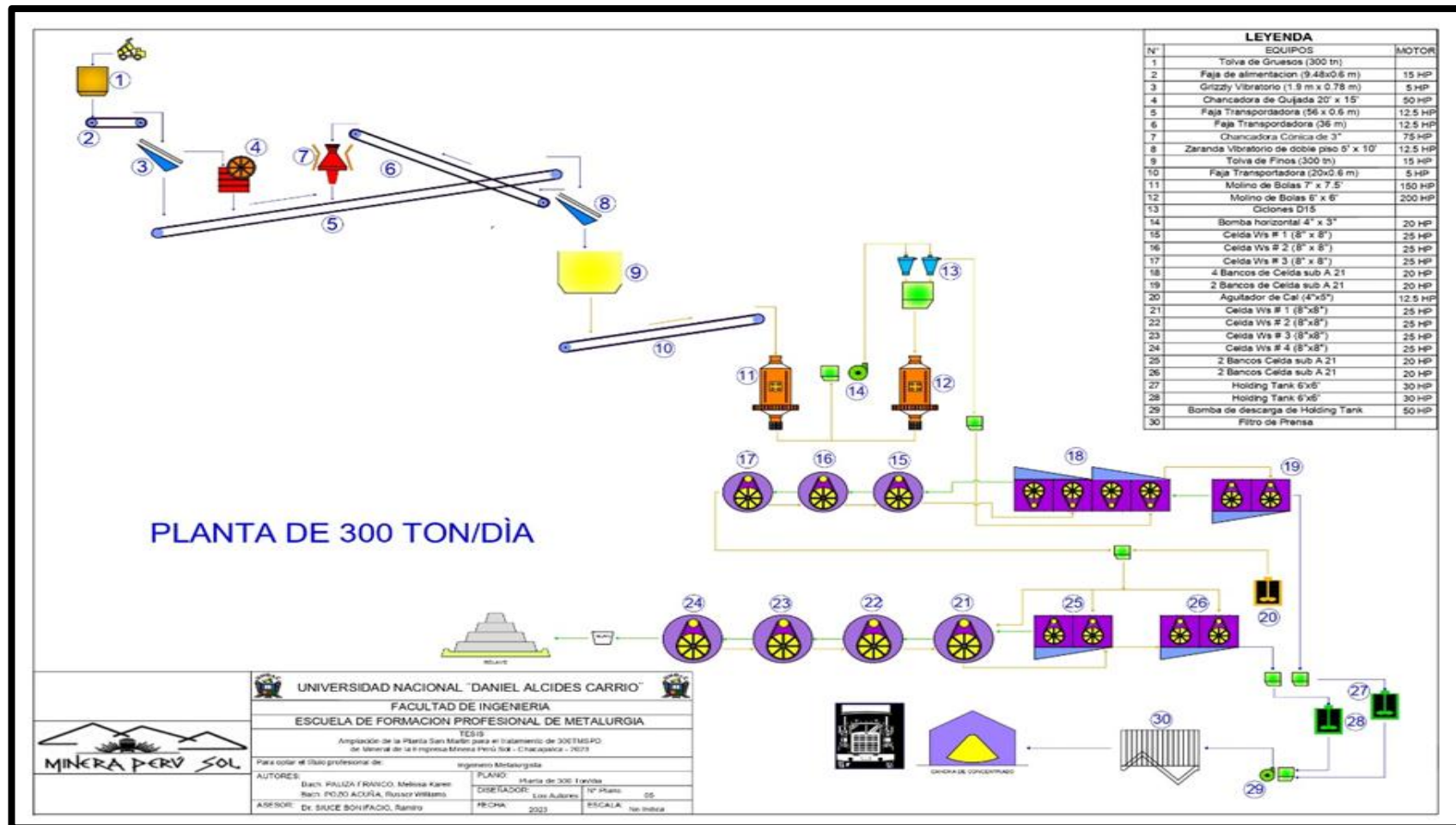
Los finos se decantan más lentamente en el depósito y permanece saturada por un largo periodo, el agua producto del escurrimiento de las arenas es retirada por medio de los ductos de decantación denominada "quenas" hacia un colector principal, el rebose clasificado de esta operación se recircula a la planta.

F. Servicios Auxiliares

Este rubro comprende los siguientes requerimientos:

- **Agua:** La operación de la planta requiere de un suministro de agua igual a 293,42 G.P.M.
- **Aire bajo presión:** Las celdas sub-airada de flotación no requieren aire insuflado.
- **Potencia:** La planta requiere de una potencia instalada a 500 kw.

Figura 8. Simulación de planta de 300 Ton/día



Nota: Dimensionamiento de los equipos para la ampliación de la planta concentradora a 300 TMSP

4.2.4. Dimensionamiento de los equipos para la ampliación de la planta concentradora a 300 TMSPD

Diseño de los Equipos Requeridos en el Circuito Chancado

El circuito chancado traza trabajar 16 horas/ día, para una producción de 300TMPD.

$$300 \frac{\text{ton}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{16 \text{ hr}} = 18,75 \frac{\text{ton}}{\text{hr}}$$

Diseño de la tolva de gruesos de concreto armado

Para tener en stock el mineral, se planea la construcción de una tolva de gruesos de las siguientes dimensiones:

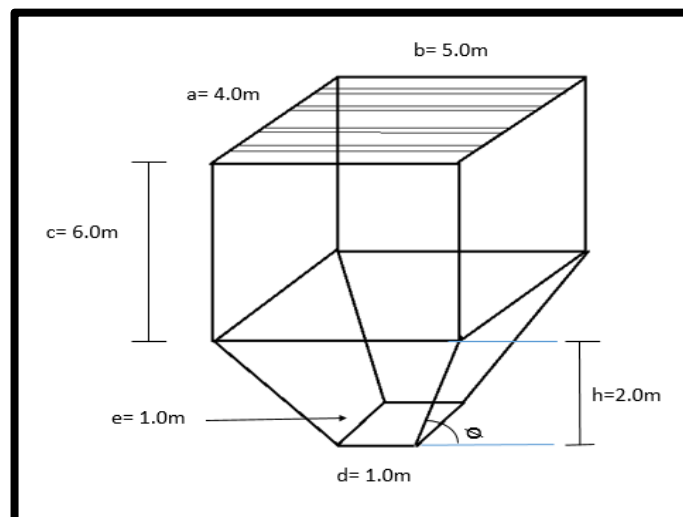
a= 4,0m; b= 5,0m; c= 6,0m; h₁= 2,0m; d= 1m; e= 1m

Angulo de reposo : 39°

Capacidad de la tolva : 300TM

Forma : Paralelepípedo rectangular con base en forma de pirámide truncado.

Figura 9. *Diseño de la Tolva de Gruesos*



Nota: Tenemos el diseño de la tolva de gruesos

V tolva = v paralelepípedo + v troco-pirámide

$$V_{\text{tolva}} = a \times b \times c + \frac{h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \times A_2})$$

Dónde: A1 y A2 son las áreas mayor y menor de las bases del tronco pirámide,

$$A_1 = a \times b = 4,0 \times 5,0 = 20,0 \text{ m}^2$$

$$A_2 = d \times e = 10,0 \times 1,0 = 10,0 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{tolva}} = 4,0 \text{ m} \times 5,0 \text{ m} \times 6,0 \text{ m} + \frac{2,0\text{m}}{3} (20,0 \text{ m}^2 + 10,0 \text{ m}^2 + \sqrt{10,0 \text{ m}^2 \times 20 \text{ m}^2})$$

$$V_{\text{tolva}} = 120 \text{ m}^3 + 0,6 \text{ m} (21,0 \text{ m}^2 + \sqrt{20,0 \text{ m}^2 \times 10,0 \text{ m}^2})$$

$$V_{\text{tolva}} = 120 \text{ m}^3 + 0,6 \text{ m} (21,0 \text{ m}^2 + 4,47 \text{ m}^2)$$

$$V_{\text{tolva}} = 120 \text{ m}^3 + 0,6 \text{ m} (25,47 \text{ m}^2)$$

$$V_{\text{tolva}} = 120 \text{ m}^3 + 16,98 \text{ m}^3 = 136,98 \text{ m}^3$$

Como se trata de una tolva de gruesos consideramos 40% de espacios vacíos dentro de la tolva.

$$\text{Espacio vacío} = (1 - \text{fev}) \times d_c = (1 - 0,40) \times 3,69 = 2,21$$

$$V_{\text{total}} = V_{\text{tolva}} \times \text{Espacios vacíos}$$

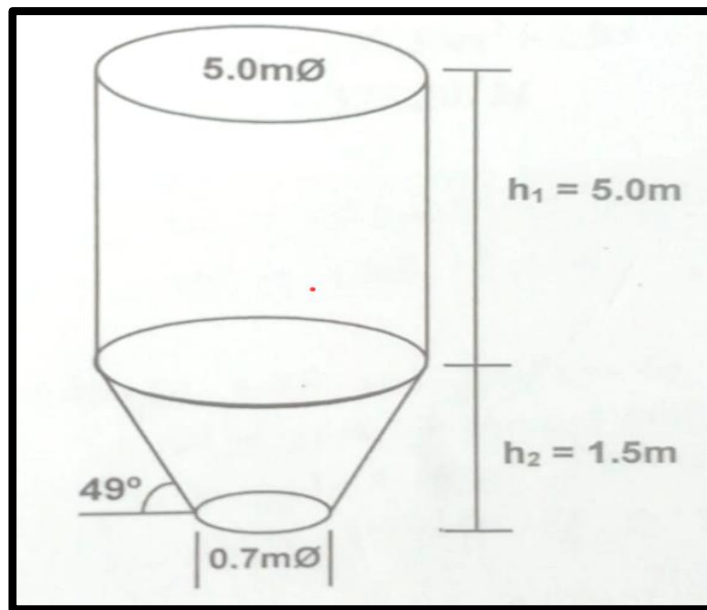
$$V_{\text{total}} = 136,98 \text{ m}^3 \times 2,21 = 302,73 \text{ TM}$$

Diseño de la tolva de fino

Para el almacenamiento del producto de ½" de tamaño se requiere una tolva similar en capacidad a la tolva de gruesos.

Forma	: Cilíndrica con base en forma de cono truncado
Capacidad	: 300TM
Gravedad específica	: 3,69
Ángulo de reposo	: 49°

Figura 10. Diseño de la Tolva de finos



Nota: Se muestra el diseño de la tolva de finos

$$V_{tolva} = V_{cilindro} + V_{tronco\ de\ cono}$$

$$V_{tolva} = \pi \times r^2 \times h_1 + \frac{h_2 \times \pi}{3} (R^2 + r^2 + Rr)$$

$$V_{tolva} = 3,1416 \times 6,25m^2 \times 5m + \frac{1,5m \times 3,1416}{3} (6,25m^2 + 0,12m^2 + 0,88m^2)$$

$$V_{tolva} = 98,18m^3 + 1,57m(7,25m^2)$$

$$V_{tolva} = 98,18m^3 + 11,38m^3$$

$$V_{tolva} = 109,56m^3$$

Como es la tolva de finos consideramos el 20% de espacios vacíos dentro de la tolva; entonces se tiene:

$$\text{Espacio Vacío} = (1 - FEV) \times V_{tolva}$$

$$\text{Espacio Vacío} = (1 - 0,20) \times 109,56$$

$$\text{Espacio Vacío} = 87,65m^3$$

$$V_{total} = V_{tolva} \times \text{Espacio Vacío}$$

$$V_{total} = 109,56m^3 \times 0,80$$

$$V_{\text{total}} = 323,20 \text{ TM}$$

Dimensionamiento del Molino Primario Condiciones operacionales.

