

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

"DISEÑO DE IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO METALÚRGICO PARA OPTIMIZAR TIEMPO Y COSTO DE LOS ANÁLISIS METALÚRGICOS DE UNA EMPRESA MINERA DEL PERÚ"

Tesis para optar el título profesional de

Ingeniero Industrial

Autor:

Eddy Marcelino Cruz De la Cruz

Asesor:

Mg: Ricardo Fernando Ortega Mestanza

DEDICATORIA

A mi querida madre, Luz De la cruz por iluminar y orientarme para seguir luchando en el gran camino de la vida.

Eddy

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a mi alma mater Universidad Privada del Norte por concederme la oportunidad de realizar el presente trabajo de tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Mi más sincero agradecimiento al Ing. Robinson Paredes Abanto, Superintendente de Planta de La empresa minera, por permitirme el acceso al área de planta, por su apoyo logístico y financiero para hacer realidad la presente investigación. A mi asesor Ricardo Fernando Ortega Mestanza por sus enseñanzas, sus constantes consejos y comentarios para la realización de la presente tesis. Igualmente, agradecer a todos los colaboradores de La empresa minera y de manera especial a los Ingenieros: Robert Montes, Metalurgista y Delmer Fernández, Jefe de procesos.

Eddy

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN.....	8
CAPÍTULO I.....	9
INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO II.....	13
MÉTODO	13
1.1. Tipo de investigación	13
1.2. Unidad de análisis.....	13
1.5. Población.....	14
1.6. Muestra	14
1.7. Instrumentos	15
1.8. Métodos y procedimientos de análisis de datos	18
1.9. Matriz de operacionalización de variables	19
CAPÍTULO III.....	20
RESULTADOS.....	20
2.1. Resultado 1	20
2.2. Resultado 2	31
2.3. Resultado 3	50
2.4. Resultado 4	56
2.5. Resumen de resultados de la propuesta.....	59
CAPÍTULO IV.....	60
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	60
Discusión	60
Conclusiones.....	61
REFERENCIAS	62
ANEXO	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Detalle de la investigación.....	13
Tabla 2. Población de la investigación	14
Tabla 3. Matriz de técnica e instrumentos	15
Tabla 4. Matriz de operacionalización de variables	19
Tabla 5. Cuadro de priorización de causas raíces en el área de planta de procesos	22
Tabla 6. Cantidad de análisis metalúrgicos realizados desde el 2013 al 2018.....	23
Tabla 7. Costo de análisis metalúrgicos realizados desde el 2013 al 2018.....	24
Tabla 8. Tiempo de respuesta de análisis metalúrgicos realizados desde el 2013 al 2018.....	25
Tabla 9. Costo anual de mano de obra en laboratorio metalúrgico.	38
Tabla 10. Costo de seguro y póliza.	38
Tabla 11. Costo de Equipos de Protección Personal	38
Tabla 12. Costo de implementación de equipos de emergencia.	39
Tabla 13. Costo de implementación de botiquín.....	39
Tabla 14. Costo de implementación del área de lixiviación en columnas.....	40
Tabla 15. Costo de implementación del área de lixiviación en botellas.....	40
Tabla 16. Costo de implementación del área de lixiviación de pesaje.....	41
Tabla 17. Costo de implementación del área de preparación mecánica.....	41
Tabla 18. Costo de implementación del área de almacén.....	42
Tabla 19. Costo de implementación del área de homogenización mecánica.....	42
Tabla 20. Costo de implementación del área de oficinas.....	43
Tabla 21. Resumen de costo de la implementación de laboratorio metalúrgico.....	43
Tabla 22. Cantidad de análisis metalúrgicos realizados desde el 2019 al 2024.....	44
Tabla 23. Costo de análisis realizados desde el 2019 al 2024	44
Tabla 24. Comparación de tiempo de respuesta entre laboratorio externo vs laboratorio propio	50
Tabla 25. Comparación de costo entre laboratorio externo vs laboratorio propio.....	54

Tabla 26. Comparación de indicadores actuales vs propuestos	55
Tabla 27. Resumen de costo de la implementación de laboratorio metalúrgico.....	56
Tabla 28. Resumen de flujo de caja.....	57
Tabla 29. Resumen de flujo de caja.....	58
Tabla 30. Resumen de indicadores.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama causa raíz de situación actual	21
Figura 2. Diagrama de Pareto.....	23
Figura 3. Resumen de costo y cantidad anual de análisis metalúrgicos desde el 2019 al 2024.....	24
Figura 4. Tiempo de respuesta de análisis metalúrgicos realizados desde el 2013 al 2018.....	25
Figura 5. Diagrama de Gantt de tiempo de respuesta de análisis metalúrgicos en laboratorio externo.	27
Figura 6. Ciclo de Deming	31
Figura 7. Mapa de riesgos	33
Figura 8. Plano de evacuación.....	34
Figura 9. Mapa de proceso del laboratorio metalúrgico.	36
Figura 10. DOP de análisis de muestras	37
Figura 11. Resumen de costo y cantidad anual de análisis metalúrgicos desde el 2019 al 2024.....	45
Figura 12. Comparación de tiempo de respuesta entre laboratorio externo vs laboratorio propio	51
Figura 13. Diagrama de Gantt de tiempo de respuesta de análisis en laboratorio metalúrgico propio.	53
Figura 14. Comparación de costo entre laboratorio externo vs laboratorio propio.....	54

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general diseñar la implementación de un laboratorio metalúrgico para optimizar tiempos y costos de los análisis metalúrgicos de una empresa minera del Perú. Como primer paso, se diagnosticó la situación actual para identificar los problemas existentes. Para ello, se empleó las siguientes técnicas: Diagrama de Ishikawa y Diagrama de Pareto, con los cuales pudimos priorizar las causas raíces más relevantes al solicitar análisis metalúrgicos: "la demora del reporte de análisis metalúrgicos por parte de laboratorio externo", teniendo un tiempo promedio de respuesta de 40 días/análisis y costo promedio de 6 557 160 \$/año. Luego de identificar los problemas, se desarrolló la propuesta de mejora utilizando, como referencia, el ciclo de Deming, optimizando el tiempo de respuesta a 23 días/análisis y el costo a 946 960 \$/año. Finalmente, se realizó un análisis económico - financiero para comprobar que el estudio realizado es viable para la empresa, obteniendo un VAN igual a 1 224 582 y un TIR de 78.9 %, dando por aceptable el presente proyecto de investigación. Después del análisis, se concluyó que la implementación de un laboratorio metalúrgico interno en la empresa minera ayudará a reducir el tiempo y costo de los análisis metalúrgicos.

Palabras clave: Laboratorio metalúrgico, análisis metalúrgicos, Implementación, tiempo, costo, Diagrama Ishikawa, Diagrama Pareto, Ciclo Deming, análisis económico - financiero.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, a nivel mundial un proyecto minero se basa en: Pre inversión, lo cual corresponde a la exploración y estudios de factibilidad; Inversión, a la construcción e ingeniería de detalle de la mina; y, por último, la operación minera, que es la puesta en marcha de la actividad minera. En síntesis, la actividad minera se basa en la exploración, extracción y comercialización. Es así que, es necesario saber cuál es el metal o metales que se está extrayendo, su contenido metálico o llamada ley de mineral y su recuperación metalúrgica expresada. Por lo que, las empresas mineras requieren de un laboratorio químico metalúrgico que les pueda proporcionar dichos datos para la toma de decisiones dependiendo de la etapa del proyecto minero; la mayoría de minas en el mundo tiene su laboratorio químico metalúrgico para responder oportunamente a los problemas que tiene el mineral.

Las plantas concentradoras e hidrometalurgias en el Perú realizan un proceso continuo para asegurar su producción, pero el problema es con respecto al tiempo que emiten resultados los laboratorios externos que se encuentran en el departamento de Lima. Según **Lovón R. (2017)**, manifiesta sobre la importancia que ofrece un laboratorio de análisis y procesos, en cuanto al servicio prestado a la minería para dar garantía de que puedan tener un control estricto de sus ensayos de mineral, así como parámetros definidos en lo referente a las variables de los procesos de planta, para que así puedan obtener óptimas recuperaciones de su mineral tratado.

En el Perú, las empresas mineras envían sus muestras a un laboratorio externo, que no está cerca de la mina, para realizar las análisis metalúrgicos que se necesita; la primera demora

es el proceso de realizar contrato con un laboratorio externo; la segunda demora es el proceso de transporte desde la mina hacia el laboratorio externo y la tercera demora es el proceso de análisis que hace el laboratorio debido que tienes varios servicios con otras empresas. Por lo tanto, el resultado que se necesita en un tiempo oportuno no es aceptable por las demoras ya mencionados y el tiempo total se amplía y se hace gastos innecesarios en el proceso en mina. En el departamento de Lima se registran trece laboratorios; cuentan con una importante demanda en la prestación de servicios, debido que nuestro país tiene un alto desarrollo minero por lo cual tienen un mejor servicio, reflejan en una mayor capacidad del servicio, calidad y confiabilidad de sus resultados.

Las plantas de proceso de obtención de oro en Cajamarca, no son la excepción; debido a que sus procesos requieren un control continuo. Según **Medina J. y Uracahua A. (2016)**, En el procesamiento de minerales se efectúan muestreos con diversos fines (determinar parámetros de la operación, eficiencia de equipos, detección y análisis de errores en los procesos, etc.).

Es así como la EMPRESA de análisis en la presente investigación, sigue el modelo de negocio de tercerizar análisis metalúrgicos específicos. No obstante, el pasar del tiempo ha hecho que el número de análisis a realizar vayan en aumento y los tiempos de respuesta del laboratorio externo se demoren por lo cual ocasiona retrasos y aumento de costos.

Por lo mencionado, el presente trabajo de investigación está orientado a la implementación de un laboratorio metalúrgico y su relación en la optimización de los tiempos y costos. El contenido de la presente está dividido en los siguientes capítulos:

En el capítulo 1, con nombre “Introducción”, se plantea la formulación del problema, el objetivo general y los objetivos tanto general como específico.

Como formulación del problema se tiene lo siguiente: ¿De qué manera el diseño de implementación de un laboratorio metalúrgico puede optimizar tiempo y costo de los análisis metalúrgicos de una empresa minera del Perú?

Para el cual; se persigue como objetivo general, diseñar la implementación de un laboratorio metalúrgico para optimizar tiempos y costos de los análisis metalúrgicos de una empresa minera. Para cumplir con este lineamiento nos hemos trazado los siguientes objetivos específicos:

- Diagnosticar la situación actual de los análisis metalúrgicos de una empresa minera.
- Diseñar la propuesta de implementación del laboratorio metalúrgico de una empresa minera.
- Comparar los tiempos y costos actuales incurridos en los análisis metalúrgicos versus los resultados obtenidos a través de la propuesta.
- Realizar un análisis costo-beneficio del diseño de implementación de un laboratorio metalúrgico.

Así mismo, se tiene como hipótesis de la investigación que el diseño de implementación de un laboratorio metalúrgico permite optimizar tiempos y costos de los análisis metalúrgicos de una empresa minera del Perú.

Como hipótesis específicas se considera:

- La implementación de un laboratorio metalúrgico reducirá el tiempo de respuesta respecto al tiempo actual.

- Es factible la propuesta de diseño de implementación de un laboratorio metalúrgico en una empresa minera.
- El costo por tener un laboratorio metalúrgico en unidad será más rentable que enviar a un laboratorio externo.

En el capítulo 2, con nombre “Metodología de la investigación”, se describen las características del laboratorio metalúrgico, detallando las técnicas aplicadas en el desarrollo de las análisis aplicadas.

En el capítulo 3, con nombre “Resultados”, se describen y presentan el análisis realizado e interpretación de la data obtenida en los análisis experimentales en el laboratorio. Para estos resultados se utilizarán diferentes metodologías y/o herramientas, tales como:

- Diagrama causa efecto
- Diagrama Pareto
- Ciclo Deming.

Finalmente, en el capítulo 4, con nombre “Discusión y conclusiones”, se responden los objetivos planteados en el primer capítulo.

CAPÍTULO II.

