INFORME DE ORIGINALIDAD

Sres.
CONSEJEROS
Pte.

De nuestra consideración:

Por la presente nos dirigimos a Ustedes para saludarlos e informar al Consejo Universitario sobre el producto académico elaborado por SHARON DE MAZIEL RIQUELME ALVARO y SHEILA STEFANI CUADROS PARI, quien solicita la obtención de su título profesional a través de la sustentación de una tesis.

El producto académico elaborado tiene como título "IMPORTANCIA DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO DE LA PLANTA DE BENEFICIO DE MINERA AURÍFERA UBICADA EN EL DISTRITO DE SANCOS PROVINCIA DE LUCANAS DEPARTAMENTO DE AYACUCHO"

Por tanto, en nuestra condición de Asesor de producto académico y de integrante de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería y Gestión respectivamente, declaramos que el producto académico de SHARON DE MAZIEL RIQUELME ALVARO y SHEILA STEFANI CUADROS PARI, ha sido examinado con el programa antiplagio *Turnitin* para identificar su nivel de coincidencias.

El resultado que arroja el programa es de 13 % de similitud, el cual proviene de fuentes de información que han sido debidamente citadas o reconocidas utilizando las normas del sistema APA.

Sin otro particular, quedo de ustedes.

Firmado en Lima, 17 de noviembre del 2025

Atentamente,

José Alan Rau Alvarez
Asesor

Bernardo Leonardo Meza Guzmán
Presidente
Comisión de Grados y Títulos
Facultad de Ingeniería y gestión

*Conforme a lo establecido en el documento de identidad

Sharon y Sheila

16.11.2025 TESIS SRA SCP.docx

Universidad Antonio Ruiz de Montoya

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::18643:529137718

Fecha de entrega
17 nov 2025, 2:47 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
17 nov 2025, 2:56 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
16.11.2025 TESIS SRA SCP.docx

Tamaño del archivo
4.7 MB

98 páginas

21.665 palabras

114.723 caracteres

13% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

11% Fuentes de Internet
3% Publicaciones
10% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

11% Fuentes de Internet
3% Publicaciones
10% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	
vsip.info		1%
2	Internet	
hdl.handle.net		1%
3	Internet	
repositorio.ucv.edu.pe		<1%
4	Internet	
repositorio.unsa.edu.pe		<1%
5	Internet	
repositorio.undac.edu.pe		<1%
6	Internet	
tesis.usat.edu.pe		<1%
7	Internet	
repositorio.uta.edu.ec		<1%
8	Internet	
repository.unad.edu.co		<1%
9	Trabajos entregados	
Universidad Tecnologica del Peru on 2021-07-25		<1%
10	Internet	
dspace.espoch.edu.ec		<1%
11	Trabajos entregados	
Universidad Cesar Vallejo on 2024-01-23		<1%

12 Internet

repositorio.upn.edu.pe <1%

13 Internet

www.coursehero.com <1%

14 Trabajos entregados

Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC on 2022-08-25 <1%

15 Internet

renati.sunedu.gob.pe <1%

16 Internet

repositorio.esan.edu.pe <1%

17 Trabajos entregados

Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2017-07-01 <1%

18 Internet

tesis.pucp.edu.pe <1%

19 Internet

repositorio.upla.edu.pe <1%

20 Internet

repositorio.espe.edu.ec <1%

21 Internet

www.scribd.com <1%

22 Internet

repositorio.uap.edu.pe <1%

23 Internet

repositorio.utn.edu.ec <1%

24 Trabajos entregados

Universidad Privada Antenor Orrego 2025 on 2025-10-13 <1%

25 Trabajos entregados

Universidad Tecnologica del Peru on 2024-03-05 <1%

26 Internet

core.ac.uk <1%

27 Trabajos entregados

Universidad Antonio Ruiz de Montoya on 2025-10-10 <1%

28 Internet

repositorio.unasam.edu.pe <1%

29 Trabajos entregados

Universidad Carlos III de Madrid on 2021-06-24 <1%

30 Trabajos entregados

Universidad Cesar Vallejo on 2017-11-06 <1%

31 Internet

repositorio.unjfsc.edu.pe <1%

32 Trabajos entregados

Universidad Tecnologica del Peru on 2024-09-16 <1%

33 Internet

repositorio.unap.edu.pe <1%

34 Trabajos entregados

UNIV DE LAS AMERICAS on 2024-01-25 <1%

35 Trabajos entregados

Universidad Andina del Cusco on 2025-03-10 <1%

36 Trabajos entregados

Universidad Católica San Pablo on 2021-08-25 <1%

37 Trabajos entregados

Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-14 <1%

38 Trabajos entregados

Universidad Politécnica de Madrid on 2023-09-29 <1%

39 Internet

dspace.ueb.edu.ec <1%

40 Trabajos entregados
Universidad Alas Peruanas on 2019-01-08 <1%

41 Trabajos entregados
Universidad Francisco de Paula Santander on 2019-04-12 <1%

42 Internet
rinacional.tecnm.mx <1%

43 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Cajamarca on 2025-11-04 <1%