Tratar 300 TMSPD y/o 12,50 TMS por hora

Alimentación al molino $F_{80} = 12700$ micrones (1/2")

Producto del molino $P_{80} = 192$ micrones, este valor corresponde al rebose del hidrociclón

$$W_i = 13 \text{ kw-hr/tc}$$

a. Cálculo de la energía que consumirá el molino

Fórmula de F. Bond

$$W = W_i \left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right)$$

$$W = 13 \left(\frac{10}{\sqrt{192}} - \frac{10}{\sqrt{12700}} \right)$$

$$W = 13 \times (0,7217 \times 0,0887)$$

$$W = 13 \times 0,633$$

$$W = 8,23 \text{ kw-hr/ton}$$

b. Cálculo de la potencia que consumirá el molino

$$300 \text{ TM} = 330 \text{ TC}$$

$$W = 8,23 \text{ kw} - \frac{\text{hr}}{\text{ton}} \times \frac{330,6 \text{ ton} \times 1,34 \text{ Hp}}{24 \text{ kw} - \text{hr}}$$

$$W = 152,03 \text{ Hp}$$

La nueva potencia corregida será:

$$W = 152,03 \text{ Hp} \times 1,08$$

$$W = 164,19 \text{ Hp}$$

Se trabaja con un factor de seguridad de 20%

$$W = 164,19 \text{ Hp} + (164,19 \text{ Hp} \times 20\%)$$

$$W = 164,19 \text{ Hp} + 32,84 \text{ Hp}$$

$$W = 197,03 \text{ Hp} \approx 200 \text{ Hp}$$

c. Factor de Corrección de la potencia requerida

- F_1 (Molienda en seco) : No aplica
- F_2 (Molino de bolas en circuito abierto) : 1,00
- F_3 (Factor de eficiencia del diámetro) : 1,00
- F_4 (Tamaño de alimentación al molino) : 1,08

$$F_4 = \frac{Rr + \frac{(Wi-7)(F_{80}-F_0)}{F_0}}{Rr}$$

$$F_4 = \frac{171,72 + \frac{(13-7)(12700-400)}{4000}}{171,72}$$

$$F_4 = 1,08$$

- F_5 (factor de molienda fina) : 1,00
- F_6 : No aplica
- F_7 ($R_r > 6$) : No aplica
- F_8 : No aplica
- Wi (corregido) = 1,08

De acuerdo con el catálogo de Denver Equipment Company se considera un molino con las características siguientes:

Diámetro x largo del molino : 7' $\varnothing$ x 7,5'

Energía requerida : 200 Hp

RPM : 22

Revestimiento interior : Fierro

d. Sección de clasificación

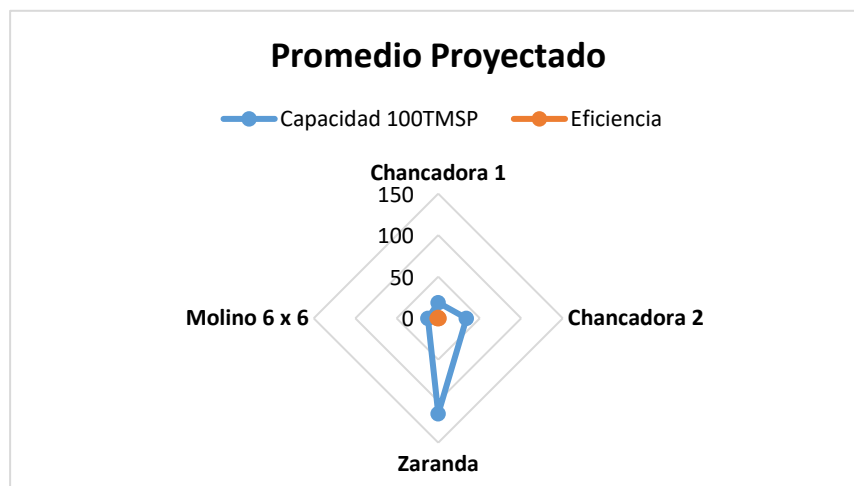
Para la operación del circuito de molienda – clasificación se considera un hidrociclón Krebs D-15”, con una carga circulante del 150% y una eficiencia de 60%, además se debe de instalar una bomba Willfey 4c.

Tabla 9. Promedio Ponderado proyectado

Equipo	Capacidad 300 TMSPD	Eficiencia de Operación	Evaluación
Chancadora de quijada 15 x 20	18,75 TM/h	100,00%	SI
Chancadora 2	34,00 TM/h	100,00%	SI
Zaranda vibratoria	115,12 TM/h	64,27%	SI
Molino de 7 x7,5	12,50 TM/h	100,00%	SI
PROMEDIO PONDERADO		77,74%	

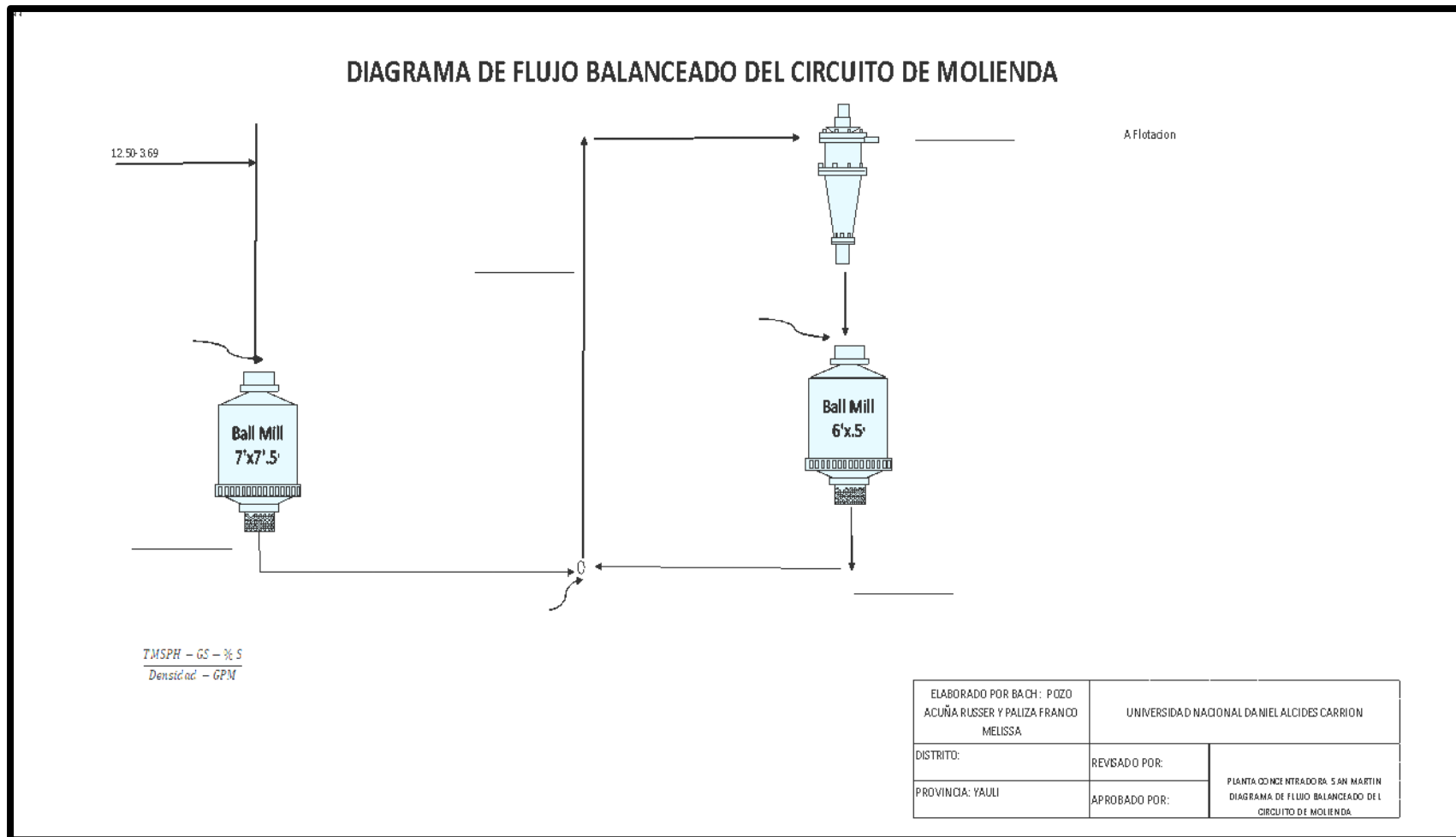
Nota: La tabla nos muestra tanto la capacidad, eficiencia de operación y evaluación para una capacidad de 300 TMSPD

Figura 11. Promedio Ponderado proyectado



Nota: Nos muestra el promedio proyectado de los equipos – Chancado primario y secundario, molino y zaranda

Figura 12. Diagrama de Flujo Balanceado del Circuito de Molienda



Nota: En la figura nos muestra el diagrama de flujo con el balance de masa para los 2 molinos que se está colocando

4.2.5. Balance metalúrgico proyectado para 300 TMSPD

Preparación del compuesto

Se prepara 50 kg aproximado de muestra del mineral proveniente de la mina de la compañía Perú Sol S.A.C. con un tamaño de $\frac{3}{4}$ ", luego todas las muestras fueron chancados a un tamaño menor de $\frac{3}{4}$ ", las cuales posteriormente fueron preparadas a un tamaño de 100% -10 mallas, luego se homogenizó y se cuarteo la muestra para su análisis químico respectivo. La tabla 10 presenta el análisis químico.

Tabla 10. Análisis Químico

Pb	Ag*	Cu	Zn	Fe	PbOx	ZnOx	Bi
3,84	4,39	0,09	8,23	13,56	0,28	0,52	0,01

* Oz/ton

Nota: En el cuadro nos muestra las leyes de cabeza de los metales en el mineral

Los ensayos indican que el compuesto representa un mineral dócil en el proceso de concentración por flotación selectiva.

Pruebas de molienda en laboratorio

Para definir el tiempo de molienda óptimo para la prueba de flotación se desarrollaron pruebas de molienda variando el tiempo a 4, 8, 12, 16 minutos.

Tabla 11. *Granulometría a Diferentes Tiempos de Molienda*

N°	TIEMPO 0´			TIEMPO 4´			TIEMPO 8´			TIEMPO 12´			TIEMPO 16´		
Mallas	Peso (g)	% Peso	Acu m (-)	Peso (g)	% peso	Acum (-)	Peso (g)	% peso	Acum (-)	Peso (g)	% peso	Acu m (-)	Peso (g)	% peso	Acum (-)
12	43,40	4,34	95,66	11,40	1,14	98,86									
16	187,80	18,78	76,88	21,40	2,14	96,72									
20	168,20	16,82	60,06	32,80	3,28	93,44									
28	120,60	12,06	48,00	73,70	7,37	86,07									
35	91,20	9,12	38,88	118,20	11,82	74,25	19,50	1,95	98,05	2,30	0,23	99,77	0,40	0,04	99,96
48	73,80	7,38	31,50	148,50	14,85	59,40	62,90	6,29	91,76	15,10	1,51	98,26	3,10	0,31	99,65
65	46,20	4,62	26,88	20,20	2,02	57,38	117,30	11,73	80,03	49,20	4,92	93,34	22,60	2,26	97,39
100	43,90	4,39	22,49	102,60	10,26	47,12	124,60	12,46	67,57	124,10	12,41	80,93	80,20	8,02	89,37

150	39,10	3,91	18,58	93,10	9,31	37,81	131,5 0	13,15	54,42	130,70	13,07	67,86	135,7 0	13,5 7	75,80
200	38,60	3,86	14,72	79,10	7,91	29,90	123,4 0	12,34	42,08	138,20	13,82	54,04	150,2 0	15,0 2	60,78
270	47,70	4,77	9,95	60,30	6,03	23,87	90,10	9,01	33,07	111,50	11,15	42,89	116,2 0	11,6 2	49,16
400	23,10	2,31	7,64	43,80	4,38	19,49	74,20	7,42	25,65	84,60	8,46	34,43	96,40	9,64	39,52
-400	76,40	7,64	0	194,9 0	19,4 9	-3E-14	256,5 0	25,65	0	344,30	34,43	0	395,2 0	39,5 2	0
	1000	100		1000	100		1000	100		1000	100		1000	100	

Nota: Nos muestra la granulometría en 5 tiempos

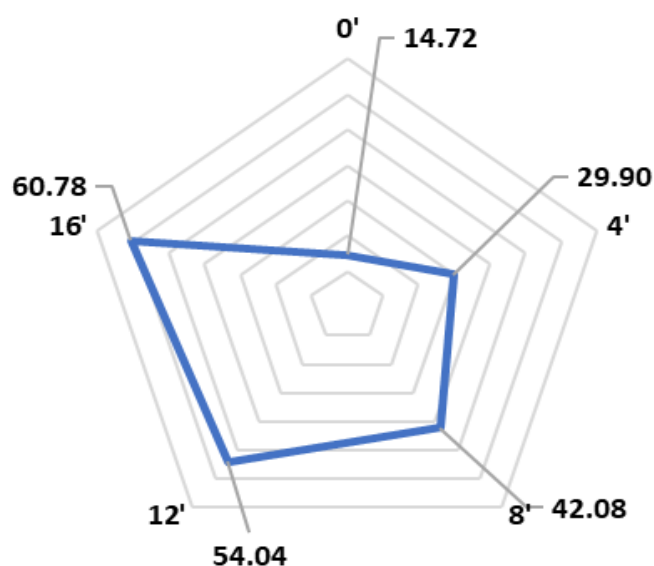
Tabla 12. Resumen del Tiempo de Molienda con la Malla – 200

Tiempo de molienda	% 200 malla
0´	14,72
4´	29,90
8´	42,08
12´	54,04
16´	60,78

Nota: Nos muestra un resumen del tiempo de molienda del cuadro anterior

Figura 13. Cinética de Molienda

Tiempo de Molienda con la malla 200



Nota: Nos muestra un gráfico del tiempo de molienda a malla - 200

Conclusión: En la figura 4, en base al tiempo de molienda, el porcentaje en peso que pasa la malla 200 se incrementa

Circuito de Flotación Pb-Ag y Zn

Se considera los parámetros utilizados en el Pb-Ag y Zn considerando las etapas de rougher, scavenger, etapa de cleaner para Pb -Ag y dos etapas de limpieza para Zn lo que se obtiene concentrados de Pb – Ag y Zn de mejor calidad para ser comercializada.

a. Cálculo del Volumen del Acondicionador para Pb – Ag

Para determinar el volumen se consideró los siguientes parámetros.