MÉTODO

1.1. Tipo de investigación

De acuerdo al enfoque y al nivel de conocimiento, esta investigación es de tipo Cuantitativa, ya que se centra en la recolección y análisis de datos de los tiempos y costos de los análisis metalúrgicos. Por otro lado debido al diseño, se puede considerar de tipo pre experimental, ya que se realizará un análisis de los elementos con intervención en ellos. En la tabla 1, se muestra el detalle de la investigación tomando en cuenta los diferentes ítems mencionados y sus fundamentos correspondientes:

Tabla 1.
Detalle de la investigación

ITEM	DESCRIPCIÓN	FUNDAMENTO
Enfoque de investigación	Cuantitativa	La presente investigación se centra en la recolección y análisis de datos de los tiempos y costos de los análisis metalúrgicos.
Clasificación	Aplicada	Se pretende dar una solución al presente problema mediante la implementación de un laboratorio metalúrgico.
Planificación	Retrospectivo	Para la presente investigación se tendrán en cuenta datos históricos de tiempos y costos de los análisis metalúrgicos.
N° de mediciones	Transversal	Se analizará cuál es el estado que se encuentra el tiempo de respuesta de los análisis metalúrgicos y el costo por cada resultado.
Intervención del investigador	Pre-experimental	Se manipulan datos históricos y analizarán los resultados de la propuesta.

Fuente: Elaboración propia

1.2. Unidad de análisis

Para la presente investigación, la unidad de análisis son los análisis metalúrgicos realizados en un laboratorio externo.

1.5. Población

Se consideró una población de análisis metalúrgicos realizados en laboratorio externo durante los últimos seis años. En la tabla 2 se presenta la población mencionada:

*Tabla 2.
Población de la investigación*

ITEM	ANÁLISIS	MUESTRA
01	Programa de Preparación de Muestra	5 784
02	Programa de análisis de Conminución	3 144
03	Programa de análisis de Concentración Gravimétrica	984
04	Programa de análisis de Flotación	3 096
05	Programa de análisis de Cianuración	5 784
TOTAL DE ANÁLISIS		18 792

Fuente: Empresa Minera

1.6. Muestra

La muestra de investigación es igual a la población, ya que se utilizara todos los análisis metalúrgicos que se requiere.

Criterios a tomar en cuenta son:

- ✓ De inclusión.
 - Las dieciocho mil setecientos noventa y dos (18 792) análisis metalúrgicos realizados en los últimos seis años.
- ✓ De exclusión.
 - Análisis metalúrgicos para el área de geología.
 - Análisis metalúrgicos para el área de mina.

1.7. Instrumentos

Para la presente investigación se han tomado en cuenta diferentes instrumentos que permitirán recolectar los datos históricos de los análisis metalúrgicos:

*Tabla 3.
Matriz de técnica e instrumentos*

TÉCNICAS	JUSTIFICACIÓN	INSTRUMENTOS	APLICACIÓN
Encuesta	Permite conocer la realidad actual del proceso de los análisis metalúrgicos.	Cuestionario	- Operarios - Supervisores
Observación directa	Estrategia basada en la mejora continua de calidad	Ficha de Observación	- Área de procesos de empresa minera.
Análisis de datos	Para obtener la información que permita diagnosticar la situación actual.	Registros Base de datos	- Datos históricos de tiempo y costo de los análisis metalúrgicos.

Fuente: Elaboración propia

1.7.1. Encuesta

- **Objetivo**

Conocer la situación actual del proceso de obtención análisis metalúrgicos para conocer sus tiempos de respuesta y costos inmersos en desarrollo por parte de un laboratorio externo.

- **Procedimiento**

Preparación de la encuesta

Se determina encuestar a los supervisores y operarios del área de procesos de la empresa minera.

La encuesta tiene una duración de 30 minutos con la finalidad de recopilar información relevante para posteriormente analizarla utilizando un cuadro de causas y raíces.

La encuesta se realizará en las instalaciones de la empresa, para ello, se acondiciona un lugar adecuado para poder desarrollarla y así obtener los datos.

Secuela de la Entrevista

- Explicación del proyecto de investigación a los encuestados.
- Desarrollo de encuesta.
- Archivo de resultados.

- Instrumentos

Para el desarrollo de la encuesta se utilizó un Cuestionario, el cual, se puede ver al detalle en el anexo 01.

1.7.2. Observación directa

- Objetivo

Identificar el proceso de análisis metalúrgicos, desde que inicia el área de procesos obteniendo la muestra hasta que llegan los resultados del laboratorio externo a la empresa, para determinar las restricciones con que cuenta la parte operativa.

- Procedimiento

Se hace un recorrido por el área de procesos para identificar los tipos, la cantidad y frecuencia de muestras que se generan en la empresa. Así mismo, observar el proceso de envío de estas hacia el laboratorio externo.

Secuela de la Observación directa

- Recorrido en el área de procesos
- Registro de datos in situ: tiempo y costo de análisis metalúrgicos.

- Instrumentos

Para el desarrollo de la observación directa se utilizó una Ficha de observación.

1.7.3. Análisis de datos

- Objetivo

Obtener información que permita identificar los tiempos prolongados de respuesta y el costo elevado de los análisis metalúrgicos en un laboratorio externo.

- Procedimiento

Secuela de Recolección de datos

- Presentar solicitud de información a la empresa.
- Recopilación de datos en la empresa: históricos de tiempos de respuesta y costos.
- Elaboración de base de datos.
- Elaboración del modelamiento matemático.
- Identificar variables: dependiente e independiente.
- Identificación de indicadores en función a los objetivos.

- Instrumentos

- Para realizar el análisis de datos, se utilizaron registros y la creación de una base de datos donde almacenar dicha información.

1.8. Métodos y procedimientos de análisis de datos

1.8.1. Cálculos y modelamiento matemático.

Los datos obtenidos se utilizarán para elaborar cálculos matemáticos y determinar los indicadores, tales como: cantidad de análisis realizados, tiempos de respuesta por análisis, costo del servicio por análisis realizado.

Estos indicadores permitirán realizar un análisis exhaustivo del diagnóstico, los cuales, posteriormente se compararán con los obtenidos en la propuesta.

1.8.2. Programas

- Microsoft Word: para desarrollar y estructurar el proyecto de investigación.
- Microsoft Excel: para elaborar la base datos y realizar los cálculos matemáticos.
- MS PowerPoint: Software que utilizaremos para la elaboración gráfica de la presentación final del proyecto.

1.9. Matriz de operacionalización de variables

En la tabla 4 se muestra la matriz de operacionalización de variables donde se analiza las variables dependiente e independiente y se plantean sus indicadores:

Tabla 4.
Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Laboratorio metalúrgico	Es un conjunto de instalaciones destinadas a la realización de análisis que permitan determinar las diferentes propiedades de los materiales metálicos	Según (Navinta, 2019) en su informe técnico indica que el laboratorio metalúrgico de una empresa minera es el soporte necesario a las operaciones de una planta de procesamiento de minerales, cuya importancia radica en la proyección de resultados de recuperaciones del mineral.	Cantidad de análisis metalúrgicos	$(N^{\circ} \text{ análisis inicial} - N^{\circ} \text{ análisis final}) / N^{\circ} \text{ análisis. inicial} * 100$
Tiempo de los análisis metalúrgicos	Periodo de duración del análisis de composición de un mineral, metal o aleación.	Hepfner (2018) indica que los tiempos de análisis en un laboratorio metalúrgico están sujetos al posterior tratamiento bien sea por análisis químicos o para someter los análisis a evaluación.	Tiempos de respuesta (reducción de tiempos)	$(T. \text{ inicial} - T. \text{ final}) / T. \text{ inicial} * 100$
Costo de los análisis metalúrgicos	Desembolso económico que se asigna para el análisis de composición de un mineral, metal o aleación.	Garcés (2018) identificó que los costos operacionales en la planta de procesamiento de minerales son afectados por los reactivos y los insumos a utilizar en el laboratorio metalúrgico.	Costos de servicio	Indicadores económicos (TIR y VAN)

CAPÍTULO III

RESULTADOS

2.1. Resultado 1

Diagnosticar la situación actual de los análisis metalúrgicos de una empresa minera.

Para el desarrollo de la presente investigación, se elaboró un diagrama de causa raíz para el área de planta (ver figura 1), identificando tres factores que influyen en el problema principal, tales como: **entorno, mano de obra y abastecimiento**. Estos repercuten en los altos tiempos y costos operacionales de los análisis metalúrgicos.

Posteriormente, se planteó y realizó una encuesta a los supervisores y operarios de la planta de procesos que laboran en la empresa, por lo cual; procedimos a elaborar una matriz de priorización colocando puntajes de 1 a 5, donde 1 es bajo y 5 es muy alto; para identificar, según la apreciación de los colaboradores, cuáles son los problemas críticos en la planta de procesos. Una vez obtenido los puntajes totales de cada problema, se realizó un cuadro de priorización de causas raíces donde se ordenó cada una de ellas gracias a las calificaciones (ver tabla 5).

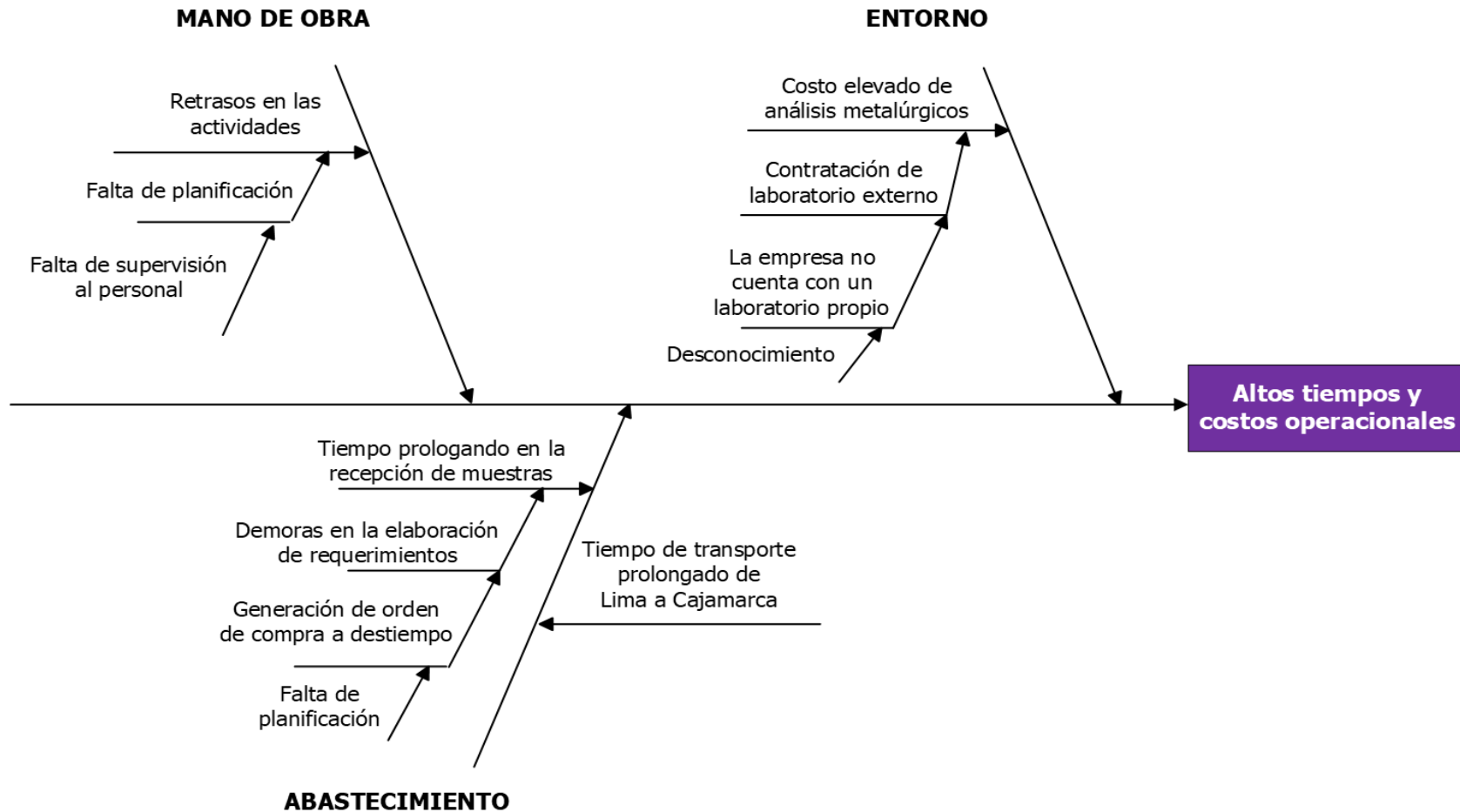


Figura 1. Diagrama causa raíz de situación actual

En la tabla 5 se detalla las causas más representativas de la problemática señaladas por el personal encuestado. Los resultados de las problemáticas fueron extraídas de la encuesta Anexo 01.