44 Internet
www.researchgate.net <1%

45 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2023-07-21 <1%

46 Internet
nanopdf.com <1%

47 Internet
repositorioacademico.upc.edu.pe <1%

48 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2023-12-20 <1%

49 Internet
repositorio.upsjb.edu.pe <1%

50 Trabajos entregados
Universidad Católica San Pablo on 2022-11-30 <1%

51 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2023-12-28 <1%

52 Internet
redindigena.net <1%

53 Internet
repositorio.continental.edu.pe <1%

54 Internet

repositorio.unamba.edu.pe <1%

55 Internet

www.repositorioacademico.usmp.edu.pe <1%

56 Internet

1library.co <1%

57 Trabajos entregados

Colegio Peruano Alemán Beata Imelda on 2022-12-08 <1%

58 Trabajos entregados

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2021-10-11 <1%

59 Trabajos entregados

Universidad Privada del Norte on 2023-11-02 <1%

60 Trabajos entregados

Universidad TecMilenio on 2024-09-30 <1%

61 Internet

freetrade.tamiu.edu <1%

62 Internet

repositorio.uladech.edu.pe <1%

63 Internet

repositorio.usil.edu.pe <1%

64 Trabajos entregados

uncedu on 2024-03-13 <1%

65 Trabajos entregados

Escuela Politecnica Nacional on 2025-02-07 <1%

66 Trabajos entregados

Universidad Antonio Ruiz de Montoya on 2025-09-30 <1%

67 Trabajos entregados

Universidad Argentina John F. Kennedy on 2025-10-14 <1%

68 Trabajos entregados
Universidad Privada Antenor Orrego on 2022-07-20 <1%

69 Trabajos entregados
Universidad Senor de Sipan on 2017-04-17 <1%

70 Internet
apirepositorio.unu.edu.pe <1%

71 Internet
pirhua.udep.edu.pe <1%

72 Internet
repositorio.autonoma.edu.pe <1%

73 Internet
repositorio.unam.edu.pe <1%

74 Trabajos entregados
uncedu on 2023-11-14 <1%

75 Internet
www.dof.gob.mx <1%

76 Publicación
Carlos Rojas, Elizabeth Ivon. "Medidas de los tercios faciales y caracteristicas del f... <1%

77 Publicación
International Commission on Large Dams. "Twenty-Eighth International Congres... <1%

78 Publicación
Jair Giovanni Ramírez González. "Recubrimientos nanoestructurados preparados ... <1%

79 Trabajos entregados
Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2017-07-01 <1%

80 Trabajos entregados
Tecsup on 2019-11-28 <1%

81 Trabajos entregados
Universidad Casa Grande on 2025-09-06 <1%

82 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2018-08-23 <1%

83 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2025-02-06 <1%

84 Trabajos entregados
Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas on 2021-11-30 <1%

85 Trabajos entregados
Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE o... <1%

86 Trabajos entregados
Universidad Técnica Nacional de Costa Rica on 2023-04-03 <1%

87 Trabajos entregados
Universidad Técnica Nacional de Costa Rica on 2024-08-08 <1%

88 Internet
dspace.unitru.edu.pe <1%

89 Internet
fdocuments.es <1%

90 Internet
repositorio.unan.edu.ni <1%

91 Internet
repositorio.uncp.edu.pe <1%

92 Internet
riunet.upv.es <1%

93 Internet
www.ecorfan.org <1%

94 Publicación
Fernández, María Victoria. "Incorporación de la Enseñanza del Cuarteto en Escuel... <1%

95 Trabajos entregados
Instituto Tecnologico de Costa Rica on 2024-05-07 <1%

96 Trabajos entregados
Instituto Tecnologico de Costa Rica on 2024-10-22 <1%

97 Trabajos entregados
Instituto Tecnologico de Costa Rica on 2024-11-09 <1%

98 Trabajos entregados
Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2016-06-24 <1%

99 Trabajos entregados
Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2017-06-30 <1%

100 Trabajos entregados
Tecsup on 2021-10-12 <1%

101 Trabajos entregados
Universidad Andrés Bello on 2024-12-15 <1%

102 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2021-12-23 <1%

103 Trabajos entregados
Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann on 2025-11-14 <1%

104 Trabajos entregados
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2024-10-22 <1%

105 Trabajos entregados
Universidad Rey Juan Carlos on 2024-06-17 <1%

106 Trabajos entregados
Universidad San Ignacio de Loyola on 2023-12-30 <1%

107 Trabajos entregados
Universidad de Lima on 2015-11-26 <1%

108 Trabajos entregados
Universitat Politècnica de València on 2025-09-01 <1%

109 Internet
bbetter.club <1%

110 Internet

repositorio.uandina.edu.pe <1%

111 Internet

repositorio.unjbg.edu.pe <1%

112 Trabajos entregados

uaq on 2023-10-30 <1%

113 Internet

www.actualidadambiental.pe <1%

114 Internet

www.concordia.com.ar <1%

115 Internet

www.slideshare.net <1%

27

UNIVERSIDAD ANTONIO RUIZ DE MONTOYA

Facultad de Ingeniería y Gestión

UARM
Universidad
Antonio Ruiz
de Montoya

IMPORTANCIA DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO DE LA PLANTA DE BENEFICIO DE MINERA AURÍFERA UBICADA EN EL DISTRITO DE SANCOS PROVINCIA DE LUCANAS DEPARTAMENTO DE AYACUCHO

4

27

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniera Industrial

Presenta las Bachilleres:

SHARON DE MAZIEL RIQUELME ALVARO
SHEILA STEFANI CUADROS PARI

Presidente: Carlos Binasco Perez
Asesor: José Alan Rau Alvarez
Lector: Mario Cabrera Plasencia

66

Lima - Perú
Enero de 2024

EPÍGRAFE

52

"El tiempo es la medida del movimiento entre dos instantes"

Aristóteles (384 ac – 322 ac)

DEDICATORIA

18

Dedico esta tesis a mi madre Elva Alvaro, a mi padre Freddy Riquelme, a mis hermanos Emerson y Eduardo que gracias a sus grandes esfuerzos soy la persona de hoy, por enseñarme a no rendirme y siempre tener la cabeza en alto.

Este logro es gracias a ustedes.

Sharon R.

Dedico esta tesis a mi madre Mercedes Pari, a mi padre Maximiano Cuadros, que gracias a sus grandes esfuerzos soy la persona de hoy, por enseñarme a no rendirme y siempre tener la cabeza en alto.

Este logro es gracias a ustedes.

Sheila C.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestro Asesor Jose Alan Rau Alvarez, por brindarnos su conocimiento y orientación en la realización de esta tesis.
A nuestros docentes por compartir su conocimiento y dedicación, por enseñarnos todo lo hoy por hoy sabemos, guiarnos para ser mejor persona y profesional.

RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo ejecutar el estudio de tiempos y movimientos para incrementar el rendimiento de la planta de beneficio de minera aurífera ubicada en el departamento de Ayacucho provincia de Lucanas distrito de Sancos, utilizando una metodología aplicada, cuantitativa y pre-experimental.

Como resultado, se determinó un rendimiento inicial de 85.3%, debido a la falta de estandarización del proceso, falta de evaluación de los tiempos y movimientos de las actividades del proceso y la ausencia de una metodología adecuada que evalúe las actividades del proceso. Gracias al estudio de tiempos y movimientos, se logró identificar las actividades improductivas y se planteó diversas soluciones para su mejora, donde se logró incrementar el rendimiento en un 5.7%; es decir, a un 91.1%; además de un costo-beneficio de 3.57.

Se concluye que la ejecución de tiempos y movimientos incrementa significativamente el rendimiento de la planta de beneficio de minera aurífera ubicada en el departamento de Ayacucho provincia de Lucanas distrito de Sancos.

Palabras clave: rendimiento, estudio de tiempos y movimientos, beneficio mineral.

8

ABSTRACT

The objective of this research was to carry out the study of times and movements to increase the performance of the gold mining benefit plant located in the department of Ayacucho, province of Lucanas, district of Sancos, using an applied, quantitative and pre-experimental methodology.

2

77

As a result, an initial performance of 85.3% was determined, due to the lack of standardization of the process, lack of evaluation of the times and movements of the process activities and the absence of an adequate methodology that evaluates the process activities. Thanks to the study of times and movements, it was possible to identify unproductive activities and propose various solutions for their improvement, where performance was increased by 5.7%; that is, 91.1%; in addition to a cost-benefit of 3.57.

It is concluded that the execution of times and movements significantly increases the performance of the gold mining benefit plant located in the department of Ayacucho, province of Lucanas, district of Sancos.

2

Keywords: performance, Time and movements study, mineral benefit.

TABLA DE CONTENIDOS

31 ÍNDICE DE TABLAS 4
ÍNDICE DE FIGURAS 6
INTRODUCCIÓN 7
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 8
1.1. Realidad Problemática 8
1.2. Problema de Investigación 9
1 1.3. Hipótesis 9
1.4. Objetivos de la Investigación 10
1.4.1. Objetivo General 10
1.4.2. Objetivos Específicos 10
1.5. Justificación de la Investigación 10
1.5.1. Justificación Práctica 10
1.5.2. Justificación Teórica 11
1.5.3. Justificación Económica 11
1.5.4. Justificación Social 11
42 1.6. Alcance de la Investigación 11
1.7. Viabilidad del Estudio 11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 12
2.1. Antecedentes 12
2.2. Bases teóricas 15
23 2.2.1. Estudio de tiempos y movimientos 15
2.2.2. Medición de tiempos 16
2.2.3. Muestreo de tiempos observados 16
2.2.4. Tiempo normal 16
40 2.2.5. Valoración del ritmo de trabajo 16

2.2.6. Suplementos del estudio de tiempos 17
2.2.7. Tiempo estándar 18
64 2.2.8. El Rendimiento 19
2.2.9. Diagrama de Ishikawa 19
2.2.10. Diagrama de Pareto 19
2.2.11. Evaluación económica 20
15 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA 21
3.1. Tipo de investigación 21
3.2. Diseño de la Investigación 21
3.3. Población y muestra 22
3.3.1. Descripción de la Población 22
3.3.2. Selección de la muestra 22
3.4. Operacionalización de variables 23
49 3.5. Recopilación de datos 23
3.6. Procesamiento y Análisis de los datos 23
CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA 25
101 4.1. Breve historia de la empresa 25
4.2. Misión, visión y valores 26
4.3. Organigrama 26
4.4. Descripción del proceso 27
CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO 33
5.1. Selección del área crítica 33
5.1.1. Rendimiento inicial de la planta 33
5.2. Análisis del proceso realizado en planta 35
5.3. Identificación y determinación de los problemas críticos 36
5.4. Análisis de las causas raíz 38
5.5. Selección de la alternativa de solución 41