- Tiempo de acondicionamiento : 15 minutos
- Tiempo de flotación : 7 minutos
- Porcentaje de solidos : 35%
- Granulometría específica del mineral : 3,69

b. Determinación de la Densidad de Pulpa

$$\%S = \frac{100 G.E. (\delta - 1)}{\delta(G.E. - 1)}$$

$$35 = \frac{100 X 3,69 (\delta - 1)}{\delta(3,69 - 1)}$$

$$\delta = 1,340 \text{ gr/lt}$$

$$\frac{300}{24} = 12,50 \text{ TPH de solidos}$$

$$\frac{12,50}{0,35} = 35,71 \text{ TPH de pulpa}$$

$$\frac{35,71 \text{ TPH de pulpa}}{1,340} = 26,65 \text{ m}^3 \text{ de pulpa}$$

c. Tratamiento de 300 TMPD

$$\frac{300}{24} = 12,50 \text{ TPH de solidos}$$

$$\frac{12,50}{0,35} = 35,71 \text{ TPH de pulpa}$$

$$\frac{35,71 \text{ TPH de pulpa}}{1,340} = 26,65 \text{ m}^3 \text{ de pulpa}$$

Cálculo del acondicionador real = 3 x lab (5 min).

$$3 \times 5 \text{ min} = 15 \text{ min}$$

$$26,65 \text{ m}^3 \frac{15}{60} = 6,66 \text{ m}^3 \text{ acondicionamiento}$$

$$6,66 \text{ m}^3 + (6,66 \times 15 \%) = \frac{264,18 \text{ gal}}{1 \text{ m}^3} = 2023,62 \text{ gal de pulpa}$$

De acuerdo con el catálogo de Denver se requiere un acondicionamiento con las especificaciones siguientes, tomando en cuenta que para el factor Pb – Zn no necesita acondicionamiento.

- Discusión del acondicionador = 10' Ø x 10'
- Tamaño de hélice = 15''
- Energía instalada = 3 HP

d. Cálculo del N° de Celdas de Flotación Pb – Ag

DATOS:

- Tonelaje = 300 TMSPD
- Gravedad peso (planta) = 3,69
- % solidos pesos (planta) = 35%
- % solidos en peso (laboratorio) = 28,8%
- Tiempo de flotación (laboratorio) = 6 minutos

e. Cálculo del Tiempo de Flotación Deseado

- Tiempo de flotación promedio (laboratorio). = $\frac{6+8}{2} = 7 \text{ min}$
- Tiempo de flotación promedio (planta). = $\frac{13+16}{2} = 14,5 \text{ min}$
- Factor de escalamiento = $\frac{14,5}{7} = 2,02 \text{ min}$
- Factor de escalamiento = 2,62
- Tiempo de flotación deseado = $6 \times 2,62 = 15,72$

f. Volumen de Pulpa por Tonelada Corta por Hora

De la tabla D- 100 pagina 12 (catalogo Denver) usando 35% solidos con una gravedad especifica de 3,69 obtenemos 1,14 pie³ por minuto / tonelada corta hora.

CALCULO DEL NUMERO DE CELDAS Aplicando la formula general:

$$\text{Capacidad} = \frac{300 \text{ TMPD} \times 1,1 \text{ TC TM} \times 1,14 \text{ pie}^3 / \text{TC PH}}{\frac{24 \text{ Hr}}{\text{dia}} \times 0,85 \frac{\text{factor}}{\text{aereacion}}}$$

$$Capacidad = \frac{376}{20,40} pie^3 / aereado \times min$$

$$Capacidad = 18,44 pie^3 / aereado \times min$$

$$Capacidad = 18,44 pie^3 pulpa / aereado \times min \times 15,72 min$$

$$Capacidad = 289,88 pie^3$$

Nº de celdas (Rougher + Scavenger) considerada celda agitair 48

$$N^{\circ} celdas = \frac{289,88 pie^3}{40 pie^3 / celda}$$

$$N^{\circ} celdas = 7,25 celdas$$

Se usará 8 celdas agitair 48

$$N^{\circ} de celdas cleaner = \frac{2}{8} = 0,25$$

Por razones de diseño se considera 4 celdas agitair N°36.

g. Cálculo del Volumen del Acondicionador para el Circuito de Zinc

Para este circuito se considera un acondicionador de mayor capacidad debido que la ley de cabeza de Zn del mineral es más alta.

$$\text{Cálculo de acondicionamiento real} = 3 \times lab (5 min)$$

$$3 \times 5 min = 15 min$$

$$26,65 m^3 \times \frac{15}{60} = 6,66 m^3 \text{ acondicionamiento}$$

$$6,66 m^3 + (6,66 \times 15 \%) = 7,66 \times \frac{264,18 gal}{1 m^3} = 2023,62 gal-pulpa$$

De acuerdo con el catálogo de Denver se requiere un acondicionamiento con las especificaciones siguientes:

- Dimensión del acondicionador = 8'Ø x 10'(Dxh).
- Tamaño de la hélice = 18 ''
- Energía instalada = 7HP

h. Circuito de Flotación de Zinc

El circuito de Zn en forma similar a la del Pb-Ag contrae de una etapa de flotación Rougher, Scavenger y limpiadora, requerimiento para ello 10 celdas agitair 48 y 6 celdas agitair 36.

Es necesario unas celdas debido a que la ley de cabeza del Zn es más alta que del Pb.

i. Eliminación de Agua Espesamiento y Filtrado

Para la sedimentación del concentrado de Pb- Ag se cuenta con espesador de 7' x 7' y la adición de floculante superficie 127 en la alimentación al espesador para el filtrado de Pb -Ag se cuenta con un filtro prensa.

Para la sedimentación del concentrado de Zn se cuenta con un espesador 7' x 7' y se le adiciona 127 en la alimentación al espesador para el filtrado del concentrado de Zn se necesitará un filtro de prensa adicional.

j. Preparación de Reactivos

Es necesario instalar tanques para preparar cianuro de sodio, Sulfato de cobre, Z11 y espesamiento en reemplazo del actual que no es el adecuado debido a que no tiene agitadores para disolver el reactivo.

Para la dosificación del reactivo se requiere de 6 alimentadores de capas para la solución de líquidos.

- Energía para alimentador = 0,25 HP motor dupex
- Energía total requerida. = 2,5 HP

Balance Metalúrgico; GE, Densidad y % de Solidos

a. Hallando % Solidos

$$Formula \% S = \frac{100 GE(\delta - 1)}{\delta(GE - 1)}$$

$$\% S Pb = \frac{100 \times 4,70 (1,250 - 1)}{1,250 (4,70 - 1)} = 25,41\%$$

$$\% S Zn = \frac{100 \times 3,80 (1,190 - 1)}{1,190 (3,80 - 1)} = 21,67\%$$

$$\% Relave = \frac{100 \times 3,25 (1,140 - 1)}{1,140 (3,25 - 1)} = 17,74\%$$

Tabla 13. Balance Metalúrgico, GE, Densidad y % Sólidos para 300 TMSPD

Productos	TMSPD	Gravedad Especifica (GE)	Densidad (δ) gr/Lt	% Sólidos
Cabeza	300.000			
Concentrado Pb	18,060	4,70	1,250	25,41
Concentrado Zn	40,028	3,80	1,190	21,67
Relave	241,912	3,25	1,140	17,74

Nota: Se da el balance metalúrgico pronosticado para 300 TMSPD

b. Agua en el Concentrado de Pb

$$H_2O = 18,06 \times \frac{74,59}{25,41} = 53,01 \frac{ton}{24 hrs}$$

$$H_2O = 53,01 \times 907,20$$

$$H_2O = 4\,8090.67 \text{ lt}/24\text{hrs}$$

$$H_2O = \frac{4\,8090.67 \text{ lt}}{24 \text{ hr}} \times \frac{1 \text{ gal}}{3,385 \text{ lt}} \times \frac{1 \text{ lt}}{60 \text{ min}}$$

$$H_2O = 8,82 \text{ GPM}$$

$$H_2O = \frac{8,82 \text{ gal}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} \times \frac{0,003785 \text{ m}^3}{1 \text{ gal}}$$

$$H_2O = 2,0 \text{ m}^3/\text{hr}$$

c. Agua en el Concentrado de Zn

$$H_2O = 40,028 \times \frac{78,33}{21,67} = 144,69 \frac{\text{ton}}{24 \text{ hrs}}$$

$$H_2O = 144,69 \times 907,20$$

$$H_2O = 131262,768 \text{ lt}/24 \text{ hrs}$$

$$H_2O = \frac{131262,768}{24 \text{ hrs}} \times \frac{1 \text{ gal}}{3,385} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}}$$

$$H_2O = \mathbf{26,93 \text{ G.P.M}}$$

$$H_2O = \frac{26,93 \text{ gal}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} \times \frac{0,003785 \text{ m}^3}{1 \text{ gal}}$$

$$H_2O = 6,12 \text{ m}^3/\text{hr}$$

d. Agua en el Relave General

$$H_2O = 241,912 \times \frac{82,26}{17,74} = 1121,74 \frac{\text{tm}}{24 \text{ hrs}}$$

$$H_2O = 1121,74 \times 907,20 = 1017642,5 \text{ lt}/24 \text{ hrs}$$

$$H_2O = \frac{1017642,5 \text{ lt}}{24 \text{ hrs}} \times \frac{1 \text{ gal}}{3,385 \text{ lt}} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}}$$

$$H_2O = \mathbf{208,77 \text{ G.P.M}}$$

$$H_2O = \frac{208,77 \text{ gal}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} \times \frac{0,003785 \text{ m}^3}{1 \text{ gal}}$$

$$H_2O = 47,41 \text{ m}^3/\text{hora}$$

e. Agua Total que Consume la Planta Concentradora

$$H_2O \text{ Conc Pb} = 8,82 \text{ G.P.M} = 2,0 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$H_2O \text{ Conc Zn} = 26,93 \text{ G.P.M} = 6,12 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$H_2O \text{ Relave} = 208,77 \text{ G.P.M} = 47,41 \text{ m}^3/\text{hora}$$

4.2.6. Evaluación económica

El trabajo propone mejorar la utilidad, mediante la ampliación de la planta concentradora a 300 TMSPD traducida en una mayor producción de concentrado de Pb-Ag y Zn que representa un mayor ingreso económico para la empresa.