Tabla 5.
Cuadro de priorización de causas raíces en el área de planta de procesos

ITEM	CAUSAS	SUMATORIA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA ACUMULADA	80 - 20
01	Demora del reporte de análisis metalúrgicos por parte de laboratorio externo.	55	63%	34%	80%
02	Logística se demora en el proceso de enviar la muestra a laboratorio externo.	22	25%	89%	20%
03	Contabilidad se demora en el proceso de pago de los análisis metalúrgicos a laboratorio externo.	5	6%	94%	20%
04	Los supervisores se demoran en la recolección de muestras para los análisis metalúrgicos.	5	6%	100%	20%
TOTAL		87			

En la figura 2, se visualiza el gráfico de barras del Diagrama de Pareto; aquí se puede observar que, entre los problemas más representativos señalados por el personal encuestado (cuadro de priorización de causas raíces), según los resultados analizados el más crítico y con énfasis a solucionar de manera inmediata es la **demora del reporte de análisis metalúrgicos por parte de laboratorio externo**; ya que genera retrasos en las operaciones de la empresa minera.

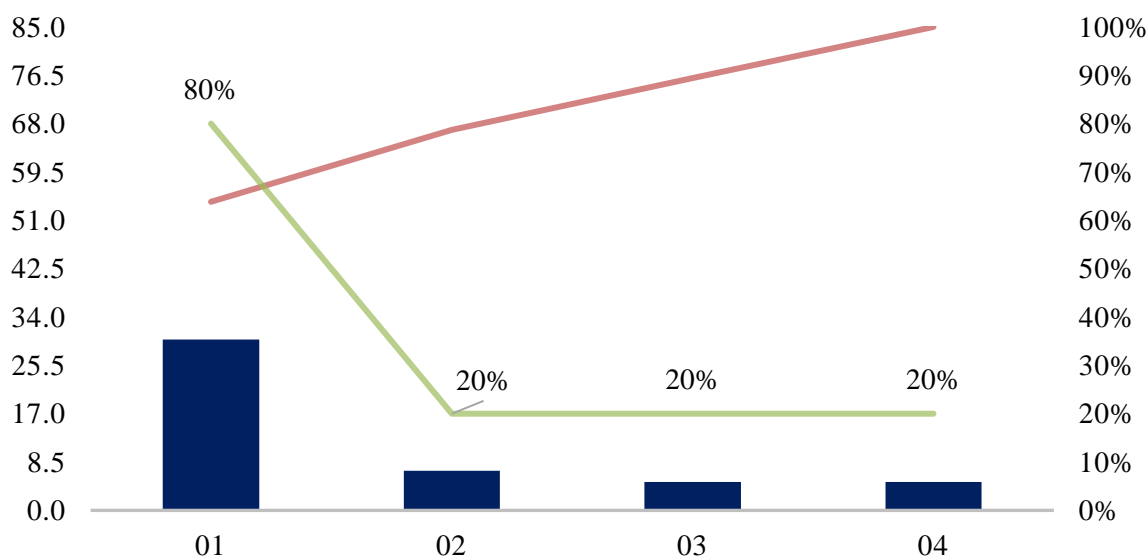


Figura 2. Diagrama de Pareto.

Luego de obtener la causa mayor que es la **demora del reporte de análisis metalúrgicos por parte de laboratorio externo**, se revisó los gastos realizados desde 2013 al 2018 en análisis metalúrgicos como también los tiempos de respuesta de dichos análisis. En la tabla 06 y 07, como también en la figura 4; se muestra el aumento progresivo en la cantidad y costo de los análisis realizados durante el periodo 2013 a 2018.

En la siguiente tabla, podemos observar el aumento progresivo en la cantidad análisis realizados durante el periodo 2013 a 2018.

Tabla 6.
Cantidad de análisis metalúrgicos realizados desde el 2013 al 2018

ITEM	Análisis	2013	2014	2015	2016	2017	2018
01	Análisis Preparación de Muestra	600	600	972	972	1,320	1,320
02	Análisis Conminución	516	516	516	516	540	540
03	Análisis Concentración Gravimétrica	156	156	156	156	180	180
04	Análisis Flotación	516	516	516	516	516	516
05	Análisis Cianuración	600	600	972	972	1,320	1,320
Total de análisis		2,388	2,388	3,132	3,132	3,876	3,876

Fuente: Histórico de Análisis – Planta de procesos

De igual manera, en la tabla 7, podemos apreciar el aumento del costo de análisis realizados durante el periodo 2013 a 2018.

Tabla 7.
Costo de análisis metalúrgicos realizados desde el 2013 al 2018

Análisis	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Análisis Preparación de Muestra	978,000	978,000	1,584,360	1,584,360	2,151,600	2,151,600
Análisis Conminución	294,120	294,120	294,120	294,120	307,800	307,800
Análisis Concen. Gravimétrica	171,600	171,600	171,600	171,600	198,000	198,000
Análisis Flotación	2,249,760	2,249,760	2,249,760	2,249,760	2,249,760	2,249,760
Análisis Cianuración	594,000	594,000	962,280	962,280	1,306,800	1,306,800
Total	4,287,480	4,287,480	5,262,120	5,262,120	6,213,960	6,213,960

Fuente: Histórico de análisis – Planta de procesos.

En la siguiente figura 3, se muestra el resumen del aumento progresivo de la cantidad y costo de análisis realizados durante el periodo 2013 a 2018.

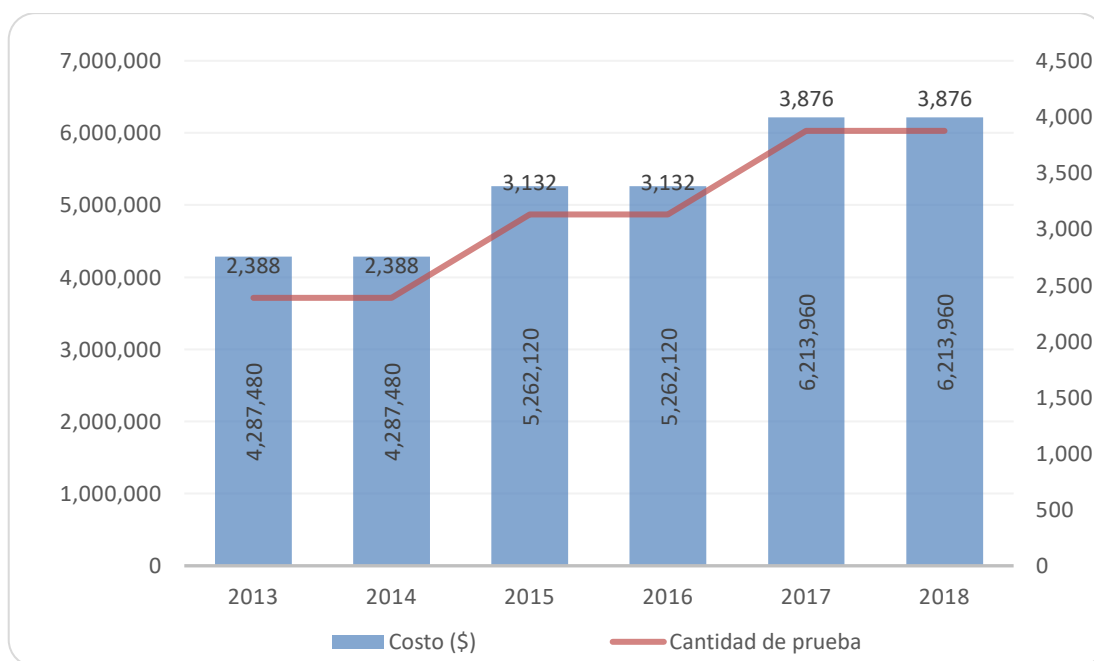


Figura 3. Resumen de costo y cantidad anual de análisis metalúrgicos desde el 2013 al 2018.

Se revisó la data histórica del tiempo de respuesta desde que la muestra se envía al laboratorio externo en Lima, pago por dichas análisis metalúrgicos y hasta obtener el resultado en planta. En tabla 8 se evidencia desde el 2013 al 2018 el tiempo de respuesta de la entrega de resultados de los análisis metalúrgicos.

Tabla 8.
Tiempo de respuesta de análisis metalúrgicos realizados desde el 2013 al 2018.

ITEM	ANÁLISIS	TIEMPO DE LAB. EXTERNO (DÍAS)
01	Análisis de Preparación de Muestra	20
02	Análisis de Conminución	20
03	Análisis de Concentración Gravimétrica	40
04	Análisis de Flotación	60
05	Análisis de Cianuración	60

A continuación, en la figura 4 se muestra de forma gráfica la cantidad de días que demora la realización de los análisis metalúrgicos desde que se envía al laboratorio externo en Lima, pago por dichos análisis metalúrgicos y hasta obtener el resultado en planta

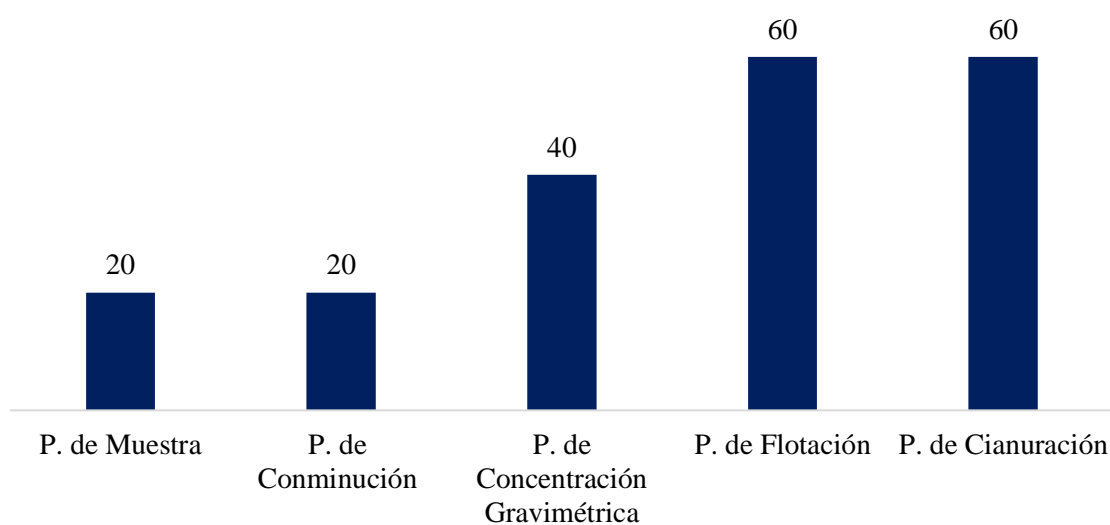


Figura 4. *Tiempo de respuesta de análisis metalúrgicos realizados desde el 2013 al 2018.*

En la figura 5, se muestra el Diagrama de Gantt de tiempo de respuesta de análisis metalúrgicos en laboratorio externo. Los datos comprendidos en ella representan lo siguiente:

- **Número 1:** es la etapa de logística (envío de muestra al laboratorio externo).
- **Número 2:** es la etapa de tiempo de análisis metalúrgicos en laboratorio externo.
- **Número 3:** es la etapa de contabilidad para realizar los pagos por los análisis metalúrgicos.

ITEM	ANÁLISIS	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
01	Análisis de Preparación de Muestra	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3			
02	Análisis de Conminución	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3			
03	Análisis de Concen. Gravimétrica	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
04	Análisis de Flotación	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
05	Análisis de Cianuración	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

ITEM	ANÁLISIS	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
01	Análisis de Preparación de Muestra																									
02	Análisis de Conminución																									
03	Análisis de Concen. Gravimétrica	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3									
04	Análisis de Flotación	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
05	Análisis de Cianuración	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

ITEM	ANÁLISIS	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
01	Análisis de Preparación de Muestra												
02	Análisis de Conminución												
03	Análisis de Concen. Gravimétrica												
04	Análisis de Flotación	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
05	Análisis de Cianuración	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3

Figura 5. Diagrama de Gantt de tiempo de respuesta de análisis metalúrgicos en laboratorio externo.