CAPÍTULO VI: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN 44
6.1. Diseño del Estudio de Tiempos y Movimientos 44
6.2. Ejecución del Estudio de Tiempos y Movimientos 46
6.2.1. Identificación del proceso prioritario 46
6.2.2. Toma de un muestreo piloto de tiempos 46
6.2.3. Obtención del tamaño de muestras representativas 49
6.2.4. Valorización del ritmo de trabajo y suplementos del estudio de tiempos 51
6.2.5. Obtención del tiempo estándar (estudio inicial) 51
6.2.6. Análisis operacional de tareas para la toma de decisiones 54
6.2.7. Toma de muestreo piloto de tiempos (final) 61
6.2.8. Obtención del tamaño de muestras representativas 64
6.2.9. Valorización del ritmo de trabajo y suplementos del estudio de tiempos 66
6.2.10. Obtención del tiempo estándar (estudio final) 66
6.3. Impacto de la solución en el rendimiento 69
CAPÍTULO VII: ANÁLISIS DE RESULTADOS 72
7.1. Análisis descriptivo 72
7.2. Análisis inferencial 72
7.3. Análisis costo-beneficio 73
7.3.1. Beneficios de la mejora 73
7.3.2. Inversión de la mejora 74
7.3.3. Egresos mensuales de la mejora 76
7.3.4. Flujo de caja económico 77
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 80
8.1. Conclusiones 80
8.2. Recomendaciones 81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 82
ANEXOS 87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Benchmarking de rendimiento 33
Tabla 2 Rendimiento de la planta de oro durante enero a abril 2023 34
Tabla 3 Diagrama PEPSU 35
Tabla 4 Análisis de las etapas del proceso de planta y sus problemas 36
Tabla 5 Priorización de problemas 38
Tabla 6 Valor frecuencia del suceso 39
Tabla 7 Valor impacto del suceso 39
Tabla 8 Matriz de Frecuencia - Impacto 39
Tabla 9 Matriz de priorización 40
Tabla 10 Lista de contramedidas 42
Tabla 11 Criterios de selección de alternativa 42
Tabla 12 Puntaje de los criterios de selección de alternativa 42
Tabla 13 Matriz de selección de la contramedida 43
Tabla 14 Equipo de trabajo 44
Tabla 15 Desglose de las actividades del proceso de obtención de oro 46
Tabla 16 Toma de tiempos inicial (minutos) 47
Tabla 17 Muestreo inicial de tiempos observados 49
Tabla 18 Tiempo promedio de las actividades (minutos) 50
Tabla 19 Determinación del suplemento 51
Tabla 20 Tiempo estándar inicial (minutos) 52
Tabla 21 Cantidad cámaras instaladas en el proceso 56
Tabla 22 Actividades para la instalación del sistema de videovigilancia 57
Tabla 23 Zonas mineras según porcentaje de ingreso de mineral a la cancha de grueso 60
Tabla 24 Toma de tiempos mejorado (minutos) 62
Tabla 25 Muestreo final de tiempos observados 64
Tabla 26 Tiempo promedio mejorado de las actividades (minutos) 65
Tabla 27 Tiempo estándar mejorado (minutos) 67
Tabla 28 Rendimiento de la planta de oro durante septiembre a diciembre 2023 70
Tabla 29 Beneficio porcentual del rendimiento 71
Tabla 30 Análisis descriptivo del rendimiento 72

Tabla 31 Prueba de normalidad 73
Tabla 32 Prueba de muestras emparejadas 73
Tabla 33 Beneficios económicos 74
Tabla 34 Inversión en la instalación del sistema de videovigilancia y división de cancha de mineral 74
Tabla 35 Costos de movimiento de mineral 74
Tabla 36 Costos por útiles de oficina, materiales y equipos 75
Tabla 37 Costos de capacitación 75
Tabla 38 Inversión total 76
Tabla 39 Egresos por ejecución del estudio de tiempos y movimientos 76
Tabla 40 Egresos por mantenimiento del sistema de videovigilancia 76
Tabla 41 Egresos por depreciación 77
Tabla 42 Egresos totales 77
Tabla 43 Cálculo del WACC 78
Tabla 44 Flujo de caja económico 78

62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Valoración del ritmo de trabajo 17
Figura 2 Suplementos del estudio de tiempos 18
82 **Figura 3** Misión, visión y valores 26
Figura 4 Organigrama del Directorio 27
Figura 5 Organigrama de la empresa 27
Figura 6 Perforación en mina 28
Figura 7 Carga de material volado 28
Figura 8 Transporte e izaje 29
Figura 9 Pesaje de los camiones mineros 29
Figura 10 Blending 30
Figura 11 Molienda 30
Figura 12 Agitación del mineral 31
Figura 13 Desorción 31
71 **Figura 14** Diagrama de Operaciones del proceso de obtención de oro 32
Figura 15 Rendimiento de la producción de oro durante enero a abril 2023 34
Figura 16 Identificación de los problemas 37
Figura 17 Matriz FACTIS 37
69 **Figura 18** Diagrama de Ishikawa 38
Figura 19 Diagrama de Pareto 40
Figura 20 Metodología 5 porqués 41
Figura 21 Temario de la capacitación externa de la contramedida 44
86 **Figura 22** Flujograma de desarrollo de la contramedida 45
Figura 23 Diagrama de Gantt 45
Figura 24 Diagrama de Análisis del Proceso de obtención de oro (DAP inicial) 53
Figura 25 Análisis operacional del proceso 55
Figura 26 Instalación del sistema de videovigilancia 57
Figura 27 Centro de monitoreo y videovigilancia 58
Figura 28 Radio intercomunicador 59
Figura 29 Distribución de áreas en la cancha de mineral 59
Figura 30 Distribución de las zonas mineras en las áreas de la cancha de mineral 61
19 **Figura 31** Diagrama de Análisis del Proceso de obtención de oro (DAP mejorado) 68
Figura 32 Rendimiento de la producción de oro durante septiembre a diciembre 2023 70

INTRODUCCIÓN

El sector minero contribuye de manera significativa en la economía del país, exportando cientos de millones con la venta de minerales; sin embargo, aún existen ciertos factores que no permite a estas compañías del sector mejorar su capacidad productiva. Por tanto, la presente investigación busca incrementar el rendimiento de una planta de beneficio de minera aurífera, debido a que no cumple su meta mensual programada de producción; en ese sentido, pretende utilizar los conocimientos relacionados al tema de investigación para mitigar las causas que afectan la problemática identificada, a través de la eliminación de tiempos improductivos.

En el capítulo I se presenta el planteamiento del problema, donde se define la problemática a desarrollar, la pregunta a resolver, los objetivos de desarrollo, la justificación de la investigación, así como el alcance y viabilidad de la misma.

En el capítulo II se describe los principales antecedentes encontrados con relación al tema de investigación; asimismo, las bases teóricas.

En el capítulo III se presenta la metodología, donde se establece el tipo y diseño de la investigación, la población y muestra; además, de la operacionalización de variables y la recopilación y procesamiento de la información.

En el capítulo IV se describe la empresa en estudio, a través de su historia, misión, visión, valores, organigrama y el proceso que ejecuta referente al mineral oro.

En el capítulo V se presenta el análisis y diagnóstico de la situación actual de la empresa, limitando el objeto de estudio, seleccionando los problemas críticos y determinando las causas raíz de los mismos.

En el capítulo VI se muestra el desarrollo del plan de mejora para la mitigación de las causas raíz identificadas y el impacto de este sobre la variable dependiente.

En el capítulo VII se analiza los resultados de las variables a través de una técnica descriptiva e inferencial para la validación de la hipótesis; además, del análisis costo-beneficio.

111

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este capítulo abarca una explicación general de la problemática identificada en la empresa; asimismo, se formula el problema, hipótesis y objetivos de la investigación; además de la justificación de su desarrollo bajo diferentes enfoques y la delimitación del alcance y la viabilidad.

1.1. Realidad Problemática

La presencia de la pandemia a nivel mundial afectó a muchos sectores productivos, entre los cuales el sector minero redujo de manera significativa sus operaciones y solo continuaron con el personal necesario que permita dar continuidad a las operaciones y logística, ya que suspendieron las actividades de construcción (CEPAL, 2020). Con el paso del tiempo se fueron adaptando a la realidad implementando estrategias, lo que llevo a acrecentar las inversiones, generando puestos de trabajo y a reactivar las cadenas de proveedores. A nivel mundial, aumentó el presupuesto para la ejecución de actividades exploratorias lo que lleva a una futura sostenibilidad.

En el año 2021, el Perú alcanzó la cifra de 39,637 millones de dólares en exportaciones contribuyendo a la estabilidad monetaria, pero que con el paso del tiempo los conflictos sociales en ciertas regiones se han manifestado como paros, huelgas y marchas siendo un total de 87 las relacionadas al sector minero. En consecuencia, las empresas para sobrellevar las dificultades tienen que priorizar seguridad de sus trabajadores, innovar en tecnologías y automatización, implementar protocolos, mejorar programas de capacitación, entre otros (Belling, 2022).

38

En la actualidad el sector minero es importante en el Perú, porque contribuye con el 10% de la producción total del país y dos tercios de las exportaciones que representa un 57% y forma parte de 11% de la inversión privada. Es un país rico en minerales que favorece la inversión y los costos de producción son competitivos, pero las políticas no son tan favorables para el sector. Tenemos el caso del cobre, que es el principal metal que Perú produce que se ha recuperado Post pandemia con la reapertura de China (BBVA, 2023). Por lo que, el Instituto Peruano de Economía estima que por cada empleo en la actividad minera se genera 6,25 empleos en el resto de la economía (BANCO MUNDIAL, 2021).