Tabla 14. *Plan de Inversiones*

Descripción		Costos US\$
1	Tolva de gruesos de 300 TM de capacidad	32,300.00
2	Tolva de finos de 300 TM de capacidad	30,100.00
3	Molino de bolas 7' x 7.5'	110,000.00
4	2 bombas Wiffler 4c con motor	20,000.00
5	2 hidrociclones Krebs D-15"	9,000.00
6	Una balanza eléctrica de pesaje continuo	12,000.00
7	Estructura, voladizo y escaleras	6,000.00
8	Instalaciones de tuberías	8,000.00
9	Monorriel con polipasto eléctrico 4 Tn	12,000.00
10	18 celdas Agitair N° 48 para Pb y Zn	144,000.00
11	10 celdas Agitair N° 36 para Pb y Zn	50,000.00
12	1 filtro Prensa Filtronic para Zn	180,000.00
13	Imprevistos y contingencias	10,000.00
Total		623,400.00

Nota: En la tabla nos muestra las inversiones que se dio en cada descripció

Tabla 15. Balance Metalúrgico de 100 TMSPD

PRODUCTOS	MINERAL TMSPD	% PESO	LEYES			CONTENIDOS METALICOS			RECUPERACIÓN		
			Onza Ag	%Pb	% Zn	Onza Ag	Pb	Zn	%Ag	%Pb	% Zn
Cab. Lab.	100,00	100,00	4,59	3,75	8,67	459,00	3,75	8,67	100,00	100,0	100,00
Concentrado Pb	5,91	5,91	65,04	59,20	9,20	384,58	3,50	0,54	86,65	93,35	6,27
Concentrado Zn	13,90	13,90	1,38	0,93	54,37	19,18	0,13	7,56	4,32	3,45	87,16
Relave	80,19	80,19	0,50	0,15	0,71	40,09	0,12	0,57	9,03	3,21	6,57
Cab. Calc.	100,00	100,00	4,44	3,75	8,67	443,85	3,75	8,67	100,00	100,0	100,00

Nota: La tabla nos muestra el balance metalúrgico del proceso a 100 TMSPD

RATIO			
Plomo	16,91	Recuperación Zn	87,16
Zinc	7,19	Recuperación Pb	93,35
		Recuperación Ag	90,97

Tabla 16. Balance Metalúrgico Proyectado para 300 TMSPD

PRODUCTOS	MINERAL TMSPD	%	LEYES			CONTENIDOS METALICOS			RECUPERACIÓN		
			Onza Ag	% Pb	% Zn	Onza Ag	Pb	Zn	%Ag	%Pb	% Zn
Cab. Lab.	300,00	300,00	4,39	3,84	8,23	1.317,00	11,52	24,69	100,00	100,00	100,00
Concentrado Pb	18,01	18,01	67,10	59,75	6,87	1.208,58	10,76	1,24	89,09	93,42	5,01
Concentrado Zn	39,92	39,92	1,89	1,05	56,20	75,45	0,42	22,44	5,56	3,64	90,87
Relave	242,07	242,07	0,30	0,14	0,42	72,62	0,34	1,02	5,35	2,94	4,12
Cab. Calc.	300,00	300,00	4,52	3,84	8,23	1.356,65	11,52	24,69	100,00	100,00	100,00

Nota: Se tiene el balance metalúrgico que es proyectado para procesar 300 TMSPD

RATIO		Recuperación Zn 90.87
Plomo	16,66	Recuperación Pb 93.42
		Recuperación 94.65
Zinc	7,51	

Valorización del Concentrado de Plomo

Concentrado de Pb-Ag

Peso = 18,01 TMNS

Merma = 0,5%

Características

Plomo = 59,75 %

Plata = 67,10 oz/tn

Arsénico = 0,2%

Se considera una merma o pérdida del material producto de manipuleo de 0,5%

$$18,01 \times 0,995 = 17,92 \text{ TMNS}$$

Volumen a valorizar: 17,92 TMNS (toneladas métricas netas secas) ajustando el contenido fino y pagable

Si bien tenemos 17,92 TMNS de concentrado de plomo, establecemos el contenido fino metálico que se mide en toneladas métricas finas (TMF)

$$17,92 \text{ TMNS} \times 59,75 \% = 10,707 \text{ TMF}$$

Además, el comprador al someter el concentrado a la fundición obtendrá un contenido menor producto de pérdidas propias de dicho proceso, digamos que recupera el 95% del contenido metálico, por tanto, el contenido pagable es:

$$10,707 \text{ TMNS} \times 95 \% = 10,17 \text{ TMF}$$

En el caso de los metales, sus cotizaciones se determinan en las bolsas de metales en función a la oferta y demanda, estas cotizaciones son utilizadas como valores de referencia para todas las transacciones entre compradores y vendedores en el mundo.

La cotización internacional para el plomo es 2471 \$/ton (Ref. 12 abril 2022) resulta aplicable a:

$$10,17 \text{ TMNS} \times \$ 2471 = \$ 25130.07$$

Penalizaciones

El concentrado de plomo tiene presencia de arsénico el cual es un elemento que se penaliza, se cotiza el contenido de arsénico que está por encima de 0,2% por tonelada, en este caso no se penaliza.

Valorización de Plata contenido en el concentrado de Plomo

Observando el contenido de plata en el concentrado de plomo, el cual es un elemento que se conoce como valioso por lo que considera un elemento pagable. Normalmente los contratos indican pagar el 90% del contenido de plata que supere las 5 onz/ton.

El concentrado de plomo contiene 67,10 onz/ton de Ag por lo que se reconocerá 62,10 onz/ton de Ag que se pagará el 90% de este metal según la cotización internacional que es de \$25,66 onz/ton (Ref. 12 de abril de 2022).

Cotización pagable

$$62,10 \frac{\text{onz}}{\text{ton}} \times 90\% \times \$25,66 \times 17,92 \text{ TMNS} = \$ 25699.74$$

Valorización del concentrado de Zinc

Concentrado de Zinc

Peso = 39,92 TMNS

Merma = 0,5%

Características

Zinc = 56,20 %

Arsénico = 0,5%

Se considera una merma o pérdida del material producto del manipuleo de 0.5%

$$39,92 \times 0,995 = 39,72 \text{ TMNS}$$

Volumen final a valorizar es de 39,72 TMNS (Toneladas métricas netos secos)

Ajustando el contenido fino y pagable, si bien tenemos 39,72 TMNS de concentrado de Zn, hallamos el contenido fino metálico que se mide en toneladas métricas finas (TMF)

$$39,72 \text{ TMNS} \times 56,20 \% = 22,32 \text{ TMF}$$

Además, el comprador al someter al concentrado a la fundición obtendrá un contenido menor, producto de pérdidas propias de dicho proceso, digamos que se recupera el 98% del contenido metálico por tanto el contenido pagable es:

$$22,32 \text{ TMNS} \times 98 \% = 21,87 \text{ TMF}$$

En el caso de los metales, su cotización se determinará en las bolsas de metales en función a la oferta y demanda, estas cotizaciones son utilizadas como valores de referencia para todas las transacciones entre comprador y vendedor en el mundo.

La cotización internacional para el zinc es \$ 4472 (Ref. 12 abril 2022) resulta aplicable a:

$$21,87 \text{ TMF} \times \$ 4472 = \$ 97802.64$$

Penalizaciones:

El concentrado de Zinc tiene presencia de arsénico el cual es un elemento que se penaliza, el contenido de arsénico que está por encima de 0,2 % por tonelada, consistiendo la penalidad en \$1,5 por cada 0,1% de exceso.

Como el concentrado de Zinc tiene 0,5% de arsénico por tonelada deberá pagar por 0,3% de exceso entonces se penalizará con \$ 4,5 por cada tonelada de concentrado.

$$\$ 1,5 \times 3 \times 39,72 \text{ TMNS} = \$ 178,74$$

Finalmente obtenemos el valor de venta de los 39,92 TMNS de concentrado de zinc que alcanza:

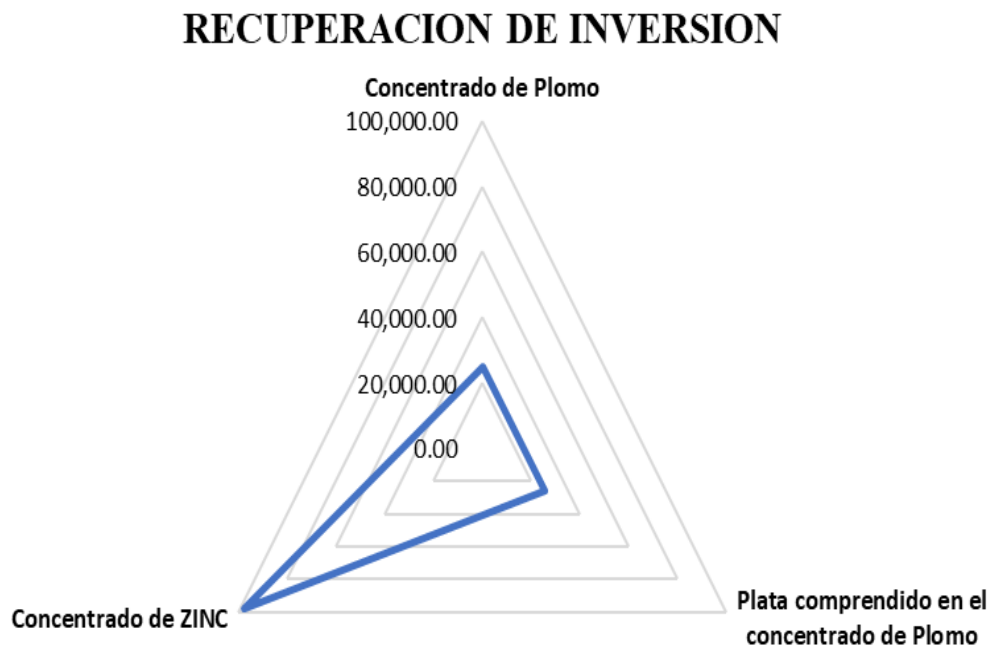
$$\$ 97802.64 - 178,74 = \$ 97623.90$$

Tabla 17. Recuperación de Inversión

Descripción		Costos US\$
1	Valorización de 10,17 TMF del concentrado de Plomo	25130.07
2	Valorización de plata comprendido en el concentrado de Plomo que contiene 67,10 onz/ton de Ag	25699.74
3	Valor de Venta de 39,92 TMNS de Concentrado de ZINC	97623.90
Total		148453.71

Nota: Nos muestra un resumen acerca de la recuperación de inversiones

Figura 14. Recuperación de Inversión



Nota: Nos muestran el gráfico de la tabla anterior, recuperación de inversión

4.3. Prueba de hipótesis

Las variables a desarrollar se presentan en la Tabla 18, donde se indica la hipótesis a contrastar, variables, medición y la prueba estadística a utilizar.

Tabla 18. Estructura de Prueba de hipótesis

Hipótesis	Hipótesis Para Contrastar	Variables	Medición	Prueba Estadística
HG: La ejecución de la ampliación de la planta concentradora (Eficiencia) San Martín beneficiara la capacidad de tratamiento de 300 TMSPD de mineral en la empresa Minera Perú Sol en el año 2023.	H ₀ : No existe asociación significativa entre la ampliación de la planta concentradora y el tratamiento de 300 TMSPD	Ampliación de la Planta Concentradora	Razón	Prueba de Normalidad Shapiro-wilk
	H ₁ : Existe asociación significativa entre la ampliación de la planta concentradora y el tratamiento de 300 TMSPD	Capacidad de tratamiento de 300 TMSPD.	Razón	
HE₁: El dimensionamiento de los equipos alcanzara ejecutar el tratamiento de 300 TMSPD de mineral en la empresa Minera Perú Sol.	H ₀ : No existe asociación significativa entre el dimensionamiento de los equipos y el tratamiento de 300 TMSPD.	Dimensionamiento de los equipos	Razón	Prueba de Normalidad Shapiro-wilk
	H ₁ : Existe asociación significativa entre el dimensionamiento de los equipos y el tratamiento de 300 TMSPD.	Tratamiento de 300 TMSPD.	Razón	
HE₂: La proyección del balance metalúrgico resultara un análisis adecuado en el tratamiento de 300 TMSPD de mineral en la empresa Minera Perú Sol.	H ₀ : No existe asociación significativa entre la proyección del balance metalúrgico y el tratamiento de 300 TMSPD.	Balance Metalúrgico	Razón	Prueba de Normalidad Shapiro-wilk
	H ₁ : Existe asociación significativa entre la proyección del balance metalúrgico y el tratamiento de 300 TMSPD.	Tratamiento de 300 TMSPD.	Razón	
HE₃: La ampliación de la planta concentradora a 300TMSP incrementara beneficios económicos a la	H ₀ : No existe asociación significativa entre la ampliación de la planta concentradora y el beneficio económico en el tratamiento de 300	Ampliación de la planta	Razón	Prueba de Normalidad Shapiro-wilk
		Beneficio Económico	Razón	

Empresa Minera Perú Sol.	TMSPD. H ₁ : Existe asociación significativa entre la ampliación de la planta concentradora y el beneficio económico en el tratamiento de 300 TMSPD.
--------------------------	--

Nota: La tabla nos muestra una estructura de la prueba de hipótesis

4.3.1. La ejecución de la ampliación de la planta concentradora (Eficiencia)

beneficiara la capacidad de tratamiento de 300 TMSPD de mineral en la empresa Minera Perú Sol en el año 2023.