A continuación, se muestran los indicadores obtenidos en esta etapa del diagnóstico:

Tiempos de respuesta

Para identificar el tiempo de respuesta de los análisis que envía la empresa a un laboratorio externo, se tomó en cuenta los datos históricos del periodo 2013 al 2018, obteniendo el tiempo **promedio en días** por cada tipo de análisis y en general.

Análisis de Preparación de análisis

$$\text{Análisis Preparación de muestra} = 20 \frac{\text{días}}{\text{análisis}}$$

Análisis de conminución

$$\text{Análisis de conminución} = 20 \frac{\text{días}}{\text{análisis}}$$

Análisis de concentración Gravimétrica

$$\text{Análisis de concentración gravimétrica} = 40 \frac{\text{días}}{\text{análisis}}$$

Análisis de flotación

$$\text{Análisis de flotación} = 60 \frac{\text{días}}{\text{análisis}}$$

Análisis de Cianuración

$$\text{Análisis de cianuración} = 60 \frac{\text{días}}{\text{análisis}}$$

En síntesis, después del análisis de tiempos; podemos decir que el tiempo promedio de realización de análisis en el laboratorio externo es de **40 días**.

$$\text{Tiempo promedio de análisis} = 40 \frac{\text{días}}{\text{análisis}}$$

Número de análisis realizados

Para identificar el número de análisis que realiza la empresa, se tomó en cuenta los datos históricos del periodo 2013 al 2018, obteniendo la **cantidad promedio por año** por cada tipo de muestra y en general.

Análisis de Preparación de muestra

$$\text{Análisis Preparación de muestra} = 964 \frac{\text{análisis}}{\text{año}}$$

Análisis de conminución

$$\text{Análisis de conminución} = 524 \frac{\text{análisis}}{\text{año}}$$

Análisis de concentración Gravimétrica

$$\text{Análisis de concentración gravimétrica} = 164 \frac{\text{análisis}}{\text{año}}$$

Análisis de flotación

$$\text{Análisis de flotación} = 516 \frac{\text{análisis}}{\text{año}}$$

Análisis de Cianuración

$$\text{Análisis de cianuración} = 964 \frac{\text{análisis}}{\text{año}}$$

En síntesis, después del análisis de cantidades; podemos decir que la cantidad promedio de realización de análisis que envía la empresa a un laboratorio externo es de **3 132 análisis /año**.

$$\text{N}^\circ \text{ promedio de análisis} = 3\ 132 \frac{\text{análisis}}{\text{año}}$$

Costo del servicio por análisis

De igual manera, para identificar el costo del servicio por análisis que asume la empresa, se tomó en cuenta los datos históricos del periodo 2013 al 2018, obteniendo el **costo promedio por año por** cada tipo de muestra y en general.

Análisis de Preparación de muestra

$$\text{Análisis Preparación de muestra} = 1\,571\,320 \frac{\$}{\text{año}}$$

Análisis de conminución

$$\text{Análisis de conminución} = 298\,680 \frac{\$}{\text{año}}$$

Análisis de concentración Gravimétrica

$$\text{Análisis de concentración gravimétrica} = 180\,400 \frac{\$}{\text{año}}$$

Análisis de flotación

$$\text{Análisis de flotación} = 2\,249\,760 \frac{\$}{\text{año}}$$

Análisis de Cianuración

$$\text{Análisis de cianuración} = 954\,360 \frac{\$}{\text{año}}$$

En síntesis, después del análisis de costos; podemos decir que el costo promedio de realización de análisis que envía la empresa a un laboratorio externo es de **5 254 520 \$/año**.

$$\text{Costo promedio de análisis} = 5\,254\,520 \frac{\$}{\text{año}}$$

2.2. Resultado 2

Diseñar la propuesta de implementación del laboratorio metalúrgico de una empresa minera.

La propuesta de solución es la implementación de un laboratorio metalúrgico, para ello se establece cuatro etapas en el proceso de manera circular, logrando así que este se repita y se logre una mejora continua (ciclo de Deming), siendo las etapas: planificar e idealizar, desarrollar, controlar y actuar.

Es importante destacar que las decisiones y acciones que se toman para llevar a cabo un propósito, se sustentan en los mecanismos o instrumentos administrativos, además de que el control siempre debe ir en relación a los objetivos inicialmente planteados.



Figura 6. Ciclo de Deming

Fuente: www.bpmsat.com

2.2.1. Implementación

Estructura y responsabilidades en función específica al cargo:

✓ Supervisor metalurgista Planta

- Suministrar los recursos necesarios para el desarrollo de los análisis metalúrgicos que se tiene programado

- Asignar responsabilidades a los técnicos metalúrgicos sobre los análisis metalúrgicos.
 - Garantizar los resultados por cada análisis metalúrgico al superintendente de planta.
 - Establece procedimientos de análisis metalúrgicos, políticas de seguridad y salud en el trabajo.
- ✓ **Técnico metalurgista Planta**
- Mantener actualizada los resultados de análisis metalúrgicos.
 - Realizar las calibraciones de los equipos de laboratorio metalúrgico.
 - Realizar los planes establecidos mensualmente para el laboratorio metalúrgico.

2.2.2. Desarrollo

2.2.2.1. Mapa de riesgos y seguridad de laboratorio metalúrgico.

Con el apoyo del área de seguridad y construcción se realizó el diseño del laboratorio metalúrgico. Para adecuar las áreas respectivas del laboratorio metalúrgico.

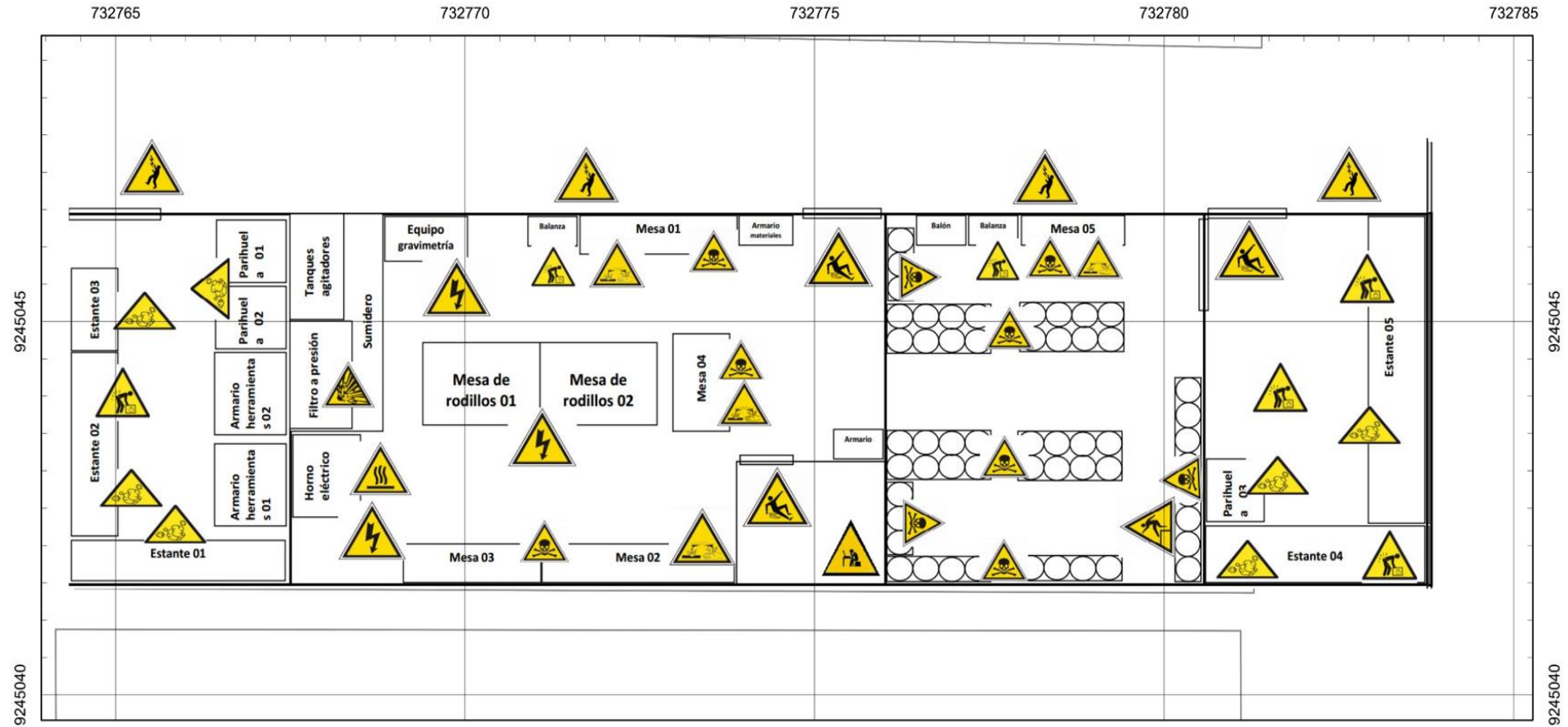


Figura 7. Mapa de riesgos
Fuente: Información proporcionada por el área de seguridad y construcción

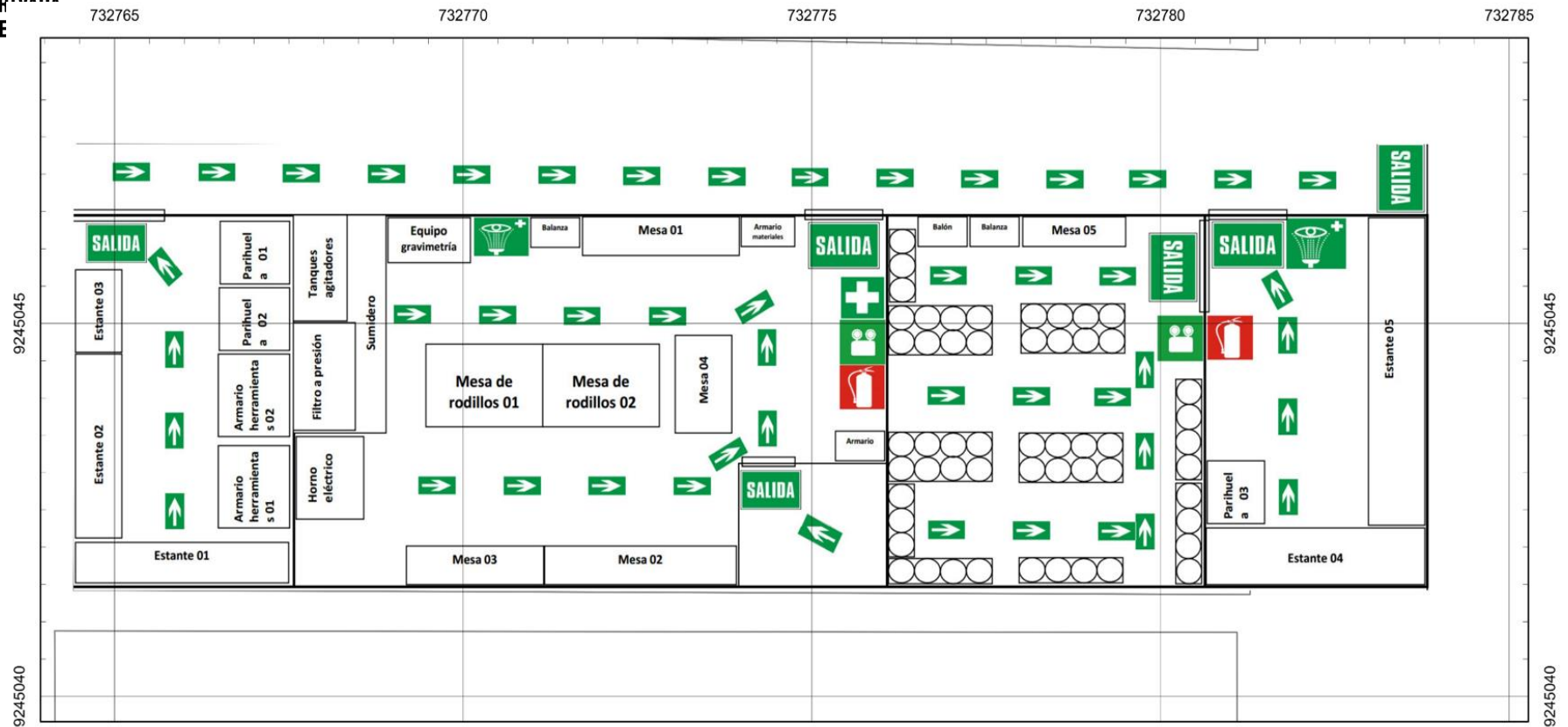


Figura 8. Plano de evacuación
Fuente: Información proporcionada por el área de seguridad y construcción

2.2.2.2. Mapeo de proceso.

Con el apoyo del área de calidad se realizó el diseño del mapeo de procesos del laboratorio metalúrgico.