Actualmente según Meller (2019) existen muchas causas que demuestran el motivo del porque se generan muchos tiempos improductivos en la empresas del sector minero, en ese contexto se basan en el nivel profesional y directivo; en ese sentido, el 43% es por parte de la planificación y dirección, el 20% a la verificación de las actividades, el 15% a la mala planificación de los horarios rotativos, en relación a los colaboradores 12% proviene de suscompetencias y el 10% es la actitud de cada uno de ellos. De acuerdo a Castillo et al. (2020), hoy en día muchas empresas buscan reducir los tiempos y movimientos para poder obtener mayor producción, en ese sentido, el sector minero no es la excepción, pues busca una mejora en las actividades que realizan; ya que los tiempos de atención y disponibilidad tienen un gran impacto en el rendimiento de la planta.

Bajo ese contexto, las plantas de beneficio mineral, en todo el mundo, buscan incrementar su rendimiento para su desarrollo interno y contribución económica con el país;sin embargo, presentan problemas para llegar a su rendimiento ideal, tal como se presenta en la minera aurífera ubicada en el departamento de Ayacucho provincia de Lucanas distrito de Sancos, la cual se dedica a la extracción y molienda de oro, observándose que durante los primeros meses del año 2023 no se ha podido llegar a la meta mensual de producción de 80.5 kg de oro; esto debido a que existe una cantidad significativa de actividades no productivas, tal como las esperas por parte de los trabajadores, los cuales no pueden avanzar sin que se supervise la operación y con ello, el tiempo que le toma al supervisor moverse de un punto a otro para supervisar la operación; todo ello genera que la producción se retrase y no se pueda llegar a los niveles de rendimiento que la empresa desea.

1.2. Pregunta de Investigación

¿En qué medida el estudio de tiempos y movimientos incrementará el rendimientode la planta de beneficio de minera aurífera ubicada en el departamento de Ayacucho provincia de Lucanas distrito de Sancos?

1.3. Hipótesis

La ejecución de tiempos y movimientos incrementa significativamente el rendimiento de la planta de beneficio de minera aurífera ubicada en el departamento de

Ayacucho provincia de Lucanas distrito de Sancos.

1.4. Objetivos de la Investigación

Para el desarrollo de la investigación se persiguen los siguientes objetivos:

1.4.1. Objetivo General

Ejecutar el estudio de tiempos y movimientos para incrementar el rendimiento de la planta de beneficio de minera aurífera ubicada en el departamento de Ayacucho provincia de Lucanas distrito de Sancos.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar el rendimiento inicial de la planta de beneficio de minera aurífera ubicada en el departamento de Ayacucho provincia de Lucanas distrito de Sancos.
- Diagnosticar la situación actual del proceso de la planta de beneficio de minera aurífera ubicada en el departamento de Ayacucho provincia de Lucanas distrito de Sancos.
- Implementar un plan de mejora, basado en el estudio de tiempos y movimientos, en la planta de beneficio de minera aurífera ubicada en el departamento de Ayacucho provincia de Lucanas distrito de Sancos.
- Determinar el rendimiento final de la planta de beneficio de minera aurífera ubicada en el departamento de Ayacucho provincia de Lucanas distrito de Sancos.
- Realizar un análisis costo beneficio de la ejecución del estudio de tiempos y movimientos

1.5. Justificación de la Investigación

La justificación se enfoca en diferentes aristas, de las cuales se nombra la práctica, teórica, económica y social.

1.5.1. Justificación Práctica

El presente trabajo se justifica de forma práctica, debido a que se incrementó el rendimiento de la planta en función de la reducción o eliminación de los problemas que los afectaba, es por ello que se buscó eliminar los tiempos muertos mediante la

aplicación de métodos apropiados para las actividades del proceso.

1.5.2. Justificación Teórica

Se justifica de manera teórica, ya que, al aplicar el estudio de tiempos y movimientos en el rubro, generó nuevos conocimientos que a la vez quedaron como un antecedente para futuras investigaciones en temas similares.

1.5.3. Justificación Económica

Se logró minimizar los tiempos muertos, permitiendo mejorar los niveles de rendimiento de la planta y por ende las utilidades de la empresa; además de analizar el costo-beneficio del estudio de tiempos y movimientos.

1.5.4. Justificación Social

Se justifica de manera social, ya que, de acuerdo a la nueva estandarización de procesos y la nueva reorganización, los trabajadores pudieron desarrollar sus funciones de manera cómoda, organizada y fluida, lo que permitió mejorar la imagen de trabajo de la planta en la comunidad donde se desarrolla.

1.6. Alcance de la Investigación

El presente estudio de investigación inicialmente analizó la problemática que radicó en el bajo rendimiento de la planta de beneficio, por lo que una vez identificadas mediante el estudio de tiempos y movimientos se estableció una serie de medidas que permitieron la mejora continua y el incremento del rendimiento.

1.7. Viabilidad del Estudio

El presente estudio es viable ya que se contó con el conocimiento respecto al tema de estudio de tiempos y movimientos para la puesta en marcha, asimismo, se contó con la autorización por parte de la empresa para el acceso ala información.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta el enfoque de diferentes autores, a nivel internacional y nacional, referente al tema de investigación; asimismo, se plasman las bases teóricas de las variables de estudio para un entendimiento más profundo.

2.1. Antecedentes

Con la finalidad de brindar un mayor sustento al presente trabajo de investigación, a continuación, se presentan investigaciones que contemplan las mismas variables estudiadas.

Castro y Alcalá (2022) en su investigación titulada "Proposed improvement of the mining Cycle to increase productivity in a Mining Company in La Libertad Region, 2020" tuvo como objetivo determinar el impacto de la propuesta de mejora del ciclo minero en la productividad de la empresa. De enfoque cuantitativo y diseño no experimental. Diagnosticó los problemas del sector que llevan a la baja productividad para luego aplicar herramientas de ingeniería como estudio de tiempos para analizar aquellas actividades que no generan valor y los tiempos innecesarios, indicadores de gestión como mecanismo de seguimiento de lo que se va implementando y para una mejor toma de decisiones y COLPA. Logrando como resultados el aumento de la productividad de 0.172 a 0.250 unidades trabajadas. Concluyó que, la propuesta de mejora aplicando varias herramientas aumenta la productividad de la empresa minera.

Según Loor (2022), en su investigación titulada "Optimización de la producción en la elaboración de alimento balanceado aplicando la ingeniería de métodos en la empresa agropecuaria BRILOOR S.A. de Portoviejo" tuvo como objetivo optimizar el proceso aplicando la ingeniería de métodos. Es de tipo aplicada con diseño experimental. Primero, diagnosticó la situación actual para luego diagramar flujograma, DOP y diagrama de recorrido. Luego, aplicó la ingeniería de métodos mediante la medición de trabajo (cronometraje) y estudio de métodos. Se logró reducir tiempo total de producción de 78.47 min a 59.59 min, que representa un 24.06% por ende, su productividad aumentó en 20%. Concluyendo que la ingeniería de métodos es una herramienta clave para optimizar el proceso y mejorar rendimiento de la organización.

Para Irua (2020) en su investigación titulada "Estandarización de los tiempos

en el área de producción de portes de hormigón armado tipo circular, para mejorar la productividad de la empresa VIBROPOSTE CIA.LTDA" tuvo como objetivo aumentar la productividad de la organización. Es un estudio aplicativo y con diseño experimental. Se diagnosticó la situación inicial mediante históricos de producción, diagramas de proceso para identificar cada etapa del proceso y poder aplicar las técnicas de estudio de tiempos empleando el cronometraje para el cálculo del tiempo estándar de producción, con lo que logró reducir las distancias y tiempos innecesarios de las actividades. Y, estandarizó el tiempo a 131.40 min aumentando su productividad del 25%. Por lo que, concluyó que esta herramienta de mejora continua al implementarla dentro de una organización logra aumentar la productividad reduciendo tiempos de actividades que no generan valor.