Planteamiento de la Hipótesis General (PG):

Paso 1. Procedimiento

Paso 1.1.- Expresión simbólica de la Hipótesis

H₀: No existe asociación significativa entre la ampliación de la planta concentradora (Eficiencia) y la capacidad de tratamiento de 300 TMSPD

H₁: Existe asociación significativa entre la ampliación de la planta concentradora (Eficiencia) y la capacidad de tratamiento de 300 TMSPD

Paso 1.2. Nivel de significancia

Asumimos un Nivel de significancia (α) = 0,05

Paso 1.3.- Cálculo de la Medida de distribución de datos

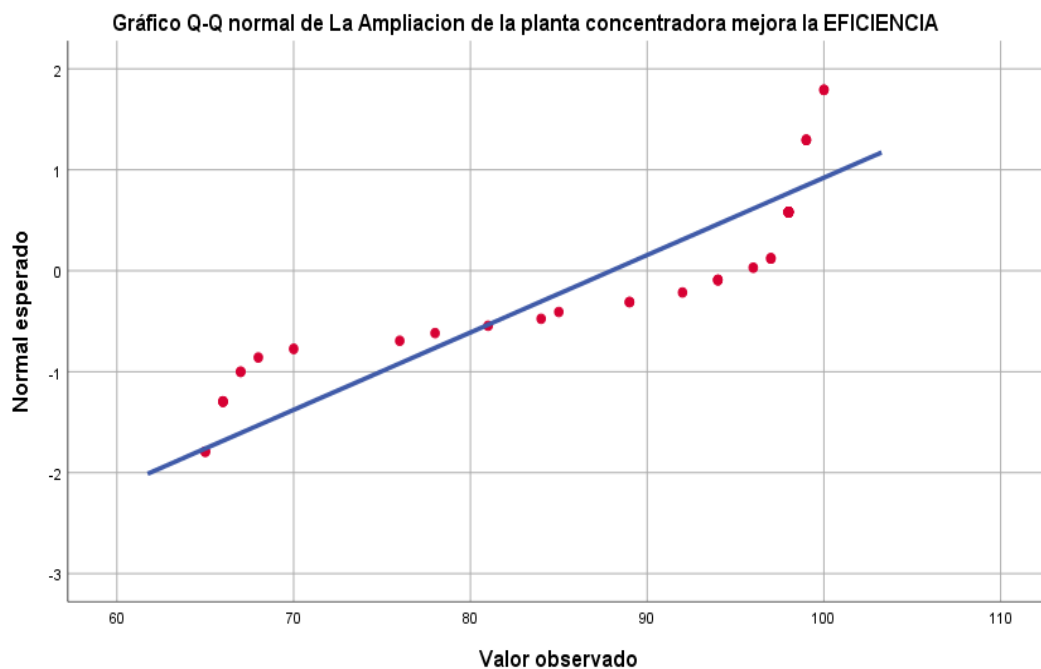
Para confirmar que tipo de distribución siguen los datos, se ejecutará la prueba de bondad de ajuste a una distribución normal, para tal hecho se auxiliará con el uso del test de shapiro- wilk debido a que el número de datos es menor a 50.

Tabla 19. Prueba de Normalidad Hipótesis General

	Kolmogorov Smirnov ^a			Shapiro Wilk		
	Estadístico	Grado de liberación (gl)	Valor p (p value) - Sig	Estadístico	Grado de liberación (gl)	Valor p (p value) - Sig
La Ampliación de la planta concentradora mejora la EFICIENCIA	0,253	40	0,000	0,769	40	0,000
Beneficiará la capacidad de tratamiento a 300 TMSPD	0,284	40	0,000	0,745	40	0,000

Nota: La tabla nos muestra la prueba de normalidad de la ampliación de la planta concentradora y lo que beneficiaría la capacidad a 300 TMSPD

Figura 15. Dispersión entre la Ampliación de la Planta y el Beneficio de Tratamiento



Nota: Tenemos la dispersión entre la ampliación de la planta y el beneficio de tratamiento que se requiere, la normalidad esperada y el observado

Paso 1.4.- Regla de decisión

Si $p\text{-Valor} < \alpha = 0,05$, se RECHAZA la hipótesis nula (H_0)

Si $P\text{-Valor} > \alpha = 0,05$, se ACEPTA la hipótesis nula (H_0)

Paso 1.5.- Decisión:

Como el $p\text{ valor} = 0.000 < 0,05$; entonces rechazamos la Hipótesis Nula, y aceptamos la Hipótesis alterna, es decir, comprobamos que existe una asociación estadística entre la ampliación de la planta (eficiencia) y el beneficio de tratamiento de tonelaje proyectado.

Paso 1.6.- Redacción de la Conclusión

Concluimos que existe una influencia estadística entre la ampliación de la planta (eficiencia) y el beneficio del tonelaje proyectado, el cual explica que existe un activo con respecto al otro, es decir existe una asociación entre las variables descritas y comparadas.

4.3.2. El dimensionamiento de los equipos alcanzara ejecutar el tratamiento de 300 TMSPD de mineral en la empresa Minera Perú Sol.

Planteamiento de la Hipótesis General (PG):

Paso 1. Procedimiento

Paso 1.1.- Expresión simbólica de la Hipótesis

H_0 : No existe asociación significativa entre el dimensionamiento de los equipos y el tratamiento de 300 TMSPD.

H_1 : Existe asociación significativa entre el dimensionamiento de los equipos y el tratamiento de 300 TMSPD.

Paso 1.2. Nivel de significancia

Asumimos un Nivel de significancia (α) = 0,05

Paso 1.3.- Cálculo de la Medida de distribución de datos

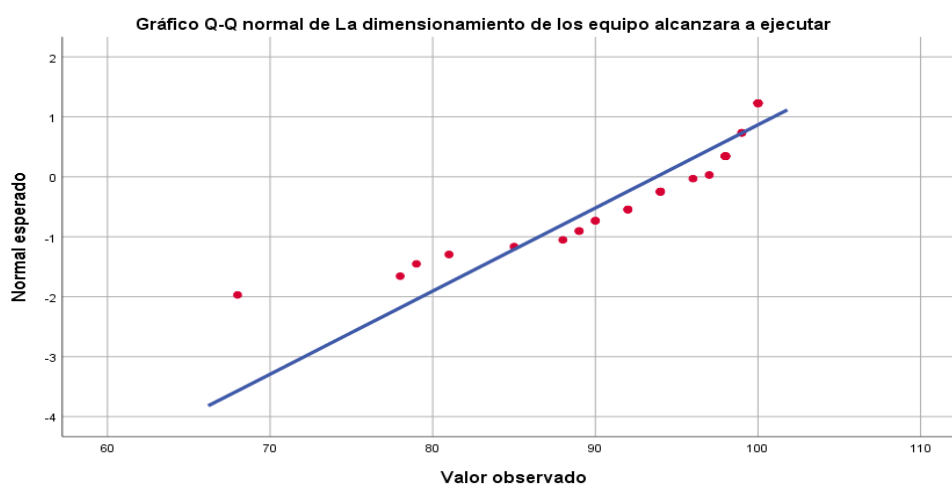
Para confirmar que tipo de distribución siguen los datos, se ejecutará la prueba de bondad de ajuste a una distribución normal, para tal hecho se auxiliará con el uso del test de shapiro- wilk debido a que el número de datos es menor a 50.

Tabla 20. Dimensionamiento de Equipos y Tratamiento de 300 TMSPD

	Kolmogorov Smirnov ^a			Shapiro Wilk		
	Estadístico	Grado de libertad (gl)	Valor p (p value) - Sig	Estadístico	Grado de libertad (gl)	Valor p (p value) - Sig
El dimensionamiento de los equipos que se alcanzará a ejecutar	0,197	40	0,000	0,801	40	0,000
Tratamiento de 300 TMSPD	0,245	40	0,000	0,838	40	0,000

Nota: La tabla nos muestra la prueba de normalidad de dimensionamiento de los equipos y el tratamiento de 300 TMSPD

Figura 16. Dispersión entre Dimensionamiento de Equipos y Tratamiento de 300 TMSPD



Nota: Tenemos la dispersión entre dimensionamiento de quipo y el tratamiento de 300 TMSPD

Paso 1.4.- Regla de decisión

Si $p\text{-Valor} < \alpha = 0,05$, se RECHAZA la hipótesis nula (H_0)

Si $p\text{-Valor} > \alpha = 0,05$, se ACEPTA la hipótesis nula (H_0)

Paso 1.5.- Decisión:

Como el $p\text{ valor} = 0,000 < 0,05$; entonces rechazamos la Hipótesis Nula, y aceptamos la Hipótesis alterna, es decir, comprobamos que existe una asociación estadística entre el dimensionamiento de equipos y el tratamiento de 300 TMSPD proyectado.

Paso 1.6.- Redacción de la Conclusión

Concluimos que existe una influencia estadística entre el dimensionamiento de los equipos y el tratamiento de 300 TMSPD proyectado, el cual explica que existe un activo con respecto al otro, es decir existe una asociación entre el dimensionamiento de equipos y el tratamiento de 300 TMSPD.

La Proyección del balance metalúrgico resultara un análisis adecuado en el tratamiento de 300 TMSPD de mineral en la empresa Minera Perú Sol.

Paso 1. Procedimiento

Paso 1.1.- Expresión simbólica de la Hipótesis

H_0 : No existe asociación significativa entre la proyección del balance metalúrgico y el tratamiento de 300 TMSPD.

H_1 : Existe asociación significativa entre la proyección del balance metalúrgico y el tratamiento de 300 TMSPD.

Paso 1.2. Nivel de significancia

Asumimos un Nivel de significancia (α) = 0,05

Paso 1.3.- Cálculo de la Medida de distribución de datos

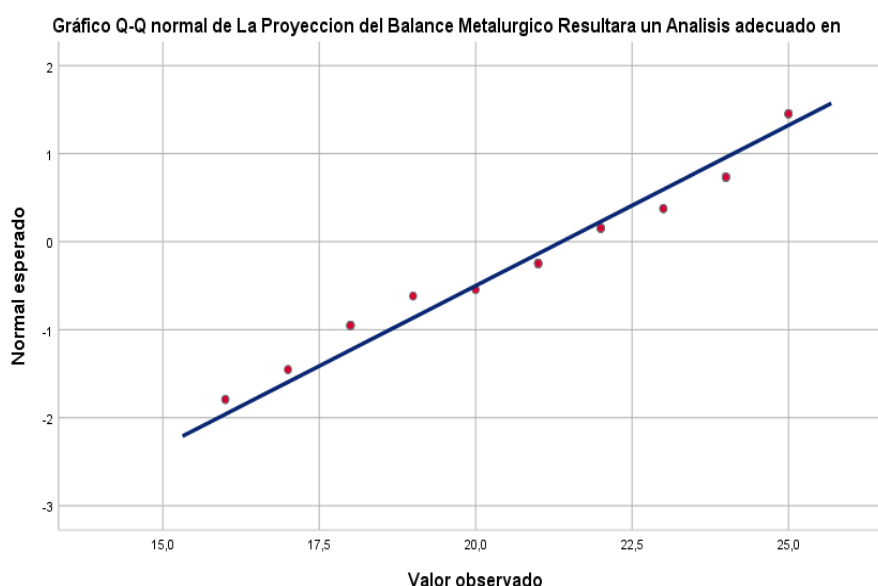
Para confirmar que tipo de distribución siguen los datos, se ejecutará la prueba de bondad de ajuste a una distribución normal, para tal hecho se auxiliará con el uso del test de shapiro- wilk debido a que el número de datos es menor a 50.

Tabla 21. Balance metalúrgico y el Tratamiento de 300 TMSPD

	Kolmogorov Smirnov ^a			Shapiro Wilk		
	Estadístico	Grado de liberación (gl)	Valor p (p value) - Sig	Estadístico	Grado de liberación (gl)	Valor p (p value) - Sig
La proyección del Balance Metalúrgico resultará un análisis adecuado	0,156	40	0,016	0,916	40	0,006
Tratamiento de 300 TMSPD	0,245	40	0,000	0,838	40	0,000

Nota: La tabla nos muestra la prueba de normalidad de balance metalúrgico y del tratamiento de 300 TMSPD

Figura 17. Dispersión entre el Balance Metalúrgico y el Tratamiento de 300 TMSPD



Nota: Tenemos el gráfico de la dispersión entre el balance metalúrgico y el tratamiento de 300 TMSPD

Paso 1.4.- Regla de decisión

Si $p\text{-Valor} < \alpha = 0,05$, se RECHAZA la hipótesis nula (H_0)

Si $P\text{-Valor} > \alpha = 0,05$, se ACEPTA la hipótesis nula (H_0)

Paso 1.5.- Decisión:

Como el $p\text{ valor} = 0,000 < 0,05$; entonces rechazamos la Hipótesis Nula, y aceptamos la Hipótesis alterna, es decir, comprobamos que existe una asociación estadística entre el balance metalúrgico y el tratamiento de 300 TMSPD.