Las muestras que se realizará en laboratorio metalúrgico provienen de las áreas de:

- ✓ Adsorción (planta de procesos)
- ✓ MERRIL CROWE (planta de procesos)
- ✓ Lixiviación (planta de procesos)
- ✓ Tajo San Pedro Sur (geología)
- ✓ Tajo Pampa Verde (geología)
- ✓ Socavón Alejandra (geología)

En este estudio no se tomó los datos del área de geología por no estar considerado en el plan.

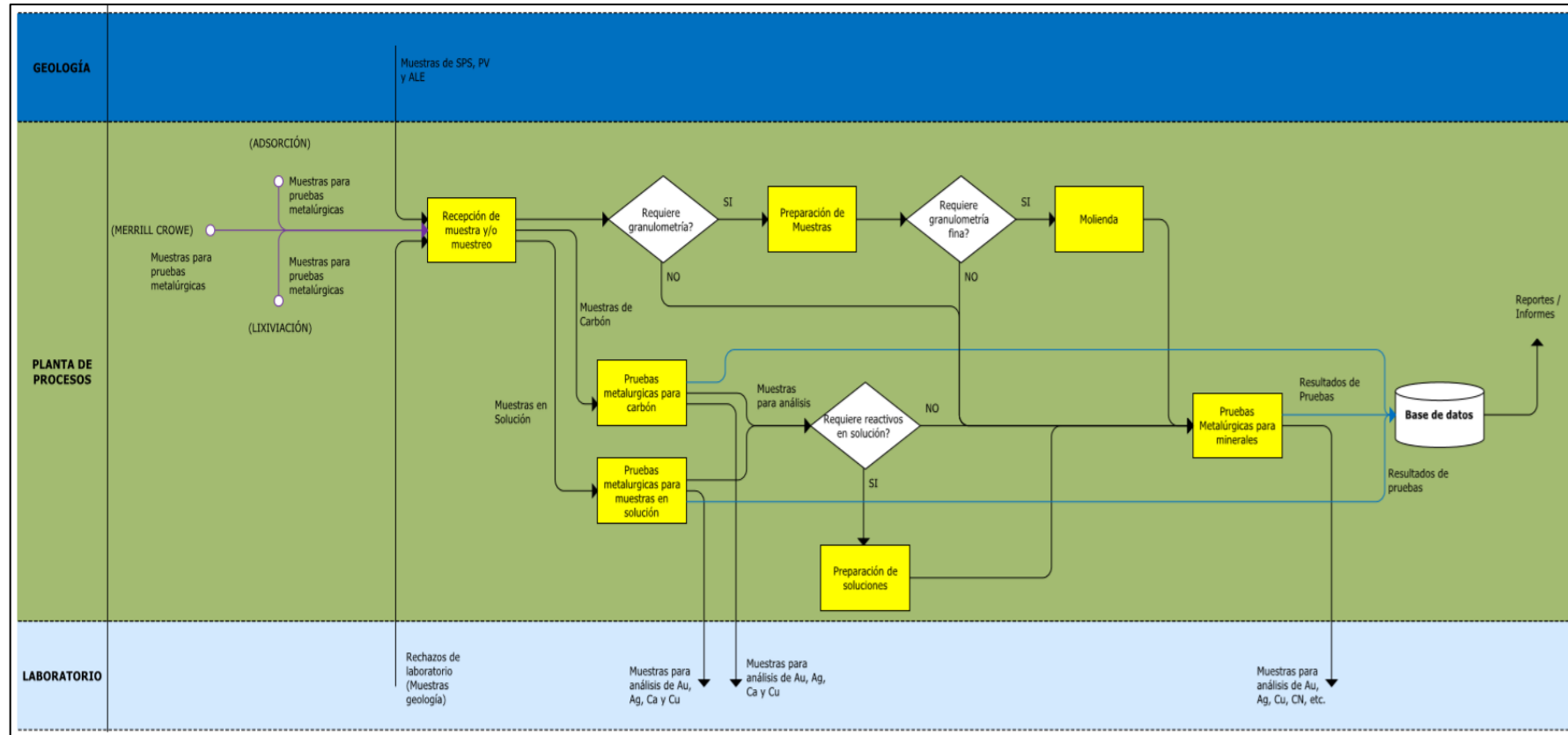


Figura 9. Mapa de proceso del laboratorio metalúrgico.

Fuente: Información proporcionada por el área de calidad

A la vez se ha elaborado el Diagrama de Operaciones (DOP) para los procesos a realizar en el laboratorio metalúrgico. A continuación, se detalla el diagrama

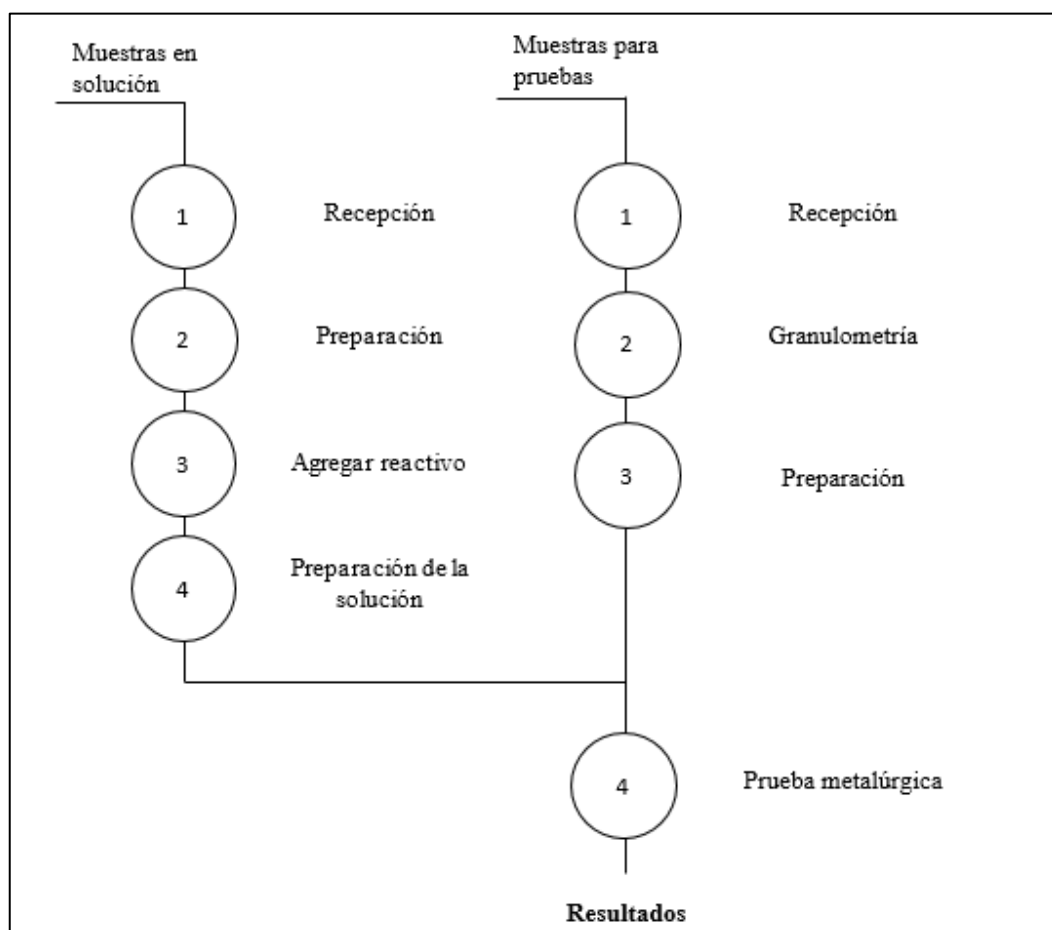


Figura 10. DOP de análisis de muestras

2.2.3. Costos de implementación

Se realizará el análisis económico, donde nos permitirá conocer los costos que demandará la implementación de un laboratorio metalúrgico en una empresa minera peruana.

- ✓ **Costo intangible**, que se relaciona a la mano de obra para el manejo del laboratorio metalúrgico.
- ✓ **Costo tangible**, que se relaciona a los costos de materiales, equipos y otros.

A continuación, en las siguientes tablas se detallan los costos para la implementación del laboratorio metalúrgico.

Tabla 9.
Costo anual de mano de obra en laboratorio metalúrgico.

ITEM	Puesto	Cantidad	Sueldo hora	Sueldo diario	Remuneración mensual	Remuneración anual	Sub total (S/.)
01	Supervisor metalurgista	1	21	167	5,000	70,000	70,000
02	Técnico metalurgista	4	10	83	2,500	35,000	140,000
Total							210,000

Fuente: proporcionado por el área de recursos humanos.

En la tabla 10, se ha colocado los costos relacionados a los seguros por la cantidad de mano de obra.

Tabla 10.
Costo de seguro y póliza.

ITEM	Seguro / Póliza	Cantidad	Costo unitario	Importe (S/.)
01	SCTR Es salud	5	60.00	1,860

Fuente: proporcionado por el área de recursos humanos.

En la tabla 11, se ha detallado los costos relacionados a los equipos personales de protección, esto debido al contexto y operaciones dentro de la organización.

Tabla 11.
Costo de Equipos de Protección Personal

ITEM	Descripción	Unidad med.	Cantidad	Costo unitario	Sub total (S/.)
01	Uniforme de trabajo	Und.	3	50	150
02	Casco blanco	Und.	1	30	30
03	Casco verde	Und.	2	30	60
04	Guante de Nitrilo	Caja	3	15	45
05	Guante de Cuero	Par	3	10	30
06	Botín punta de acero	Par	3	50	150
07	Lentes de seguridad Blanco	Und.	3	8	23
08	Lentes de seguridad negro	Und.	3	10	29
09	Respirador media cara	Und.	3	80	240
10	Filtro	Und.	3	20	60
11	Protector Auditivo	Und.	3	25	75
12	Chaleco de supervisión	Und.	3	35	105
Total					996

En la tabla 12 se ha detallado los costos relacionados a los equipos de emergencia y según la información recibida por parte del área correspondiente a la seguridad industrial de la empresa.

Tabla 12.
Costo de implementación de equipos de emergencia.

ITEM	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Sub total (S/.)
01	Extintor 2 kg	2	250.00	500.00
02	Recarga Extintor	2	150.00	300.00
03	Mantenimiento de extintor	2	200.00	400.00
04	Lava ojo	2	500.00	1,000.00
Total				2,200.00

Fuente: proporcionado por el área de seguridad.

En la tabla 13 se ha detallado los costos relacionados al botiquín de emergencia y los elementos dentro de este según la información recibida por parte del área correspondiente a la seguridad industrial de la empresa.

Tabla 13.
Costo de implementación de botiquín.

ITEM	Descripción	Cantidad Anual	Costo unitario	Sub Total (S/)
01	Antiséptico	3	6.50	20
02	Apósito	9	1.20	11
03	Cinta Adhesiva	3	3.50	11
04	Compresa en rollo	3	15.00	45
05	Compresa Absorbente	9	21.00	189
06	guantes de látex	3	0.80	2
07	NaCl 0.9%	3	5.00	15
08	Vendaje Ocular	6	3.50	21
09	Venda Elástica 2"	6	5.00	30
10	Venda Adhesiva	30	0.10	3
Total				346

Fuente: proporcionado por el área de seguridad - presupuesto.

En la tabla 14 se ha determinado los costos relacionados a la construcción y los elementos dentro de este según el contexto y requerimientos, específicamente a la lixiviación en columnas.

Tabla 14.

Costo de implementación del área de lixiviación en columnas.