Espín et al. (2022) en su investigación titulada "Estudio de tiempos para la optimización de la producción en el área de postcosecha de una florícola" tuvo como objetivo incrementar la productividad en el área de postcosecha, reduciendo actividades innecesarias y disminuyendo tiempos improductivos. Primero, realizó un diagnóstico mediante diagramas de procesos que permite identificar actividades del proceso para luego tomar tiempos para cada una de ellas (cronometraje) obteniendo como resultados la disminución del tiempo de ciclo de 10.14 min a 8.29 min y aumentando su productividad en un 22%. Concluyendo que el estudio de tiempos permite optimizar los procesos del área mediante la reducción de tiempos, estandarización y eliminación de tiempos innecesarios.

En base a ello, Livaque, Peña, & Dany (2020) en su investigación titulada "Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa de alimentos balanceados KIME E.I.R.L. Chiclayo 2019" tuvo como objetivo, mejorar la productividad mediante el estudio de tiempos y movimientos. La investigación es de tipo aplicada y con diseño no experimental. Se aplicó instrumentos para recopilar datos y luego clasificarlos y analizarlos para diagnosticar la situación actual. Luego aplicó las herramientas de estudio de métodos para estandarizar el proceso de fabricación y calculando la productividad. Obteniendo como resultados que el proceso de producción no tomaba un tiempo de 230 minutos como se estipulaba antes de la aplicación de la metodología, si no, solo de176 minutos, y en ese sentido se ha recuperado un total del 23.48% de los tiempos queno se empleaban correctamente dentro de la empresa, es así que los resultados principalesdel estudio determinaron los tiempos

estándar para cada actividad y aumentaron la productividad en 55.87%. Concluyendo que al aplicar la herramienta de estudios de tiempos en un proceso de fabricación se podrá identificar tiempos muertos que se deben mejorar al igual que estandarizar los tiempos para mejorar el rendimiento global.

Según, Salazar (2022) en su investigación titulada "Incremento de la Productividad en carguío y carreo mediante la disminución de tiempos improductivos en la construcción del PAD de lixiviación ciénaga Norte en CIA minera COIMOLACHE S.A." tuvo como objetivo identificar, clasificar, cuantificar y analizar los tiempos improductivos en las actividades de carguío y acarreo para estandarizar el proceso incrementando la productividad. Es un estudio de tipo cuantitativo con diseño no experimental donde se recopiló información para realizar el estudio de tiempos e identificar los improductivos con sus causas empleando Pareto, también se calcularon indicadores clave de rendimiento y en base a esto se propuso mejora. Se tuvo como resultados una reducción de 65.53% en horas de demoras para carguío y 57.44% para acarreo. Y, se logró un aumento del porcentaje de uso de equipos en carguío de 73.19% a 82.42% y en acarreo de 71.07% a 81.39%. Concluyendo que al disminuir los tiempos improductivos empleando ingeniería de métodos se puede aumentar la productividad.

Dionicio y Méndez (2021) en su investigación titulada "Aplicación del estudio del trabajo para mejorar la productividad en una compañía minera en la ciudad de Uchucchacua, 2021" tuvo como objetivo aplicar el estudio de trabajo para aumentar la productividad en la compañía minera. Es de tipo aplicada, enfoque cuantitativo y diseño preexperimental. Aplicó la metodología de estudio de métodos, tiempos y movimientos, usando un diagrama de análisis de actividades del proceso (DAP) de minado, identificando las actividades que no agregan valor para poder eliminarlas o corregirlas. Con respecto a la toma de tiempos se registra en una ficha de registro para luego estandarizarlos. Se obtuvo como resultados la corrección y/o eliminación de actividades improductivas, generando que el porcentaje de actividades que generan valor cambie de 73% a 82%, estandarizó el tiempo del proceso de 596 min a 531 min y aumentó la productividad de 0.818 a 0.916. Concluyendo que el estudio del trabajo aumenta la productividad en un 10.70%.

Vergaray y Orihuela (2022) en su investigación titulada "Propuesta de mejora para optimizar los tiempos de perforación efectiva con la finalidad de incrementar la productividad en una contrata de perforación diamantina de la Unidad Minera San

Cristóbal aplicando ingeniería de métodos y TPM" tuvo como objetivo incrementar la productividad de una empresa minera aplicando ingeniería de métodos y TPM. Es de enfoque cuantitativo con diseño experimental. Aplicó el estudio de tiempos y movimiento que les permitió identificar los tiempos de todo el proceso productivo para eliminar los movimientos innecesarios y sustituir otros. Mejorando el tiempo del proceso, ganando 12.83 min disminuyendo tiempos de espera y aumentando su productividad. También, aumentó su producción de un 80% a un 93%. Concluyendo que al implementar esta metodología junto con otras herramientas de mejora continua pueden tener grandes resultados al momento de mejorar su rendimiento.

En conclusión, las compañías que tienen como meta mejorar la productividad o el rendimiento de sus procesos se enfocan en la reducción de tiempos, específicamente de aquellas actividades que no agregan valor, por lo que se inclinan por la aplicación de la ingeniería de métodos o estudio de tiempos, cuya metodología permite medir la duración del trabajo e identificar los métodos de trabajo para optimizarlos. En relación, al rubro minero, esta herramienta ha sido ampliamente utilizada en procesos de mina, como el carguío y carreo y en planta misma, en el procesamiento de minerales como oro, zinc y plata; lo que integran con otras herramientas dependiendo de las necesidades del proceso, como la herramienta Lean TPM.

2.2. Bases teóricas

Con la finalidad de brindar sustento teórico a la presente investigación, a continuación, se consignó información sobre las teorías o enfoques teóricos relacionados al tema de investigación.

2.2.1. Estudio de tiempos y movimientos

De acuerdo a Andrade et al. (2019), la principal razón por la que se utiliza un estudio de tiempos y movimientos es para quitar o repotenciar elementos innecesarios que podrían llegar a afectar la seguridad, productividad y calidad de la industria; también consiste en determinar el tiempo que se necesita para culminar una tarea, proceso, o paso específico. Tiene dos elementos, estudio de movimientos y tiempos, estos forman parte de un estudio de trabajo; a pesar que la popularidad de estos estudios fue hasta finales del siglo 20, han rescatado su estatura y hoy por hoy son una herramienta esencial para la mejora y análisis de procesos de manufactura.

Tejada et al. (2017) observan que al trabajar con operadores seleccionados y utilizar diagramas de procesos bimanuales, se debe documentar minuciosamente, incluidas las operaciones, las tareas y los micromovimientos, requiriendo un proceso de inspección a gran escala.

2.2.2. Medición de tiempos

Para asegurar una asignación de tiempo suficiente, es necesario tomar las siguientes medidas: en primer lugar, buscar la cooperación de operadores experimentados, que estén bien versados en los procedimientos en cuestión; en segundo lugar, medir el tiempo mediante un método flexible de "lectura con retorno a cero", partiendo siempre de cero; en tercer lugar, secuenciar los trabajos de acuerdo con las operaciones, tareas y micromovimientos documentados en los diagramas de procesos bimanuales (Alfaro & Moore, 2020).

2.2.3. Muestreo de tiempos observados

Tejada et al. (2017) describen que para normalizar el tiempo de trabajo, se necesitar utilizar una fórmula estadística para determinar el número requerido de observaciones y su promedio. Estandarizar el tiempo para completar una tarea o una parte de ella es fundamental en este proceso.

2.2.4. Tiempo normal

88 Según Miño et al. (2019), el tiempo normal se refiere al tiempo en que un trabajador se demora en desarrollar una tarea a un ritmo sin interrupciones, es también
97 conocido como tiempo tipo; ya que toma en cuenta el promedio de los tiempos observados según muestra multiplicados por la valoración del ritmo de trabajo.

$$Tiempo\ normal = Tiempo\ promedio \times (1 + valoración) \quad (1)$$

2.2.5. Valoración del ritmo de trabajo

Miño et al. (2019) manifiestan que es la apreciación del desempeño del trabajador en relación a diversos factores con la finalidad de conocer el tiempo que le

toma al trabajador realizar una tarea. Los factores a tomar en cuenta son la habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia, tal cual se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Valoración del ritmo de trabajo

HABILIDAD		ESFUERZO	
+0.15	A1	+0.13	A1
+0.13	A2 – Habilísimo	+0.12	A2 – Excesivo
+0.11	B1	+0.10	B1
+0.08	B2 – Excelente	+0.08	B2 – Excelente
+0.06	C1	+0.05	C1
+0.03	C2 – Bueno	+0.02	C2 – Bueno
0.00	D – Promedio	0.00	D – Promedio
-0.05	E1	-0.04	E1
-0.10	E2 – Regular	-0.08	E2 – Regular
-0.15	F1	-0.12	F1
-0.22	F2 – Deficiente	-0.17	F2 – Deficiente
CONDICIONES		**CONSISTENCIA**	
+0.06	A – Ideales	+0.04	A – Perfecto
+0.04	B – Excelentes	+0.03	B – Excelente
+0.02	C – Buenas	+0.01	C – Buena
0.00	D – Promedio	0.00	D – Promedio
-0.03	E – Regulares	-0.02	E – Regular
-0.07	F – Malas	-0.04	F – Deficiente

Nota. Tomado de "Valoración del ritmo de trabajo" por Salazar (2019).