Paso 1.6.- Redacción de la Conclusión

Concluimos que existe una influencia estadística entre el balance metalúrgico y el tratamiento de 300 TMSPD proyectado, el cual explica que existe un activo con respecto al otro, es decir existe una asociación entre las variables estudiadas.

4.3.3. La ampliación de la planta concentradora a 300 TMSPD incrementara beneficios económicos a la Empresa Minera Perú Sol.

Paso 1. Procedimiento

Paso 1.1.- Expresión simbólica de la Hipótesis

H_0 : No existe asociación significativa entre la ampliación de la planta concentradora y el beneficio económico en el tratamiento de 300 TMSPD.

H_1 : Existe asociación significativa entre la ampliación de la planta concentradora y el beneficio económico en el tratamiento de 300 TMSPD.

Paso 1.2. Nivel de significancia

Asumimos un Nivel de significancia (α) = 0,05

Paso 1.3.- Cálculo de la Medida de distribución de datos

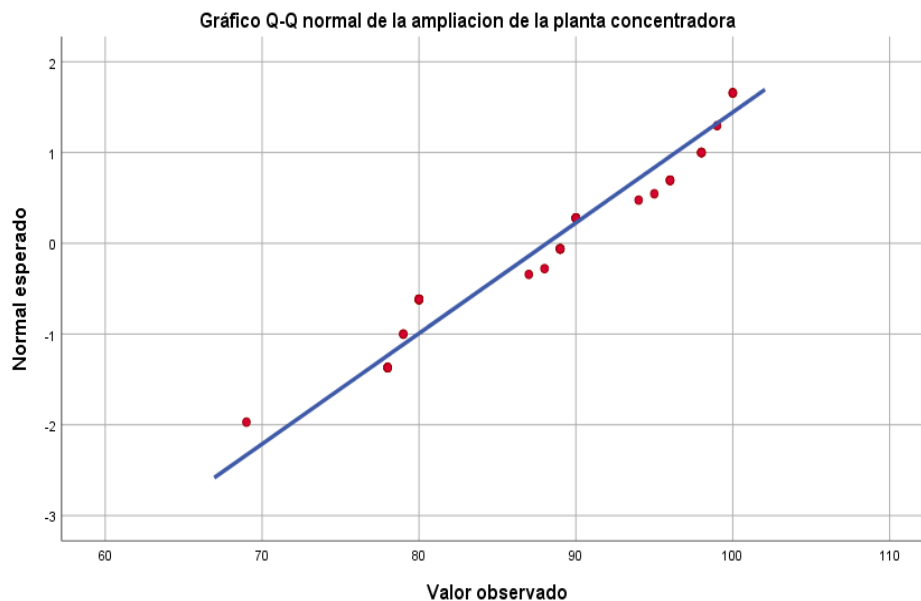
Para confirmar que tipo de distribución siguen los datos, se ejecutará la prueba de bondad de ajuste a una distribución normal, para tal hecho se auxiliará con el uso del test de shapiro- wilk debido a que el número de datos es menor a 50.

Tabla 22. Ampliación de la planta y el Beneficio Económico

	Kolmogorov Smirnov ^a			Shapiro Wilk		
	Estadístico	Grado de liberación (gl)	Valor p (p value) - Sig	Estadístico	Grado de liberación (gl)	Valor p (p value) - Sig
Ampliación de la planta concentradora	0,190	40	0,001	0,917	40	0,006
Incremento de beneficios económicos	0,169	40	0,005	0,889	40	0,001

Nota: La tabla nos muestra la prueba de normalidad de la ampliación de la planta y el beneficio económico

Figura 18. Dispersión entre la ampliación de la Planta y el beneficio Económico



Nota: Tenemos el gráfico de la dispersión entre la ampliación de la planta concentradora y los beneficios económicos

Paso 1.4.- Regla de decisión

Si $p\text{-Valor} < \alpha = 0,05$, se RECHAZA la hipótesis nula (H_0)

Si $P\text{-Valor} > \alpha = 0,05$, se ACEPTA la hipótesis nula (H_0)

Paso 1.5.- Decisión:

Como el p valor = 0,000 < 0,05; entonces rechazamos la Hipótesis Nula, y aceptamos la Hipótesis alterna, es decir, comprobamos que existe una asociación estadística entre la ampliación de la planta concentradora y el beneficio económico proyectado.

Paso 1.6.- Redacción de la Conclusión

Concluimos que existe una influencia estadística entre la ampliación de la planta y el beneficio económico, el cual explica que existe un activo con respecto al otro, es decir existe una asociación directa entre las variables estudiadas.

4.4. Discusión de resultados

- Pacsi realizó un estudio de ampliación de planta concentradora de 800 a 1500 TPD en la planta Untuca, cuyo enfoque principal fue aprovechar al máximo los equipos existentes. En nuestra investigación, se ha adoptado un enfoque similar: según el análisis técnico, no es necesario modificar la sección de chancado ni el área de filtrado, dado que ambos pueden cumplir con la futura carga si se optimiza el tiempo operativo (por ejemplo, trabajando en dos turnos). Al igual que en el estudio de Pacsi, donde se concluye que la ampliación generó una mayor rentabilidad y un retorno de inversión favorable en corto tiempo, en este caso también se identificaron condiciones técnicas adecuadas (como el buen estado de filtros prensa, la existencia de tanques de almacenamiento y celdas operativas) que permitirán minimizar inversiones excesivas en nuevas adquisiciones, favoreciendo la viabilidad económica del proyecto.
- Pacsi enfocó su estudio en la optimización del uso de los equipos existentes, priorizando la redistribución operativa para evitar sobredimensionamientos innecesarios. En nuestra investigación se concluyó que no será necesario modificar

la sección de chancado ni el área de filtrado, ya que ambas pueden manejar la nueva carga prevista si se ajusta el régimen operativo (por ejemplo, turnos dobles en chancado y uso estratégico del consumo eléctrico). Esta coincidencia con el enfoque de Pacsi demuestra que una expansión eficiente puede lograrse sin grandes inversiones en nuevas infraestructuras, lo que favorece la rentabilidad y rapidez del retorno de la inversión en ambos casos.

- La tesis de Macines, centrada en la ampliación de la planta Pachapaqui, resaltó como punto crítico la ejecución del montaje en los plazos establecidos, lo cual evitó sobrecostos operativos. En el presente estudio, aunque no se abordó el cronograma de montaje en detalle, la evaluación técnica de los equipos existentes permite prever una instalación parcial optimizada, ya que muchas unidades como los molinos, celdas de flotación y filtros ya se encuentran operativos. Además, se plantean mejoras específicas como la fabricación de una celda unitaria Denver Sub A N°21 y un acondicionador para el circuito de Zn, lo cual reduce la necesidad de una expansión estructural mayor. Por tanto, al igual que en el caso de Pachapaqui, se proyecta una ampliación viable que puede ejecutarse sin afectar los tiempos de operación, especialmente si se consideran medidas como evitar las horas pico en consumo eléctrico, lo que además disminuye los costos operativos.
- Macines destacó que la correcta ejecución del montaje en los plazos previstos permitió evitar sobrecostos y retrasos. En el presente estudio, aunque no se detalló un cronograma de ejecución, se identificó que la mayoría de los equipos clave ya se encuentran operativos (molinos, celdas, filtros prensa). Esto implica que el proceso de ampliación puede enfocarse más en el reforzamiento y adaptación de ciertas secciones, como la instalación de una celda unitaria Denver Sub A N°21 y un acondicionador para el circuito de zinc. Además, como parte del trabajo de

campo se midió la capacidad operativa real de los equipos, lo cual facilita la planificación anticipada del montaje y evita posibles retrasos o gastos imprevistos. Este enfoque es consistente con los logros descritos por Macines, en cuanto a ejecución eficiente y control de costos.

- León, en su tesis sobre la Unidad Minera Tacaza, concluyó que la ampliación de capacidad presentaba un bajo nivel de riesgo técnico y económico, y que el payback era rápido. En el presente estudio, los resultados del trabajo de campo también demuestran que la infraestructura y equipos actuales permiten una ampliación técnica viable con pocas modificaciones críticas, lo que reduce la complejidad del proyecto y, por ende, su nivel de riesgo. Además, el sistema actual de transporte y recirculación de relave ya está operativo, y el área de almacenamiento de concentrados (tanques y cochas) está preparada para soportar un mayor volumen. Esto respalda la viabilidad operativa de la propuesta, en línea con la postura de León sobre los bajos niveles de riesgo.
- Con León en la discusión económico la comparación más detallada se puede hacer con los resultados económicos que León obtuvo en su análisis. Su investigación concluyó que el proyecto era altamente rentable, con indicadores como un VAN elevado, una tasa interna de retorno alta (40%), y un TRI muy corto. En la presente tesis, se aplicaron indicadores similares, y los resultados obtenidos refuerzan aún más la viabilidad económica:

Inversión total estimada: \$623400.00

TRI: 0.012 años (aproximadamente 4 días)

Tasa de retorno sobre la inversión (RSI): 8597.19%

VAN: \$302 212 822.10

TIR: superior al 40%

Estos resultados son superiores incluso a los obtenidos por León, lo que demuestra que, bajo las condiciones actuales, la ampliación propuesta no solo es técnicamente viable, sino que representa una excelente oportunidad económica para la empresa Perú Sol S.A.C. El uso del método de depreciación lineal y el análisis de flujos de caja a través de las tablas de factores de interés refuerzan la validez del cálculo, aportando solidez financiera al estudio.

4.4.1. Discusión general

- Según los resultados, no será necesario modificar la sección de chancado, debido que, en la actualidad, debido que el proceso indicado se cumple entre 8 y 10 horas diarias. Por lo tanto, se plantea ejecutar el chancado en 2 turnos, teniendo en cuenta las horas pico para evitar sobrecargar el consumo eléctrico y así evitar un aumento en los costos operativos.
- En el circuito de molienda y clasificación se plantea 2 molinos uno el primario de 7'x7,5' y el otro molino secundario 6'x6' que se encuentra operativo en la planta concentradora, con un hidrociclón D 15.
- En la etapa de flotación se tiene en el circuito de Pb– Cu, 3 Celdas Serrana 8'x8' y 2 Denver sub A N° 21 con 4 bancos y 2 bancos, y en el circuito de Zn se tiene 4 celdas Serrana 8'x8'x y 2 Denver sub A N° 21 con 2 bancos para cada Denver, proporcionando una idea que de acuerdo a los datos anteriores es posible soportar el flujo que proviene de la etapa de molienda, estableciendo siempre la recomendación de fabricación de una celda unitaria Denver Sub A 21 para cada circuito y un acondicionador 8'x8' para el circuito de Zn.
- El área de filtrado no es necesario que se modifica, debido a que la dimensión del filtro prensa soporta una futura expansión de la planta.

Además, existen 2 tanques de almacenamiento que continúan como acondicionadores de los concentrados de Pb y Zn. En caso que haya leyes muy altas existen cochas que pueden ayudar a captar el concentrado de dichos metales.

- El transporte del relave de planta a la relavera se ejecuta en una tubería HDPE de 4" y el rebose del relave recircula a la planta.

4.4.2. Discusión económica

- El análisis económico realizado indica que la ampliación a 300 TMSPD requiere de una inversión de \$ 623 400.00 que será rentable para la empresa desde un punto de vista económico
- Esta demostración plantea en base a los indicadores económicos correspondientes como el costo de depreciación, rubro que influye a la rentabilidad del proyecto, que avala la inversión como un rubro sujeto a la depreciación, entonces tenemos aplicando en método lineal:

Monto depreciable = \$ 62

Vida económica = 10 años

Valor del salvamento o recuperación = 30%

Relación aplicable

Depreciación = $\frac{Vi - Vs}{n}$

Donde:

Depreciación = $\frac{623400,00 - 187032,00}{10}$

Depreciación = \$ 43636,80

a. Tasa de Retorno sobre la Inversión (RSI)

$$RSI = \frac{Utilidad}{Inversion\ total} \times 100$$

$$RSI = \frac{53594938}{623400} \times 100$$

$$RSI = 8597,19 \%$$

Utilidad

$$\text{\$ } 148874,83 / \text{ día } \times 30 = \text{\$ } 4466244,9 / \text{ mes } \times 12 = \text{\$ } 53594938 / \text{ año}$$

b. Tiempo de Recuperación de la Inversión (TRI)

$$TRI = \frac{\text{Inversión}}{\text{Utilidad} + \text{Depreciación}} = \text{en años}$$

$$TRI = \frac{623400.00}{53594938 + 43636.80}$$

$$TRI = \frac{623400.00}{53638574.00}$$

$$TRI = 0,012 \text{ años}$$

Valor Actual Neto (VAN)

$$VAN = - 623400,00 + 53594938,00 (P/A - 12\% - 10) + 43636,8 (P/F - 40\% - 10)$$

$$VAN = - 623400,00 + 53594938,00 (5,6502) + 43636,8 (0,32320)$$

$$VAN = - 623400,00 + 302822118,7 + 14103,41$$

$$VAN = 302212822,1$$

$$VAN = \text{\$ } 302\,212\,822,10$$

c. Tasa Interna (TI)

$$TI = - 623400,00 + 53594938,0 (P/A - Ti - 10) + 43636,8 (P/F - 10\% - 10)$$

$$Ti = 12\%$$

$$VAN = \text{\$ } 302\,212\,822,10$$

$$Ti = 40\%$$

$$Ti = - 623400,00 + 53594938,0 (2,4136) + 43636,8 (0,0346)$$

$$Ti = - 623400,00 + 129356742 + 1509,83$$

$$Ti = 128734852,2$$

Tabla 23. Resultados de tasa interna (Ti)

Ti %	VAN
12	302212822,1
Ti	0
40	128734852,2

Nota: La tabla nos muestra un resumen de los resultados de tasa interna

Interpolando

$$TRI = \frac{Ti - T2}{40 - 12} = \frac{0 - 302212822,10}{128734852,2 - 302212822,10}$$

$$Ti = 1,74\%$$

El proyecto demuestra rentabilidad económica para la Empresa Minera Perú Sol S.A.C.