ITEM	Concepto	Cantidad	Costo unitario	Sub total (\$)
01	Construcción de área	1	35,000	35,000
02	Instalación de energía eléctrica	1	3,500	3,500
03	Instalación de línea de agua	1	3,500	3,500
04	Fabricación e instalación de muebles	1	4,000	4,000
05	Balanza (Max. 150 kg)	1	3,500	3,500
06	Columnas de 30 kg	60	50	3,000
07	Soporte de columnas	60	100	6,000
08	Baldes de colección	120	10	1,200
09	Frascos de colección	1,000	2	1,500
Total				61,200

Fuente: proporcionado por el área de planta - presupuesto.

En las tablas 15 y 16 se ha determinado los costos relacionados a la construcción y los elementos dentro de este, específicamente a la lixiviación en botellas y de pesaje.

Tabla 15.

Costo de implementación del área de lixiviación en botellas.

ITEM	Concepto	Cantidad	Costo unitario	Sub total (\$)
01	Construcción de área	1	35,000	35,000
02	Instalación de energía eléctrica	1	3,500	3,500
03	Instalación de línea de agua	1	3,500	3,500
04	Fabricación e instalación de muebles	1	4,000	4,000
05	Rodillo agitador	2	3,500	7,000
06	Botellas para agitación	60	15	900
Total				53,900

Fuente: proporcionado por el área de planta - presupuesto.

Tabla 16.
Costo de implementación del área de lixiviación de pesaje.

ITEM	Concepto	Cantidad	Costo unitario	Sub total (\$)
01	Construcción de área	1	30,000	30,000
02	Instalación de energía eléctrica	1	3,500	3,500
03	Instalación de línea de agua	1	3,500	3,500
04	Fabricación e instalación de muebles	1	4,000	4,000
05	Balanza (Máx. 2.00 kg)	2	4,000	8,000
06	Balanza (Máx. 150 kg)	2	5,000	10,000
07	Platos de pesaje	1,000	0	150
08	Espátula de pesaje	1,000	0	150
Total				59,300

Fuente: proporcionado por el área de planta - presupuesto.

En la tabla 17 se ha determinado los costos relacionados a la implementación del área de preparación mecánica. Estos costos se han determinado según las necesidades en la implementación del proyecto.

Tabla 17.
Costo de implementación del área de preparación mecánica.

ITEM	Concepto	Cantidad	Costo unitario	Sub total (\$)
01	Construcción de área	1	30,000	30,000
02	Instalación de energía eléctrica	1	3,500	3,500
03	Instalación de línea de agua	1	3,500	3,500
04	Instalación de extracción de polvo	1	35,000	35,000
05	Chancadora primaria	1	25,000	25,000
06	Chancadora secundaria	1	30,000	30,000
07	Pulvizada	1	30,000	30,000
Total				157,000

Fuente: proporcionado por el área de planta - presupuesto.

En la tabla 18 se ha determinado los costos relacionados a la implementación del área de almacén. Estos costos se han determinado según las necesidades en la implementación del proyecto.

Tabla 18.
Costo de implementación del área de almacén.

ITEM	Concepto	Cantidad	Costo unitario	Sub total (\$)
01	Construcción de área	1	15,000	15,000
02	Instalación de energía eléctrica	1	3,500	3,500
03	Instalación de línea de agua	1	3,500	3,500
04	Instalación de anaqueles	1	9,000	9,000
Total				31,000

Fuente: proporcionado por el área de planta - presupuesto.

En la tabla 19 se ha determinado los costos relacionados a la implementación del área de homogenización mecánica.

Tabla 19.
Costo de implementación del área de homogenización mecánica.

ITEM	Concepto	Cantidad	Costo unitario	Sub total (\$)
01	Construcción de área	1	15,000	15,000
02	Instalación de energía eléctrica	1	3,500	3,500
03	Instalación de línea de agua	1	3,500	3,500
04	Instalación de anaqueles	1	9,000	9,000
Total				31,000

Fuente: proporcionado por el área de planta - presupuesto.

En la tabla 20 se ha determinado los costos relacionados a la implementación del área de oficinas.

Tabla 20.
Costo de implementación del área de oficinas.

ITEM	Concepto	Cantidad	Costo unitario	Sub total (\$)
01	Construcción de área	1	10,000	10,000
02	Instalación de energía eléctrica	1	2,000	2,000
03	Fabricación e instalación de muebles	1	2,500	2,500
04	Computadoras	2	9,000	18,000
Total				32,500

Fuente: proporcionado por el área de planta - presupuesto.

A continuación, en la tabla 21 se detalla el resumen de todos los costos relacionados para la implementación del proyecto.

Tabla 21.
Resumen de costo de la implementación de laboratorio metalúrgico.

ITEM	Costo	Descripción	Sub total (\$)	Sub total (\$)
01	Intangible	Costo de mano de obra directa	21,000	
02	Tangible	Costo de seguro y póliza	22,320	
03	Tangible	Costo de EPP	4,550	
04	Tangible	Costo de implementación de equipos de emergencia	2,200	
05	Tangible	Costo de implementación de botiquines	1,039	
06	Tangible	Costo de implementación del área de lixiviación de columnas		61,200
07	Tangible	Costo de implementación del área de lixiviación de botellas		53,900
08	Tangible	Costo de implementación del área de pesaje		59,300
09	Tangible	Costo de implementación del área de preparación mecánica		157,000
10	Tangible	Costo de implementación del área de almacén		31,000
11	Tangible	Costo de implementación del área de homogenización mecánica		31,000
12	Tangible	Costo de implementación del área de oficinas		32,500
Sub total (cambio de dólar a 3.20 S/.)			51,109	425,900
			15,971	425,900
Total				441,871

Fuente: Elaboración propia.

2.2.4. Tiempos de respuesta y costos de la propuesta

Para el periodo proyectado entre los años 2019 al 2024 en análisis metalúrgicos, dichos datos fueron dados por el área de superintendencia, identificando que la análisis van a aumentar en **25 176** (veinte cinco mil ciento setenta y seis) análisis metalúrgicos en el transcurso del periodo. En la tabla 22, se puede observar el aumento progresivo de la cantidad de análisis metalúrgicos realizados y a realizar durante el periodo 2019 y 2024.

Tabla 22.

Cantidad de análisis metalúrgicos realizados desde el 2019 al 2024

ITEM	ANÁLISIS	2019	2020	2021	2022	2023	2024
01	Análisis de Preparación de Muestra	1,320	1,320	1,380	1,380	1,500	1500
02	Análisis de Conminución	540	540	600	600	720	720
03	Análisis de Concen. Gravimétrica	180	180	240	240	360	360
04	Análisis de Flotación	516	516	516	516	516	516
05	Análisis de Cianuración	1,320	1,320	1,380	1,380	1,500	1500
Total de análisis		3,876	3,876	4,116	4,116	4,596	4596

Fuente: Histórico de análisis – Planta de procesos.

En la tabla 23, se puede observar el aumento progresivo de costo de los análisis metalúrgicos realizados y a realizar durante el periodo 2019 y 2024.

Tabla 23.

Costo de análisis realizados desde el 2019 al 2024

ITEM	ANÁLISIS	2019	2020	2021	2022	2023	2024
01	Análisis de Preparación de Muestra	1,320,000	1,320,000	1,380,000	1,380,000	1,500,000	1,500,000
02	Análisis de Conminución	135,000	135,000	150,000	150,000	180,000	180,000
03	Análisis de Concen. Gravimétrica	135,000	135,000	180,000	180,000	270,000	270,000
04	Análisis de Flotación	1,651,200	1,651,200	1,651,200	1,651,200	1,651,200	1,651,200
05	Análisis de Cianuración	858,000	858,000	897,000	897,000	975,000	975,000
Total		4,099,200	4,099,200	4,258,200	4,258,200	4,576,200	4,576,200

En la siguiente figura, se muestra el resumen del aumento progresivo de la cantidad y costo de análisis realizados y por realizar durante el periodo 2019 a 2024.

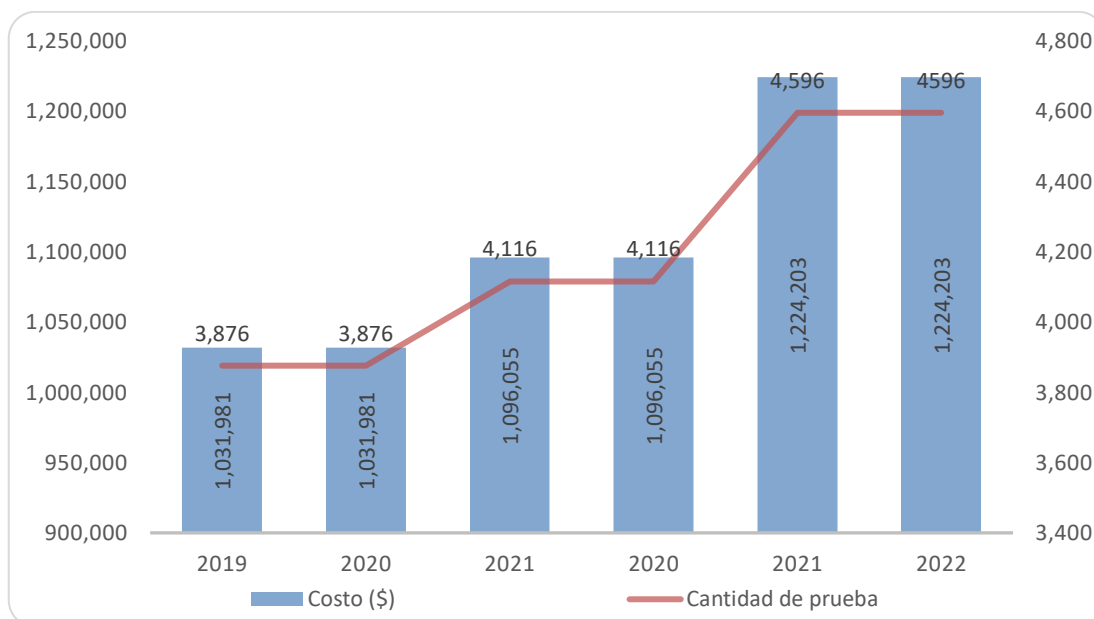


Figura 11. Resumen de costo y cantidad anual de análisis metalúrgicos desde el 2019 al 2024.

2.2.5. Indicadores de propuesta

2.2.5.1. Tiempo de respuesta

Para identificar el tiempo de respuesta de los análisis que envía la empresa a un laboratorio externo, se tomó en cuenta los datos brindados por el área de superintendencia del periodo proyectado 2019 a 2024, obteniendo el tiempo **promedio en días** por cada tipo de análisis y en general.

Análisis de Preparación de muestra

$$\text{Análisis Preparación de muestra} = 10 \frac{\text{días}}{\text{análisis}}$$

Análisis de conminución

$$\text{Análisis de conminución} = 15 \frac{\text{días}}{\text{análisis}}$$

Análisis de concentración Gravimétrica

$$\textit{Análisis de concentración gravimétrica} = 20 \frac{\text{días}}{\text{análisis}}$$

Análisis de flotación

$$\textit{Análisis de flotación} = 35 \frac{\text{días}}{\text{análisis}}$$

Análisis de Cianuración

$$\textit{Análisis de cianuración} = 35 \frac{\text{días}}{\text{análisis}}$$

En síntesis, después del análisis de tiempos; podemos decir que el tiempo promedio de realización de análisis en el laboratorio interno es de **23 días**.

$$\textit{Tiempo promedio de análisis} = 23 \frac{\text{días}}{\text{análisis}}$$

2.2.5.2. Número de análisis realizados

Para identificar el número de análisis que realizará la empresa, se tomó en cuenta los datos proyectados del periodo 2019 al 2024, obteniendo la **cantidad promedio por año** por cada tipo de muestra y en general.