2.2.6. Suplementos del estudio de tiempos

La tarea debe asignarse después de considerar dos factores que causaron retrasos: razones personales y fatiga, para garantizar el éxito del proyecto, es fundamental asignar tiempo de trabajo adicional para compensar estos retrasos. No hacerlo podría resultar en el incumplimiento de nuestros objetivos, por lo tanto, el proyecto se segmenta en partes o elementos medibles; en ese sentido, en la Figura 2 se presenta los suplementos a tener en cuenta (Alfaro & Moore, 2020).

Figura 2

Suplementos del estudio de tiempos

SUPLEMENTOS CONSTANTES	HOMBRE	MUJER
Necesidades personales	5	7
Básico por fatiga	4	4
SUPLEMENTOS VARIABLES	**HOMBRE**	**MUJER**
a) Trabajo de pie		
Trabajo se realiza sentado(a)	0	0
Trabajo se realiza de pie	2	4
b) Postura normal		
Ligeramete incómoda	0	1
Incómoda (inclinación del cuerpo)	2	3
Muy incómoda (Cuerpo estirado)	7	7
c) Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar o empujar)		
Peso levantado por kilogramo		
2,5	0	1
5	1	2
7,5	2	3
10	3	4
12,5	4	6
15	5	8
17,5	7	10
20	9	13
22,5	11	16
25	13	20 (máx)
30	17	
33,5	22	
d) Iluminación		
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0
Bastante por debajo	2	2
Absolutamente insuficiente	5	5

SUPLEMENTOS VARIABLES	HOMBRE	MUJER
e) Condiciones atmosféricas		
Índice de enfriamiento, termómetro de KATA (milicalorías/cm2/segundo)		
16	0	
14	0	
12	0	
10	3	
8	10	
6	21	
5	31	
4	45	
3	64	
2	100	
f) Tensión visual		
Trabajos de cierta precisión	0	0
Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
Trabajos de gran precisión	5	5
g) Ruido		
Sonido continuo	0	0
Sonidos intermitentes y fuertes	2	2
Sonidos intermitentes y muy fuertes	5	5
Sonidos estridentes	7	7
h) Tensión mental		
Proceso algo complejo	1	1
Proceso complejo o de atención dividida	4	4
Proceso muy complejo	8	8
i) Monotonía mental		
Trabajo monótono	0	0
Trabajo bastante monótono	1	1
Trabajo muy monótono	4	4
j) Monotonía física		
Trabajo algo aburrido	0	0
Trabajo aburrido	2	2
Trabajo muy aburrido	5	5

Nota. Tomado de "Suplementos del Estudio de tiempos" por Salazar, B. (2019)

2.2.7. Tiempo estándar

De acuerdo a Cascante et al. (2019), se identifica como tiempo estándar al periodo que necesita un trabajador calificado y preparado para llevar a cabo una operación, ejecutándose a una velocidad natural; muchas veces los principales problemas de las compañías son la baja productividad, aquello hace que sean poco rentables y no sean concurrentes. La fórmula que se utiliza para el tiempo estándar es la siguiente:

$$Tiempo\ estándar = Tiempo\ normal \times (1 + suplementos) \quad (2)$$

2.2.8. El Rendimiento

El rendimiento es la ganancia obtenida a través de una inversión, habitualmente se evalúa en una proporción sobre el capital invertido; por lo tanto, llamamos rendimiento al resultado final que se obtiene por una maquinaria o trabajador en una empresa dependiendola labor, tiempo y eficacidad que se le designo a cada una podremos calcular si hubo un buenrendimiento o no (Carhuayal, 2020).

La evaluación del rendimiento implica monitorear la tasa de producción y compararla con la producción proyectada. Esto implica medir la eficiencia y el rendimiento de los equipos utilizados en el proceso de producción. El rendimiento, que se determina comparando la cantidad real producida con la producción máxima posible durante el funcionamiento del equipo, es una métrica fundamental que se utiliza para evaluar las tasas de producción. Es importante señalar que el rendimiento se calcula independientemente de la calidad de los productos elaborados (Carhuayal, 2020).

2.2.9. Diagrama de Ishikawa

Burgasí et al. (2021) analizan que es una ayuda visual útil para identificar las causas y los efectos de los procesos de una empresa, el diagrama de Ishikawa es una herramienta eficaz. Al profundizar en las causas fundamentales de los problemas, ayuda a identificar problemas organizativos y de productividad, lo que lleva a un esfuerzo colaborativo para resolverlos.

Por otra parte, Carmona et al. (2019) manifiestan que el diagrama de Ishikawa es una herramienta altamente efectiva para identificar errores y problemas en cualquier organización o industria, gracias a sus capacidades analíticas avanzadas. Este artículo completo ofrece toda la orientación necesaria para garantizar la implementación correcta y oportuna del diagrama de Ishikawa.

2.2.10. Diagrama de Pareto

Chicaiza y Robles (2021) indican que es un gráfico que clasifica los valores de mayor a menor utilizando barras. Este tipo de gráfico ayuda a las organizaciones a

priorizar la toma de decisiones, identificando los problemas más urgentes que deben abordarse primero. El objetivo principal de este cuadro es sacar a la luz los problemas reales que están obstaculizando los objetivos de una empresa, minimizando las pérdidas resultantes.

2.2.11. Evaluación económica

La evaluación económica tiene en cuenta dos indicadores importantes, los cuales son VAN y TIR.

Pérez (2021) indica que el valor actual neto o VAN es una métrica financiera ampliamente reconocida que se utiliza para evaluar la rentabilidad de los proyectos de inversión. Este indicador se calcula ajustando los ingresos y gastos futuros contra la inversión inicial. Un VAN positivo indica que un proyecto es rentable y viable. Como tal, es una herramienta muy popular y eficaz para evaluar la viabilidad de las inversiones. Al utilizar una fórmula matemática que tiene en cuenta las entradas y salidas de efectivo, la empresa puede evaluar de inmediato la viabilidad y el retorno potencial de la inversión para sus proyectos. La fórmula, conocida como VAN, tiene en cuenta el valor presente de los flujos de efectivo y los descuenta utilizando una tasa de interés predeterminada. Luego, los resultados se expresan en términos de unidades de valor monetario, lo que proporciona una imagen clara de la posible rentabilidad para el futuro de la empresa (Conexión Esan, 2019).

Pérez (2021) indica que la Tasa Interna de Retorno (TIR) es muy recomendable en la evaluación de proyectos de inversión. Es una herramienta popular para analizar la viabilidad de un proyecto y calcular la rentabilidad potencial de una inversión. Está estrechamente relacionado con el VAN y se define como la tasa de descuento que iguala el VAN a cero para un determinado proyecto de inversión. Este valor porcentual proporciona información sobre la rentabilidad del proyecto. Cuando se busca medir la viabilidad y rentabilidad de un proyecto de inversión, la TIR es una métrica altamente confiable. Aprovecha el flujo de efectivo neto proyectado junto con el monto de la inversión para calcular el porcentaje de ganancias o pérdidas. Sin embargo, al comparar la rentabilidad de dos proyectos diferentes, la confiabilidad de la TIR disminuye ya que no tiene en cuenta las variaciones en las dimensiones del proyecto. En última instancia, la TIR sirve como una herramienta eficaz para evaluar el potencial de una inversión por sí sola (Conexión Esan, 2019).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

Este capítulo muestra la metodología de la investigación referente al tipo y diseño aplicado; asimismo se detalla el objeto de estudio, la operacionalización de las variables y las técnicas e instrumentos para la recopilación de información.

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, según Castro et al. (2022), esto se debe a que pretende aplicar conocimientos o metodologías ya establecidas con la finalidad de resolver un problema, en ese sentido, en el presente estudio se procederá con la aplicación del estudio de tiempos para identificar las causas del problema, en base a ello plantear alternativas de solución que permitan el incremento del rendimiento de la planta de beneficio de minera aurífera ubicada en el departamento de Ayacucho provincia de Lucanas distrito de Sancos.