NOTA: P/A, P/F (Valor presente, valor actual, valor futuro)

Se ha obtenido de las tablas de factores de interés discreto capitalizado al 12% y 40% en 10 años.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo con la evaluación de 100 T/día se observa que, en la etapa de chancado, la chancadora de quijada alcanza una capacidad de 14,06 t/h y una eficiencia de 82,41%, indicando que el equipo continua operando. En el caso de la chancadora cónica la capacidad de tratamiento de 25 t/h con una eficiencia del 65,44% se conserva el equipo, mientras que la zaranda tiene una capacidad de 115,12 t/h y una eficiencia de 64,27% estableciendo una ampliación; en la etapa de molino e hidrociclón refiere a la etapa de flotación 4,17 t/h de sólido con una eficiencia del 92,62%, esto obliga a modificar, acrecentando otro molino; en la etapa de flotación el tiempo de flotación de una celda Denver es de 41,5 min y en la etapa de filtro prensa, se alcanza 0,7 ton de concentrado a 10% de humedad por cada ciclo.
2. Para una ampliación de 300 T/día en la sección chancado se conserva los equipos actuales, incrementando únicamente las horas de trabajo de los equipos por día, que trabaja en ambos turnos; en la etapa molienda se incrementaría un molino 7'x7,5' como molino primario y el que está en planta del molino 6'x6' se conserva como molino secundario, adicionando un hidrociclón D 15; en la etapa de flotación los equipos pueden soportar el caudal de la ampliación de 300 T/día lo mismo que en la etapa de filtro, el filtro prensa conserva un diseño ampliado.
3. Sobre el beneficio económico, una manera de mejorar los beneficios cuantitativos económicos es necesario la ampliación de la Planta concentradora de 100 TMSPD a 300 TMSPD.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda buscar una lista de detalles específicos y técnicos de cada equipo para tener resultados más satisfactorios de planta y también tener acceso a las especificaciones técnicas
2. Se recomienda la compra e instalación de un Balanza Electrónica de pesaje continuo en la alimentación del mineral al molino primario de 7' x 7,5' en el objetivo de controlar mejor el tonelaje de tratamiento.
3. Con la finalidad de obtener la aprobación correspondiente para el incremento a 300MSPD de capacidad instalada de la planta concentradora SAN MARTIN, se sugiere la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental del trabajo mencionado.
4. Se recomienda reemplazar los tanques actuales de preparación de reactivos por otros tanques que traigan agitación continua para disolver mejor los reactivos, la buena preparación de reactivos es una variable importante para la flotación.
5. Practicar, aprender y enseñar la seguridad e higiene industrial ya que en tiempos actuales es de vital importancia para esta compañía minera.
6. Apuntar a tecnologías modernas para cada etapa específica del proceso con el objetivo de maximizar la calidad de los concentrados de Pb-Ag y Zn y también de sus recuperaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Altamirado Oporto, J. C. (s.d.). Estudio técnico económico para la ampliación de la planta concentradora de minerales Bertha. Universidad Nacional del Callao, Ancash.
- Anderson De la Cruz, G. (2019). Tratamientos Estadísticos de la Concordancia.
- Arca Chiroque, U. (2018). Introductory Mining Engineering (2nd ed.). Wiley.
- Arguelles Pascual, L. (2021). Técnicas Eficientes de la Investigación. Lima.
- Ariadel Samaniego, C. (2016). Diseño de una tolva de finos con planchas de acero estructural ASTM A36 para almacenar mineral polimetálico a 300 msnm. Machala.
- Berrosapi Atencio, H. (2023). Manual de Diseños Metalúrgicos. Wiley.
- Castro Elguera, D. (2024). Automatización en plantas concentradoras: teoría y aplicación en minería peruana. Editorial Ingeniería.
- Cemexlatam. (s.d.). Minería Responsable.
- Cervantes Llica, R. (s.d.). Ampliación de 600 tmsd a 1000 tmsd de capacidad del mineral planta concentradora Glencore. Universidad Nacional San Agustín, Arequipa.
- COMECO. (2024). COMECO. Obtido de <https://comeco.com.pe/chancadoras-zarandas/#:~:text=Las%20chancadoras%20primarias%20m%C3%A1s%20utilizadas,chancadoras%20Giratorias%20o%20de%20Cono>.
- David King, O. (2016). Modeling and Simulation of Mineral Processing Systems. Elsevier.
- Diana. (2024). Diseño y selección de procesos.
- Gallo Barreto, J. (2020). Comercialización de minerales.
- Hernandes. (2024).
- Hernandez. (2024). Recolección de datos, métodos y técnicas.
- Hernandez Campoverde, T. (s.d.). Diseño de un sistema de bombeo para ampliación de planta concentradora de minerales metálicos. Universidad Nacional del Callao, Callao.
- Hernandez Filio, H. (2018). La investigación en un futuro muy cercano. Arequipa.

- Hinostroza Antonio, E. (2015). Automatización en plantas concentradoras: teoría y aplicación en minería peruana. Fondo Editorial de Ingeniería de Minas.
- Hinostroza Porras, W. (2021). Ampliación y optimización de plantas concentradoras: enfoque práctico para proyectos en el Perú. Lima: Tecnominería Editores.
- Huaire Jonas. (2022). Diseño de la investigación Científica. Lima: Lyrecs.
- Huayanay, E. (2022). Principles of Mineral Processing. Society for Mining, Metallurgy.
- Intervenista, C. y. (s.d.). Diseño de Plantas Industriales.
- Jordan Webster, W. (2024). Modeling and Simulation of Mineral Processing Systems. Elsevier.
- Juscamaita Rico, A. (2009). Ampliación planta concentradora de 200 TMSD a 600 TMSD. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Kerlinger Barton, B. (1979). Rock Quality, Seismic Velocity, Attenuation and Anisotropy. CRC press.
- Lava Triviños, E. (s.d.). Ampliación de Planta de Beneficio Minera Paraiso S.A.C. de 50 TMS a 250 TMS. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.
- Lee, K. (2002). Diseño de Investigación.
- Leon Apaza, O. (s.d.). Viabilidad Económica de Ampliación de Capacidad de Planta Concentradora de Minerales de 1100 TMD a 1400 TMD en la Unidad Minera Tacaza - CIEMSA. Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Puno.
- Macines Romero, P. (s.d.). Ampliación de Planta Concentradora Pachapaqui de 200 a 800 Toneladas por día Aquia. Universidad Nacional del Callao, Ancash.
- Macines Romero, P. H. (s.d.). Ampliación de planta concentradora pachapaqui de 200 A 800 toneladas por día Aquia - Ancash. Universidad Nacional del Callao, Ancash.
- Martín Clever, O. (2013). Particle Size Measurement.
- Mestanza Santillán, C. (2013). Diseño y operación de plantas concentradoras de minerales metálicos. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

- Mestanza Santillán, M. (2013). Diseño de una planta piloto concentradora para mineral de Oro. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Niño Rojas, A. (s.d.). Diseño estructural para la ampliación de planta concentradora de plata en la región de Pasco. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Olivera Matos, F. (s.d.). Diseño de Plantas Metalúrgicas. Pasco.
- Pacsi Merma, M. (s.d.). Ampliación de Planta Concentradora Untuca de 800 TPD a 1500 TPD. Universidad Nacional San Agustín.
- Quiroa Mendoza, J. (2024). Handbook of Mineral Dressing: Ores and Industrial Minerals. Wiley.
- Ramirez Peña, F. (s.d.). Optimización de procesos de trituración y molienda: ampliación de planta concentradora para minerales de oro. Universidad Nacional San Agustín, Arequipa.
- Rodriguez Cuzcano, M. A. (s.d.). Evaluacion del Chancado, Molienda y Flotación para la Ampliación de Planta de 3600 a 4200 TMSD en la Unidad Minera Yauliyacu - Empresa Minera Los Quenuales S.A. Universidad Nacional del Centro del Perú, Chicla.
- Sanchez Carlessi, J., & Reyes Meza, D. (s.d.). Evaluación técnica y económica de la ampliación de una planta concentradora de minerales de zinc . Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- Santisteban Naranjo, C. (s.d.). Método de la investigación. Sigma. (s.d.). Planta de Beneficio.
- Tapia Merlo, I. (s.d.). Planta Concentradora y Minerapia.
- Uscamaita, R. E. (s.d.). Ampliación de Planta Concentradora de CIA Mineral Auriverde SAC. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Vergara, O. J. (1979). Investigación científica. Bogota.

wikipedia. (10 de abril de 2022). Lineamientos para el estudio de factibilidad. Estudio de factibilidad. Obtido de

https://www.sbs.gob.pe/Portals/0/jer/Auto_Nuevas_Empresas/Lineamientos%20para%20el%20Estudio%20de%20Factibilidad%20Econ%C3%B3mica.pdf

Wikipedia. (2023). Wikipedia. Obtido de www.wikipedia/hidrociclón

wikipedia. (2025).

wikipedia. (6 may 2025). Procesos de desarrollo de planta concentradora.

ANEXOS

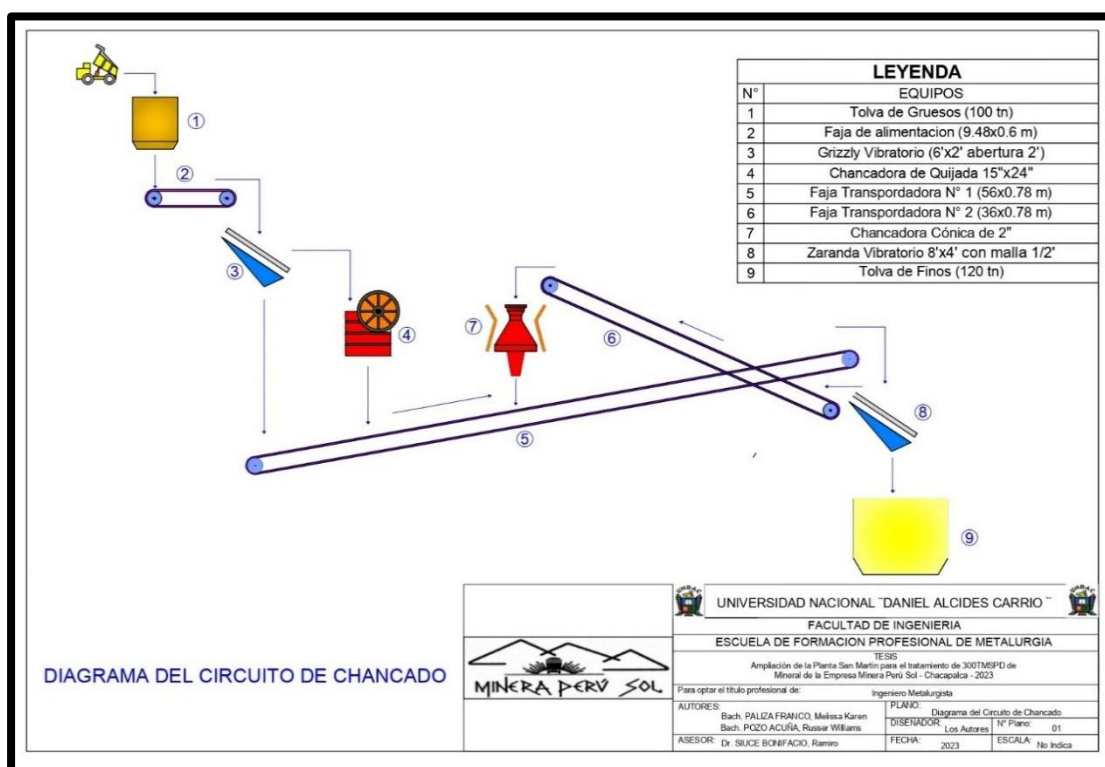
Instrumentos de recolección de datos:

Cuaderno de campo: Fueron los apuntes de las especificaciones técnicas de los equipos de la planta concentradora.