Análisis de Preparación de muestra

$$\textit{Análisis Preparación de muestra} = 1\,400 \frac{\text{análisis}}{\text{año}}$$

Análisis de conminución

$$\textit{Análisis de conminución} = 620 \frac{\text{análisis}}{\text{año}}$$

Análisis de concentración Gravimétrica

$$\text{Análisis de concentración gravimétrica} = 260 \frac{\text{análisis}}{\text{año}}$$

Análisis de flotación

$$\text{Análisis de flotación} = 516 \frac{\text{análisis}}{\text{año}}$$

Análisis de Cianuración

$$\text{Análisis de concentración gravimétrica} = 1\,400 \frac{\text{Análisis}}{\text{año}}$$

En síntesis, después del análisis de cantidades; podemos decir que la cantidad promedio de realización de análisis que envía la empresa a un laboratorio externo es de **4 196 análisis/año**.

$$\text{Cantidad promedio de análisis} = 4\,196 \frac{\text{análisis}}{\text{año}}$$

2.2.5.3. Costo del servicio por análisis

De igual manera, para identificar el costo del servicio por análisis que asumiría la empresa, se tomó en cuenta los datos proyectados del periodo 2019 al 2024, obteniendo el **costo promedio por año por** cada tipo de muestra y en general.

Análisis de Preparación de muestra

$$\text{Análisis Preparación de muestra} = 210\,000 \frac{\$}{\text{año}}$$

Análisis de conminución

$$\text{Análisis de conminución} = 155\,000 \frac{\$}{\text{año}}$$

Análisis de concentración Gravimétrica

$$\text{Análisis de concentración gravimétrica} = 65\,000 \frac{\$}{\text{año}}$$

Análisis de flotación

$$\text{Análisis de flotación} = 159\,960 \frac{\$}{\text{año}}$$

Análisis de Cianuración

$$\text{Análisis de concentración gravimétrica} = 357\,000 \frac{\$}{\text{año}}$$

En síntesis, después del análisis de costos; podemos decir que el costo promedio de análisis que realizará la empresa en un laboratorio propio en planta sería **946 960 \$/año**.

$$\text{Costo promedio de análisis} = 946\,960 \frac{\$}{\text{año}}$$

2.2.5.4. Variación Porcentual de tiempo de respuesta

Después de identificar el tiempo promedio de respuesta de los análisis metalúrgicos realizados en un laboratorio propio, procedemos a realizar la variación utilizando la siguiente fórmula.

$$\text{Variación de tiempo de respuesta} = \frac{\text{Tiempo de propuesta} - \text{Tiempo actual}}{\text{Tiempo actual}} \times 100$$

Remplazando los datos, obtenemos lo siguiente:

$$\text{Variación de tiempo de respuesta} = \frac{23 - 40}{40} \times 100 = -42,5 \%$$

Por lo tanto, podemos decir que la implementación de un laboratorio metalúrgico propio en planta reduciría el tiempo actual de respuesta de los análisis realizados en un laboratorio externo en un **42,5%**.

2.2.5.5. Variación Porcentual del costo del servicio de análisis

De igual manera, después de identificar el **costo promedio** de los análisis metalúrgicos realizados en un laboratorio propio, procedemos a realizar la variación utilizando la siguiente fórmula.

$$\text{Variación de costo de prueba} = \frac{\text{Costo de propuesta} - \text{Costo actual}}{\text{Costo actual}} \times 100$$

Remplazando los datos, obtenemos lo siguiente:

$$\text{Variación de costo de prueba} = \frac{946\,960 - 6\,557\,160}{6\,557\,160} \times 100 \cong -85.5\%$$

Por lo tanto, podemos decir que la implementación de un laboratorio metalúrgico propio en planta reduciría el costo actual de respuesta de los análisis realizados en un laboratorio externo en un **85.5 %**.

2.3. Resultado 3

Comparar los tiempos y costos actuales incurridos en los análisis metalúrgicos versus los resultados obtenidos a través de la propuesta.

2.3.1. Comparación de tiempos de respuesta de análisis metalúrgicos

Si se continúa con los análisis metalúrgicos en un laboratorio externo (Lima) durante el periodo del 2019 al 2024, el tiempo de respuesta seguirá siendo prolongado (demora) y se tendrá problemas en planta de procesos. No obstante, con la implementación del laboratorio metalúrgico se acortará en gran significado el **tiempo de respuesta en un promedio de 42% en todos los análisis**. Ver tabla 24.

Tabla 24.

Comparación de tiempo de respuesta entre laboratorio externo vs laboratorio propio

ITEM	Análisis	Tiempo de Lab. Externo (Días)	Tiempo de Lab. Planta (Días)
01	Análisis de Muestra	20	10
02	Análisis de Conminución	20	15
03	Análisis de Concentración Gravimétrica	40	20
04	Análisis de Flotación	60	35
05	Análisis de Cianuración	60	35

Fuente: Elaboración propia

En la figura 12, podemos observar de manera gráfica la comparación de tiempos de respuesta de los análisis metalúrgicos en un laboratorio externo vs un laboratorio propio de la empresa.

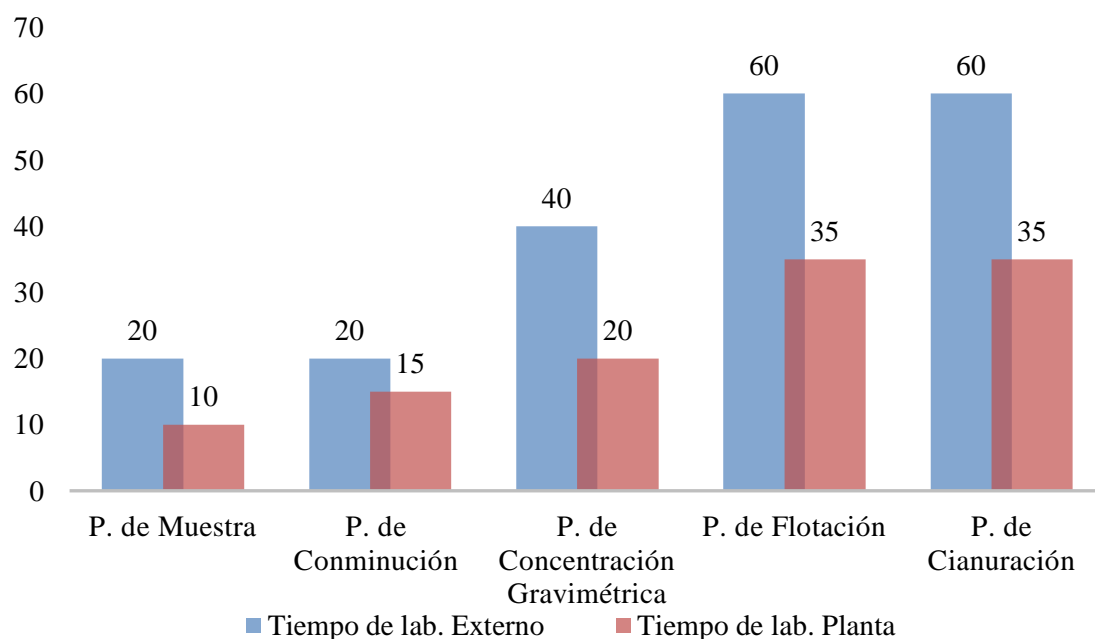


Figura 12. Comparación de tiempo de respuesta entre laboratorio externo vs laboratorio propio
Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura, se muestra el Diagrama de Gantt de tiempo de respuesta de análisis metalúrgicos en laboratorio externo vs un laboratorio propio en planta. Los datos comprendidos en ella representan lo siguiente:

- **Número 1:** es la etapa de logística (envío de muestra al laboratorio externo).
- **Número 2:** es la etapa de tiempo de análisis metalúrgicos en laboratorio externo.
- **Número 3:** es la etapa de contabilidad para realizar los pagos por los análisis metalúrgicos.

ITEM	Análisis	Laboratorio	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
01	Análisis de Preparación de Muestra	Externo	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3					
		Planta	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2													
02	Análisis de Conminución	Externo	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3				
		Planta	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2								
03	Análisis de Concentración Gravimétrica	Externo	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		Planta	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
04	Análisis de Flotación	Externo	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		Planta	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
05	Análisis de Cianuración	Externo	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		Planta	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

ITEM	Análisis	Laboratorio	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	
01	Análisis de Preparación de Muestra	Externo																								
		Planta																								
02	Análisis de Conminución	Externo																								
		Planta																								
03	Análisis de Concentración Gravimétrica	Externo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3						
		Planta																								
04	Análisis de Flotación	Externo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		Planta	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2										
05	Análisis de Cianuración	Externo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		Planta	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2										

ITEM	Análisis	Laboratorio	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
01	Análisis de Preparación de Muestra	Externo Planta														
02	Análisis de Conminución	Externo Planta														
03	Análisis de Concentración Gravimétrica	Externo Planta														
04	Análisis de Flotación	Externo Planta	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
05	Análisis de Cianuración	Externo Planta	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3

Figura 13. Diagrama de Gantt de tiempo de respuesta de análisis en laboratorio metalúrgico propio.

2.3.2. Comparación de costos de análisis metalúrgicos

Como se mencionó líneas anteriores, para el periodo del 2019 al 2024 los análisis metalúrgicos aumentarían en un total de **25 176 análisis**. Por lo cual, si se continúa con los análisis en un laboratorio externo (Lima) el monto total a pagar sería de **\$ 39 342 960**, sin embargo, con la implementación de un laboratorio metalúrgico propio se tendría un ahorro de **\$ 5 681 760**. (Ver tabla 25).

Tabla 25.

Comparación de costo entre laboratorio externo vs laboratorio propio

Laboratorio	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total
Externo	6,213,960	6,213,960	6,471,360	6,471,360	6,986,160	6,986,160	39,342,960
Planta	874,560	874,560	928,860	928,860	1,037,460	1,037,460	5,681,760
Ahorro	5,339,400	5,339,400	5,542,500	5,542,500	5,948,700	5,948,700	33,661,200
% de ahorro	85.93	85.93	85.65	85.65	85.15	85.15	85.56

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura 14, se puede apreciar de manera gráfica la comparación de costo de realización de los análisis metalúrgicos en un laboratorio externo vs un laboratorio propio de la empresa.

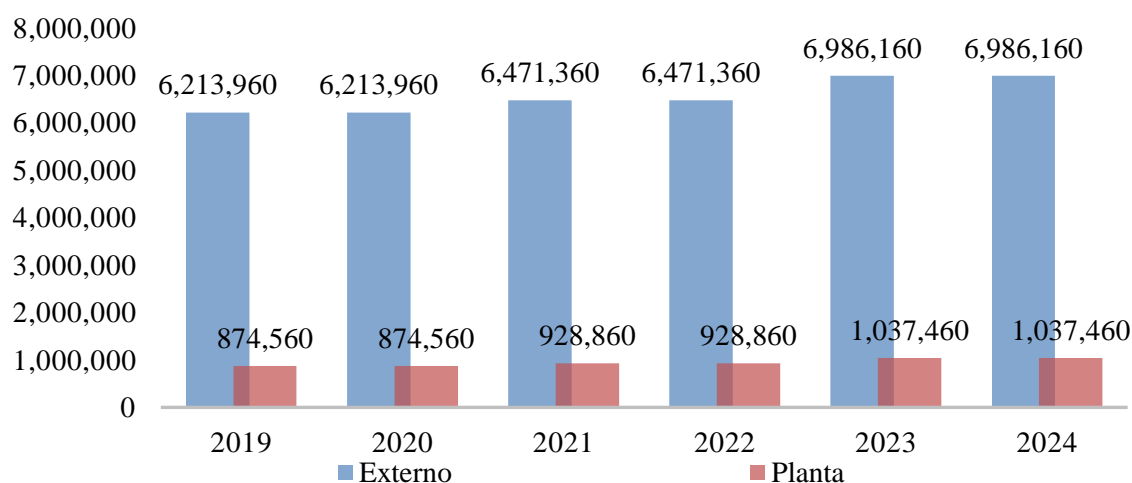


Figura 14. Comparación de costo entre laboratorio externo vs laboratorio propio

Fuente: Elaboración propia

2.3.3. Comparación de indicadores propuestos con actuales

En la siguiente tabla se presenta la comparación de los indicadores actuales con los propuestos. Podemos observar que el tiempo promedio de respuesta en la actualidad de es 40 días y con la implementación de la propuesta sería de 23 días. Así mismo, el costo de las análisis reduce de 6 557 160 \$/año a 946 960 \$/año.

Tabla 26.
Comparación de indicadores actuales vs propuestos

INDICADOR	ACTUAL	PROPUESTA
Tiempo de respuesta	40 días/análisis	23 días/análisis
Número de análisis realizados	4 196 análisis/año	4 196 análisis/año
Costo de análisis	6 557 160 \$/año	946 960 \$/año

Fuente: Elaboración propia

2.4. Resultado 4

Realizar un análisis costo-beneficio del diseño de implementación de un laboratorio metalúrgico.