Por otro lado, el enfoque de investigación es cuantitativo, de acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), este tipo de investigación utiliza modelos matemáticos para el análisis de datos y realizar la contrastación de las hipótesis.

3.2. Diseño de la Investigación

De diseño pre-experimental, debido a que se pretende obtener los resultados con una manipulación mínima sobre las variables (Ramos, 2021). En ese sentido, en primera instancia se evaluó el rendimiento inicial(O_1), con ayuda de los instrumentos diseñados, donde se determinó el estado actual, de acuerdo a ello se aplicó el estudio de tiempos y movimientos (X) de manera que se eliminen o reduzcan las causas como: altos tiempos improductivos, actividades que no añaden valor y métodos de trabajo ineficientes; finalmente se volvió a evaluar el rendimiento (O_2) con la finalidad de determinar si hubo o no una mejora después de la aplicación de la mejora.

$$G \longrightarrow 0_1 \longrightarrow X \longrightarrow 0_2$$

G = Proceso productivo de mineral – minera aurífera ubicada en Ayacucho.

O1= Rendimiento inicial

X = Estudio de tiempos y movimientos

O_2= Rendimiento final

3.3. Población y muestra

A continuación, se describe el objeto de estudio, identificando la población y la muestra correspondiente a la investigación.

3.3.1. Descripción de la Población

La población del presente estudio está conformada por todas las actividades del proceso productivo de la planta de beneficio de minera aurífera ubicada en el departamento de Ayacucho provincia de Lucanas distrito de Sancos. Según Sánchez (2019), la población de investigación se refiere a todas las entidades, incluidos individuos, objetos, organismos y registros médicos, que están involucradas en el fenómeno definido y esbozado por el análisis del problema de investigación, donde el atributo definitorio de esta población es su potencial para ser examinado, evaluado y cuantificado.

3.3.2. Selección de la muestra

La muestra estaría conformada por la misma cantidad de actividades del proceso productivo de la planta de beneficio de minera aurífera ubicada en el departamento de Ayacucho provincia de Lucanas distrito de Sancos.

Según Sánchez (2019), una muestra es un subconjunto representativo de la población o universo que se estudia. Delinear las características de la población es un requisito previo para seleccionar una muestra apropiada. En pocas palabras, una muestra es un subgrupo más pequeño que se selecciona de una población más grande.

Cisneros et al. (2022) observa que el papel fundamental del muestreo es identificar el segmento específico de la realidad o universo que debe ser escudriñado para sacar conclusiones sobre toda la población.

Para el muestreo del estudio se realizó de forma no probabilística por muestreo por conveniencia.

3.4. Operacionalización de variables

Variable dependiente: Rendimiento

El rendimiento es el resultado final que se obtiene por una maquinaria o trabajador en una empresa dependiendo la labor, tiempo y eficacidad que se le designo a cada una podremos calcular si hubo un buen rendimiento o no (Carhuayal, 2020).

Variable independiente: Estudio de tiempos y movimientos

De acuerdo con Bello et al (2020), quien menciona que, al estudio de tiempos y movimientos, se le denominado estudio del trabajo, el cual tiene como principal propósito mejorar y facilitar el trabajo dentro de cada proceso, todo ello mediante el análisis de los procedimientos de trabajo, aplicando principalmente la técnica de la observación directa.

La matriz de operacionalización de variables se encuentra en el Anexo 1.

3.5. Recopilación de datos

Cisneros et al. (2022) determina que la técnica de observación implica un examen minucioso de un fenómeno, hecho o caso, con el objetivo de recopilar información para su análisis en una etapa posterior. En cualquier estudio de investigación, la observación es un elemento crucial que permite al investigador reunir una gran cantidad de datos para su análisis. En ese sentido, el instrumento a utilizar fue la guía de observación de tiempos, donde se registraron los tiempos de cada actividad del proceso.

Cisneros et al. (2022) indica que la técnica de análisis documental implica identificar, recopilar y analizar documentos relacionados con el tema o contexto que se estudia. El propósito de usar estas técnicas es transmitir información a través de producciones escritas, gráficas y de otro tipo, en lugar de únicamente a través de la interacción humana directa. En ese sentido, el instrumento a utilizar fue el registro de rendimiento mensual, donde se obtuvo información de la producción de oro.

3.6. Procesamiento y Análisis de los datos

Para la presente investigación, la información obtenida fue procesada mediante Excel, para proceder a realizar los cálculos, asimismo, los resultados obtenidosfueron analizados mediante el programa SPSS, el análisis estadístico se realizó con la finalidad

de corroborar la mejora de la implementación permitiendo de esa manera, verificar si se acepta o rechaza la hipótesis.

CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Este capítulo se enfoca en la presentación de la empresa a través de su historia en la minería, además de la misión que emprenden para alcanzar su visión y los valores que predominan en cada una de las personas que laboran en la organización, asimismo, describe el proceso de obtención de su producto: el oro.

4.1. Breve historia de la empresa

La empresa en estudio es una pequeña minera productora de oro ubicada en Ayacucho, que poco a poco se adaptaron a los cambios que trae consigo la formalización y sobre todo, el interés en el control de la planta de procesamiento para la obtención del mineral, puesto que el oro es uno de los metales preciosos más caros en el mercado. La empresa cuenta con 21 años de operación en el Perú, con una capacidad instalada de 2496 MW y desde sus inicios como una minera formal se ha dedicado a certificarse para cumplir con todos los requerimientos legales necesarios, a su vez, de contribuir con el cuidado de la salud de sus trabajadores y medio ambiente.

Esta empresa peruana se dedica a la actividad extractiva de oro, actividades complementarias y conexas, dentro de la pequeña minería. Está conformada según las normas y condiciones del sub sector y responde a la realidad de la minería del país. Es una Empresa de Derecho Privado, perteneciente al Sector Energía y Minas, organizada como Sociedad Anónima y los trabajadores que la integran están sujetos al régimen laboral de la actividad privada. Tiene por objeto dedicarse a las actividades propias de la Exploración, Explotación y Comercialización de Mineral, que es de vital importancia para el desarrollo económico y social del País. Actualmente la conforman 166 socios activos y el Directorio está integrado por mineros que trabajan en el Socavón. Alberga alrededor de 900 trabajadores mineros, distribuidos en la Mina.

Cuenta, además, con una planta de beneficio y de desorción que le permite cerrar el ciclo del proceso de producción del oro, listo para su comercialización. En los últimos años, se ha convertido en el más importante centro minero del Perú por contribuir con el desarrollo local, regional y nacional y el mejoramiento de la calidad de vida de sus socios y trabajadores; siendo la mayor productora de Oro Certificado para Comercio Justo en el mundo.

La empresa cuenta con la certificación internacional que califica su producción aurífera como “Oro ambiental”, y gracias a ello, hace su ingreso oficial a los mercados de Comercio Justo de oro en el mundo. Actualmente, es el referente nacional e internacional de empresas mineras, como un ejemplo a seguir, contribuyendo eficientemente en su rol de responsabilidad social empresarial. De tal forma, de cada prima por exportación 70% será para uso de mantenimiento de mina y planta y 30% para abordar la problemática social y ambiental.

4.2. Misión, visión y valores

A continuación, en la Figura 3 se presenta la misión, visión y valores de la empresa:

Figura 3

Misión, visión y valores

Misión	Visión	Valores
• Somos una empresa constituida y gestionada por trabajadores mineros que, mejorando en forma continua sus procesos técnicos y administrativos, genera fuentes de trabajo digno contribuyendo a la mejora de la calidad de vida del trabajador minero y al desarrollo local, regional y nacional.	• Es una empresa de mediana minería, posicionada en el mercado minero. Sus procesos productivos, de transformación y administrativos lo hacen sostenible en el tiempo y ambientalmente. Cumple con su responsabilidad social, promueve los valores de honestidad y respeto y contribuye al desarrollo local, regional y nacional.	• Ética • Trabajo en equipo • Profesionalismo • Innovación y mejora continua • Responsabilidad social

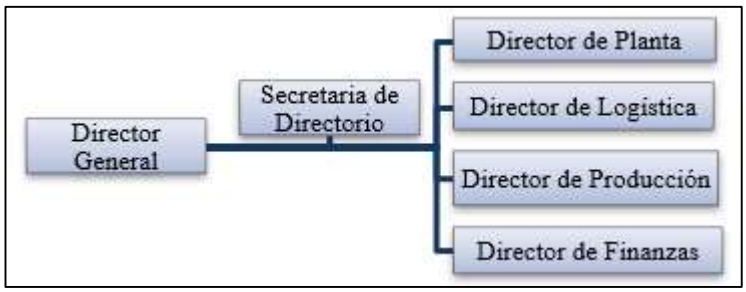
Nota. Obtenido de la información interna de la empresa

4.3. Organigrama

La conformación del Directorio y la empresa, se muestran a través de sus estructuras orgánicas en la Figura 4 y Figura 5 respectivamente.