Evaluación de la Chancadora de quijada 15 x 20

Datos:

?	Dimensión	: 15 x 20
?	F80	: 5 pulg
?	P80	: 2 pulg
?	Potencia	: 120HP
?	Voltaje	: 440 volt.
?	Intensidad	: 96,8 Amp (práctico)
?	I nominal	: 120 Amp (placa)
?	Cos Ø	: 0,8



Características del Mineral

El mineral es polimetálico complejo, donde la mena está constituida por los siguientes minerales:

- Mineral de plomo : Galena PbS
- Mineral de plata : Tetraedrita argentífera
- Mineral de cobre : Chalcopirita CuFeS₂
- Mineral de zinc : Esfalerita ZnS, Marmatita ZnSFe
- La ganga está compuesta básicamente por: pirita FeS₂, cuarzo SiO₂, rodocrosita CO₃Mn

Datos de Capacidades y Rendimientos

- Tonelaje anual : 108,000.00 TM
- Días de operación mineral : 360 días
- Promedio diario de tratamiento : 300 TMSPD
- Promedio de humedad de mineral : 4,6 % H₂O
- Gravedad específica : 3,82

Datos de Capacidades y Rendimientos

Mineral Grueso

- Capacidad de la tolva : 300TM
- Método de alimentación parrilla : Volquete, cargador frontal
- Tamaño máximo de alimentación : 8 pulgadas

Mineral Fino

- Capacidad de la tolva : 300 TM
- Método de la alimentación : Por la faja transportadora
descargada de la chancadora secundaria
- Tamaño máximo de chancado : ½ " x ½ "

Circuito de Flotación General

- Disponibilidad : 95%
- Días de operación semanal : 7 días
- Horas de operación : 24 horas/día
- Promedio de tratamiento : 12,50 tn/ día
- Densidad de pulpa alimento : 1400 gr/lt
- % de solidos : 42,18%

Flotación de Plomo – Plata

- Promedio de tratamiento fresco : 12,50 tn/hora
- Densidad de pulpa : 1360 gr/lt
- % de solidos : 30,03%
- Tipo de circuito : Cerrado-ciclos
- Tipo de arreglo : Rougher + Scavenger + Cleaner
- Tiempo de flotación Rougher : 5,0 min
- Tiempo de flotación Scavenger : 4,0 min
- Tiempo de flotación Cleaner : 4,0 min

Flotación de Zinc

- Promedio de tratamiento : 11,93 ton/hora
- Densidad de pulpa : 1360 gr/lt
- % de solidos : 35-63%
- Tipo de circuito : cerrado-ciclos
- Tipo de arreglo : Rougher+Scavenger+Cleaner
- Tiempo de flotación Rougher : 6,0 min
- Tiempo de flotación Scavenger : 4,0 min
- Tiempo de flotación Cleaner : 3,0 min

Ensayos químicos: Valoró la recuperación y para poder dimensionar los equipos para 300 TMSPD.

Balance Metalúrgico; GE, Densidad y % de Solidos

Hallando % Solidos

$$Formula \% S = \frac{100 GE(\delta - 1)}{\delta(GE - 1)}$$

$$\% S Pb = \frac{100 \times 4,70 (1,250 - 1)}{1,250 (4,70 - 1)} = 25,41\%$$

$$\% S Zn = \frac{100 \times 3,80 (1,190 - 1)}{1,190 (3,80 - 1)} = 21,67\%$$

$$\% Relave = \frac{100 \times 3,25 (1,140 - 1)}{1,140 (3,25 - 1)} = 17,74\%$$

Balance Metalúrgico, GE, Densidad y % Sólidos para 300 TMSPD

Productos	TMSPD	Gravedad Especifica (GE)	Densidad (δ) gr/Lt	% Sólidos
Cabeza	300.000			
Concentrado Pb	18,060	4,70	1,250	25,41
Concentrado Zn	40,028	3,80	1,190	21,67
Relave	241,912	3,25	1,140	17,74

Nota: Se da el balance metalúrgico pronosticado para 300 TMSPD

Agua en el Concentrado de Pb

$$H_2O = 18,06 \times \frac{74,59}{25,41} = 53,01 \frac{ton}{24 hrs}$$

$$H_2O = 53,01 \times 907,20$$

$$H_2O = 48090.67 \text{ lt}/24\text{hrs}$$

$$H_2O = \frac{48090.67 \text{ lt}}{24 \text{ hr}} \times \frac{1 \text{ gal}}{3,785 \text{ lt}} \times \frac{1 \text{ lt}}{60 \text{ min}}$$

$$H_2O = 8,82 \text{ GPM}$$

$$H_2O = \frac{8,82 \text{ gal}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} \times \frac{0,003785 \text{ m}^3}{1 \text{ gal}}$$

$$H_2O = 2,0 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Agua en el Concentrado de Zn

$$H_2O = 40,028 \times \frac{78,33}{21,67} = 144,69 \frac{\text{ton}}{24 \text{ hrs}}$$

$$H_2O = 144,69 \times 907,20$$

$$H_2O = 131262,768 \text{ lt}/24 \text{ hrs}$$

$$H_2O = \frac{131262,768}{24 \text{ hrs}} \times \frac{1 \text{ gal}}{3,385} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}}$$

$$H_2O = \mathbf{26,93 \text{ G.P.M}}$$

$$H_2O = \frac{26,93 \text{ gal}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} \times \frac{0,003785 \text{ m}^3}{1 \text{ gal}}$$

$$H_2O = 6,12 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Agua en el Relave General

$$H_2O = 241,912 \times \frac{82,26}{17,74} = 1121,74 \frac{\text{tm}}{24 \text{ hrs}}$$

$$H_2O = 1121,74 \times 907,20 = 1017642,5 \text{ lt}/24 \text{ hrs}$$

$$H_2O = \frac{1017642,5 \text{ lt}}{24 \text{ hrs}} \times \frac{1 \text{ gal}}{3,385 \text{ lt}} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}}$$

$$H_2O = \mathbf{208,77 \text{ G.P.M}}$$

$$H_2O = \frac{208,77 \text{ gal}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} \times \frac{0,003785 \text{ m}^3}{1 \text{ gal}}$$

$$H_2O = 47,41 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Agua Total que Consume la Planta Concentradora

$$H_2O \text{ Conc Pb} = 8,82 \text{ G.P.M} = 2,0 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$H_2O \text{ Conc Zn} = 26,93 \text{ G.P.M} = 6,12 \text{ m}^3/\text{hora}$$

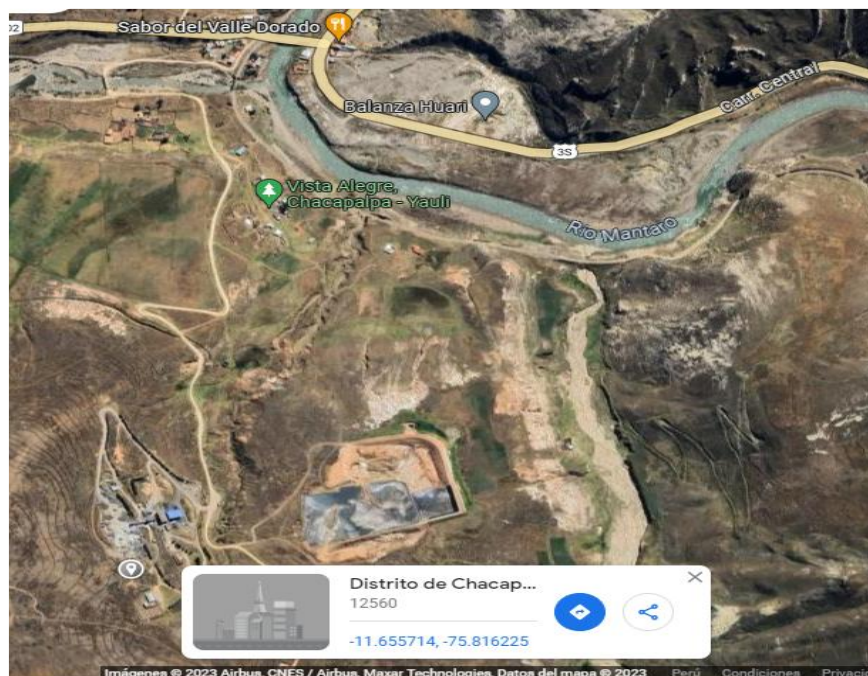
$$H_2O \text{ Relave} = 208,77 \text{ G.P.M} = 47,41 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Anexo 2

Recolección de datos técnicos



Mapa Ubicación de la Compañía Minera Perú Sol SAC



Tolva de gruesos: Planta Concentradora dimensionamiento



Armando la Chancadora Cónica en Stand By



Muestreo proveniente de la Chancadora de Quijada



Fabricación de las celdas para el circuito de Pb



Vista de la situación actual de las celdas de flotación

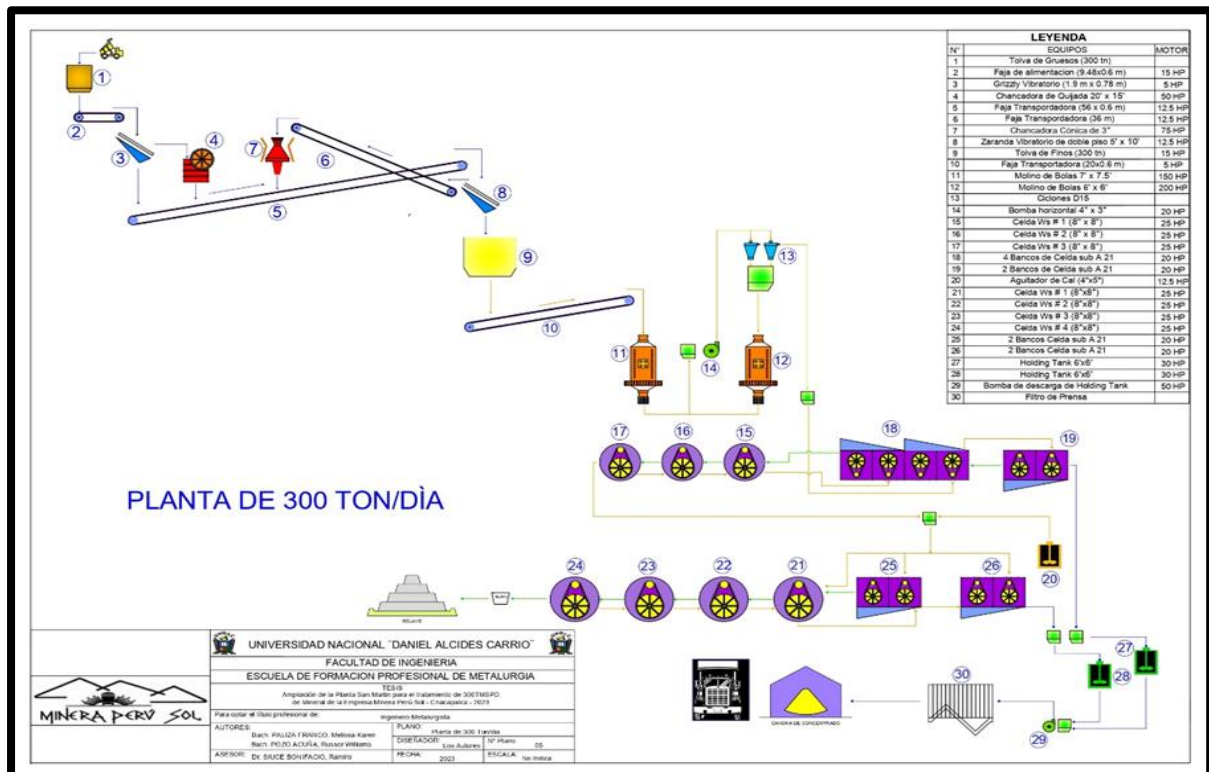


Planta Concentradora Sección Flotación



Anexo 3

Diagrama de flujo de planta 300 Ton/ Día



Anexo 4

Estructura Organizacional de la Empresa