2.4.1. Flujo de caja

A continuación, se desarrolla el flujo de caja (inversión, egresos vs ingresos) proyectado a **6 años** de la propuesta de implementación. Se considera que en el presente año se realizará la inversión y se percibirán los ingresos y egresos que genera la propuesta a partir del siguiente año.

Tabla 27.

Resumen de costo de la implementación de laboratorio metalúrgico.

ITEM	Costo	Descripción	Sub total (S/)	Sub total (\$)
01	Intangible	Costo de mano de obra directa	21,000	
02	Tangible	Costo de seguro y póliza	22,320	
03	Tangible	Costo de EPP	4,550	
04	Tangible	Costo de implementación de equipos de emergencia	2,200	
05	Tangible	Costo de implementación de botiquines	1,039	
06	Tangible	Costo de implementación del área de lixiviación de columnas		61,200
07	Tangible	Costo de implementación del área de lixiviación de botellas		53,900
08	Tangible	Costo de implementación del área de pesaje		59,300
09	Tangible	Costo de implementación del área de preparación mecánica		157,000
10	Tangible	Costo de implementación del área de almacén		31,000
11	Tangible	Costo de implementación del área de homogenización mecánica		31,000
12	Tangible	Costo de implementación del área de oficinas		32,500
Sub total (cambio de dólar a 3.20 S/.)			51,109	425,900
			15,971	425,900
Total				441,871

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28.
Resumen de flujo de caja

Nro. Periodos	Tasa de Descuento	Inversión
6	10%	\$441,871.44

ITEM	PERIODO DE EVALUACIÓN (AÑOS)						
	0	1	2	3	4	5	6
INGRESOS	\$0	\$874,560	\$874,560	\$928,860	\$928,860	\$1,037,460	\$1,037,460
EGRESOS	-\$441,871	\$542,117	\$502,117	\$552,117	\$552,117	\$602,117	\$602,117
TOTAL	-\$441,871	\$332,443	\$372,443	\$376,743	\$376,743	\$435,343	\$435,343

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en el resumen del flujo de caja presentado, a partir del 1° año se logra generar utilidades para la empresa.

Para determinar la rentabilidad de la propuesta, se ha realizado la evaluación a través de indicadores económicos: VAN, TIR y PRI. Se ha seleccionado una tasa de descuento de **10% anual** para los respectivos cálculos, determinando lo siguiente:

Tabla 29.
Resumen de flujo de caja

Periodo	Flujo de caja
2019	\$332,443
2020	\$372,443
2021	\$376,743
2022	\$376,743
2023	\$435,343
2024	\$435,343

2.4.2. Valor actual Neto (VAN)

Como se mencionó líneas atrás, se ha seleccionado una tasa de descuento del 10% anual para los respectivos cálculos. Así mismo, se tomará en cuenta los siguientes criterios para tomar la decisión de invertir:

- Si $VAN > 0$ Aceptar el diseño de seguridad.
- Si $VAN < 0$ Rechazar el diseño de seguridad.
- Si $VAN = 0$ Es indiferente.

Realizando los cálculos correspondientes, obtuvimos:

$$VAN = 1\,224\,582$$

2.4.3. Tasa interna de Retorno (TIR)

De igual manera, se procedió a realizar el análisis para determinar la tasa interna de retorno, tomando en cuenta los siguientes criterios:

- Si $TIR > 0$ Aceptar el diseño de seguridad.
- Si $TIR < 0$ Rechazar el diseño de seguridad

Realizando los cálculos correspondientes, obtuvimos:

$$TIR = 78.9 \%$$

Por lo tanto, con un VAN = \$ 1'224,582 y un TIR = 78.9%, podemos decir que la propuesta de diseño de implementación un laboratorio metalúrgico es **acceptable**.

2.5. Resumen de resultados de la propuesta

Finalmente, en la siguiente tabla se presenta el resumen de indicadores obtenidos de la propuesta de diseño de implementación de un laboratorio metalúrgico, respaldando que el presente proyecto de investigación es **acceptable**.

Tabla 30.
Resumen de indicadores

INDICADOR	ACTUAL	PROPUESTA
Tiempo de respuesta	40 días/análisis	23 días/análisis
Número de análisis realizados	4 196 análisis/año	4 196 análisis/año
Costo de análisis	6 557 160 \$/año.	946 960 \$/año
Variación Porcentual de tiempos	-	-42.5 %
Variación Porcentual de costos	-	-85.5 %
VAN	-	1 224 582 \$
TIR	-	78.9 %

CAPÍTULO IV.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

El presente trabajo de investigación se basó en la problemática de una empresa minera del Perú teniendo en cuenta los tiempos prolongados de respuesta y los altos costos que se generan con respecto a los análisis metalúrgicos ya que no cuentan con un laboratorio propio. La investigación en desarrollo permitió conocer las diferentes causas que originaba el problema principal; tales como: retrasos en la en la recolección y envío de muestras al laboratorio, demoras en el pago del servicio y reporte de análisis metalúrgicos por parte de laboratorio externo.

La implementación de un laboratorio metalúrgico es fundamental para alcanzar los objetivos de la empresa; como indica Lovon R. (2017) sobre la importancia de un laboratorio de análisis y procesos en el sector metalúrgico; ya que permite definir y control de una manera estricta los ensayos o análisis del mineral, y conocer los parámetros definidos según las variables necesarias; y con esto obtener recuperaciones óptimas.

Esta investigación permitió conocer con exactitud cómo puede influir la tercerización de los análisis metalúrgicos en los tiempos y costos de la empresa, además, identificar que la demora existente por la alta demanda de estos servicios y la poca oferta o cantidad de laboratorios especializados. Actualmente, el tiempo promedio de respuesta es de 40 días para obtener los resultados deseados, mientras que con la propuesta solo sería necesario 23 días. Esto significa que los tiempos de respuesta hacia los clientes finales serán más rápidos y generará una mayor satisfacción del cliente.

Con respecto al análisis económico de la propuesta, primero se identificaron los costos de la situación actual de la empresa inmersos en la realización de los análisis metalúrgicos por año siendo igual a \$/ 6 557 160; mientras que los costos con la propuesta son igual a \$/ 946 960; es decir existe un ahorro de \$/ 5 613 840 por año. Por otro lado, se tuvo en cuenta los indicadores: VAN, TIR y la proyección del flujo de caja para el periodo 2019 – 2024. El resultado de los indicadores de la propuesta es factible ya que se obtuvo que el VAN es igual a 1 224 582 y un TIR igual a 78.89 %.

Conclusiones.

- ✓ La investigación en desarrollo permitió conocer las diferentes causas que originan los altos tiempos y costos operacionales; tales como: retrasos en la recolección y envío de muestras al laboratorio, demoras en el pago del servicio y reporte de análisis metalúrgicos por parte de laboratorio externo.
- ✓ Actualmente, el tiempo promedio de respuesta del laboratorio externo es de 40 días/análisis, la cantidad de análisis realizados es de 3 132 análisis/año con un costo de 5 254 520 \$/año.
- ✓ Mediante la propuesta de mejora en la implementación de un laboratorio metalúrgico se logró obtener un impacto positivo en la reducción del tiempo de respuesta de resultados de análisis metalúrgicos en un 42,5%. Así mismo, una reducción en el costo de 85.5%.
- ✓ Con la implementación del laboratorio metalúrgico, se reduce favorablemente el tiempo de análisis metalúrgico a las muestras y dicho resultado ayuda a la planta de procesos para realizar cambios necesarios a beneficio de la empresa.

REFERENCIAS

Ancon J. (2015). Procesos de minado y lixiviación de minerales con alto contenido de finos MYSRL. Repositorio digital UNSA

Ávila E., Cruzate L., Villalobos C., Zamora F. (2017). Diagnóstico operativo de la Compañía Minera Poderosa S.A. Repositorio digital PUCP

Gómez M., Reyes G. (2018). Implementación del molino de palas modelo sk 100 en el laboratorio metalúrgico. Repositorio digital USM

Huarza J. (2018). Estudio de mejoras y adecuamiento metalúrgico en la etapa de lixiviación para recuperar oro y plata del concentrado aurífero en la empresa minera aurífera retamas – marsa. Repositorio digital UNSA

Lacomba J. (2001). Reseña de "Actuaciones sobre el patrimonio minero-metalúrgico".

Lovón R. (2017). Estudio del laboratorio metalúrgico chapi s.a.c. para el control de calidad y procesos de minerales.

Medina J., Uracahua A. (2016). Implementación de un simulador en Microsoft Excel aplicado a las operaciones metalúrgicas del laboratorio de procesamiento de minerales de la universidad nacional de Trujillo. Repositorio digital Universidad nacional de Trujillo

Montes H. (2015). Modelación geo metalúrgica del proceso de flotación basado en mineralogía y ensayos metalúrgicos. Repositorio digital de la universidad de Chile

Prado F. (2017). Implementación de un procedimiento de extracción por solventes en el laboratorio de metalurgia. Repositorio digital USM

Rojas A., Villanueva Y. (2018). Evaluación técnica y económica para la recuperación de oro de la cancha de relaves de la empresa minera rio Chicama S.A.C. Sayapullo, la libertad. Repositorio digital UPN

Trigos E., Rueda S. (2010). Nuevas estrategias de implementación del proceso SAGD. Repositorio digital RUI

Valdivia R. (2015). Implementación de PAD de lixiviación de mineral baja ley Coripuno. Repositorio digital UNSA

Valdivia R., Pedro S., Laurel M. (2010). Agua para uso en laboratorios. Repositorio digital INIMET

ANEXO

ANEXO 01. Encuesta de Matriz de Priorización – Área planta de procesos

ENCUESTA DE MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

ÁREA DE APLICACIÓN.- PLANTA DE PROCESOS

PROBLEMA.- PERDIDA DE PRODUCCIÓN EN EL PROCESO

CARGO.- _____

Marque con una "X" según su criterio de significancia de causa en el problema

Valor	Muy alto	Alto	Medio	Regular	Bajo
Puntaje	5	4	3	2	1

Item	Preguntas con respecto a la principal causa	Calificación				
		Muy alto	Alto	Medio	Regular	Bajo
01	Demora del reporte de pruebas metalurgicas por parte de laboratorio externo.					
02	El laboratorio externo no realiza doble turno para reportar las pruebas metalurgicas.					
03	El laboratorio externo no toma como prioridad las pruebas metalurgicas del área de planta de procesos.					
04	Logística se demora en el proceso de enviar la muestra a laboratorio externo.					
05	Contabilidad se demora en el proceso de pago de las prueba metalurgicas a laboratorio externo.					
06	Los supervisores se demoran en la recolección de muestras para las pruebas metalurgicas.					

ANEXO 02. Cantidad de análisis metalúrgicos realizados desde el 2013 al 2018 – Área planta de procesos

ITEM	Análisis	2013	2014	2015	2016	2017	2018
01	Análisis Preparación de Muestra	600	600	972	972	1,320	1,320
02	Análisis Conminución	516	516	516	516	540	540
03	Análisis Concentración Gravimétrica	156	156	156	156	180	180
04	Análisis Flotación	516	516	516	516	516	516
05	Análisis Cianuración	600	600	972	972	1,320	1,320
Total de análisis		2,388	2,388	3,132	3,132	3,876	3,876

Fuente: Histórico de Análisis – Planta de procesos

ANEXO 03. Costo de análisis metalúrgicos realizados desde el 2013 al 2018– Área planta de procesos

Análisis	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Análisis Preparación de Muestra	978,000	978,000	1,584,360	1,584,360	2,151,600	2,151,600
Análisis Conminución	294,120	294,120	294,120	294,120	307,800	307,800
Análisis Concen. Gravimétrica	171,600	171,600	171,600	171,600	198,000	198,000
Análisis Flotación	2,249,760	2,249,760	2,249,760	2,249,760	2,249,760	2,249,760
Análisis Cianuración	594,000	594,000	962,280	962,280	1,306,800	1,306,800
Total	4,287,480	4,287,480	5,262,120	5,262,120	6,213,960	6,213,960

Fuente: Histórico de Análisis – Planta de procesos