Figura 4

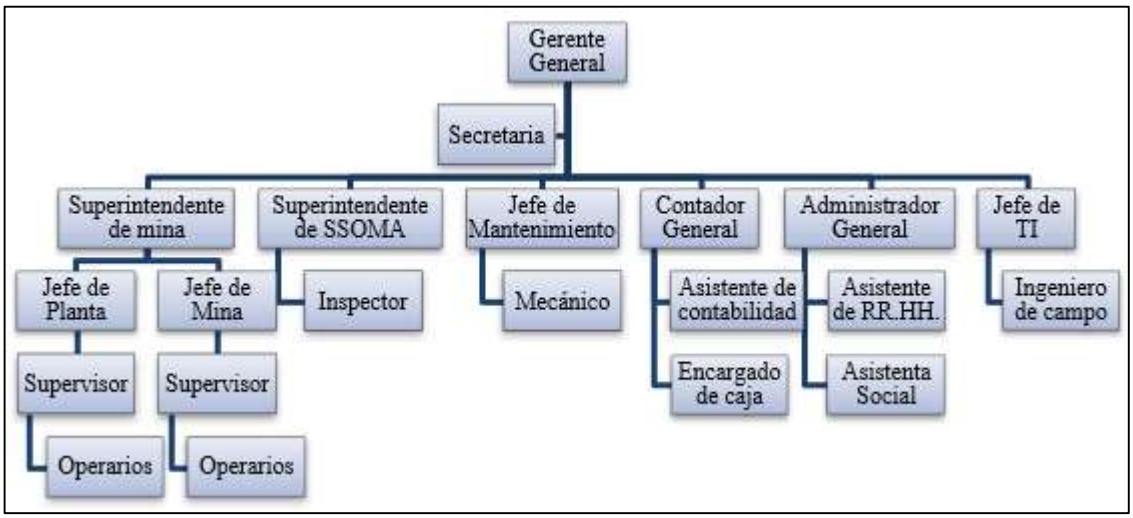
Organigrama del Directorio



Nota. Obtenido de la información interna de la empresa

Figura 5

Organigrama de la empresa



Nota. Obtenido de la información interna de la empresa

4.4. Descripción del proceso

La unidad minera está dedicada a trabajos de explotación, extracción y beneficio del mineral oro, los cuales se realizan en mina y en la planta concentradora. A continuación se muestra, las etapas que se realizan en todo el proceso de obtención de oro:

- **Perforación:** Es la primera operación del ciclo minero y antecede a la preparación de una voladura. Consiste en la concentración de una gran cantidad de energía en una pequeña superficie de roca, con el objeto de vencer la resistencia a la separación de sus componentes, y abrir huecos cilíndricos (barrenos o taladros), que están destinados a alojar material explosivo, tal como se observa en la Figura 6.

Figura 6

Perforación en mina

Nota. Obtenido de la empresa

- **Voladura:** Una vez perforada la roca, se procede a la voladura (tronadura, disparo, explosión, pega y fuego), el cual consiste en la carga de cada barreno con material explosivo (químico) que al hacer detonada (ignición) genera una fuerte onda de quiebre y empuje que fractura y desplaza la roca.

- **Carga:** Consiste en limpiar o recoger todo el material producto de la voladura, tal como se muestra en la Figura 7. En minas de gran envergadura, el equipo mayormente usado en sus galerías, son el scraper (rastrillo) y autocargador (palas mecánicas, neumáticas).

Figura 7

Carga de material volado

Nota. Obtenido de la empresa

- **Transporte e izaje:** Para realizar la etapa de carguío en los frentes, consiste en trasladar el material volado a superficie, la unidad minera lo hace a través de los winchez de izaje, según se muestra en la Figura 8.

Figura 8

Transporte e izaje

Nota. Obtenido de la empresa

- **Extracción:** Consiste en la extracción de las rocas junto con el mineral, para luego ser trasladados a la planta de beneficio mineral.

- **Pesaje:** Se pesan los camiones mineros y de almacenamiento para regular el tonelaje procesado, según se observa en la Figura 9. El controlador mantiene un registro de los lotes de entrada creados por el software de la báscula. Después de descargar el mineral, el controlador inspecciona los camiones para asegurarse de que no haya elementos adicionales que puedan afectar el peso.

Figura 9

Pesaje de los camiones mineros

Nota. Obtenido de la empresa

- **Chancado:** Para procesar los minerales, la planta de trituración emplea una trituradora de mandíbula primaria y una trituradora cónica secundaria, que trabajan en circuito cerrado. El mineral es clasificado a través de zarandas, y posteriormente, volquetes y camiones recolectores lo transportan al campo de finos. Aquí, un controlador inspecciona el mineral y lo verifica con los lotes registrados en la balanza. Una vez verificado, el cargador frontal descarga el mineral en la tolva de reducción de mineral para su posterior procesamiento.

- **Blending:** Una vez triturado el mineral, el cargador lo traslada al campo de finos (Figura 10). Aquí, se mezcla con otros lotes que se clasifican según su grado informado por el laboratorio para alcanzar un grado de 0,5. Este grado permite una tasa de recuperación del 95% en procesos posteriores.

Figura 10

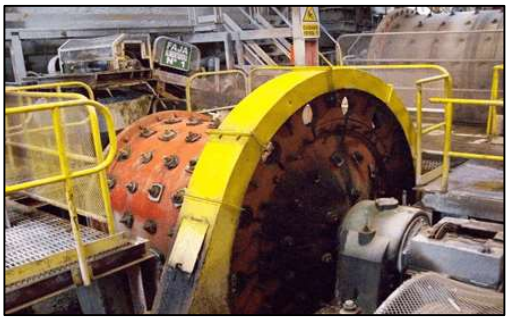
Blending

Nota. Obtenido de la empresa

- **Molienda:** El proceso de agitación del mineral requiere un circuito de molienda compuesto por un molino de bolas de 5'x 3' y dos molinos de bolas de 4'x 3', tal como se observa en la Figura 11. Los hidrociclones clasifican la pulpa resultante en un circuito cerrado, produciendo el tamaño de oro requerido. Finalmente, se introduce cianuro y zinc para liberar el oro.

Figura 11

Molienda



Nota. Obtenido de la empresa

- **Agitación:** Luego de la molienda, el mineral se dirige a un banco equipado con 5 celdas de flotación. Aquí, el tiempo de cianuración se controla cuidadosamente para producir una solución rica en oro. Una vez que se alcanzan los parámetros óptimos, se introduce carbón activado en la mezcla. Este carbón se adhiere efectivamente a las partículas de oro, lo que permite una fácil recolección una vez que se completa el

108 proceso de adsorción. El proceso se puede observar en la Figura 12:

Figura 12

Agitación del mineral

Nota. Obtenido de la empresa

- **Cosecha:** Una vez cargado el carbón, puede comenzar el proceso de recolección. Esto ocurre al final del circuito de agitación, donde una malla filtrante cilíndrica ayuda a separar el carbón activado cargado de la solución libre de oro. Luego, el carbono se transporta al estanque de relaves, donde se recupera el agua y se vuelve a introducir en el proceso. La cosecha es una etapa crucial, ya que cada unidad de carbón extraído tiene el mismo valor que el oro. Por lo tanto, solo una persona de confianza y supervisada por controladores de área puede realizar la cosecha. Una vez finalizada la cosecha, el carbón se transporta a la zona de desorción.

- **Desorción:** Para liberar el carbón activado, se emplea un método de desorción, mediante el cual el carbón se calienta en una celda a un rango de temperatura de 85 °C a 95 °C. Luego se transmite a un circuito de electrodeposición, donde el carbón se deja reposar durante tres días. Al final de este período, el carbón activado se libera con éxito, tal como se muestra en la Figura 13.

89

Figura 13

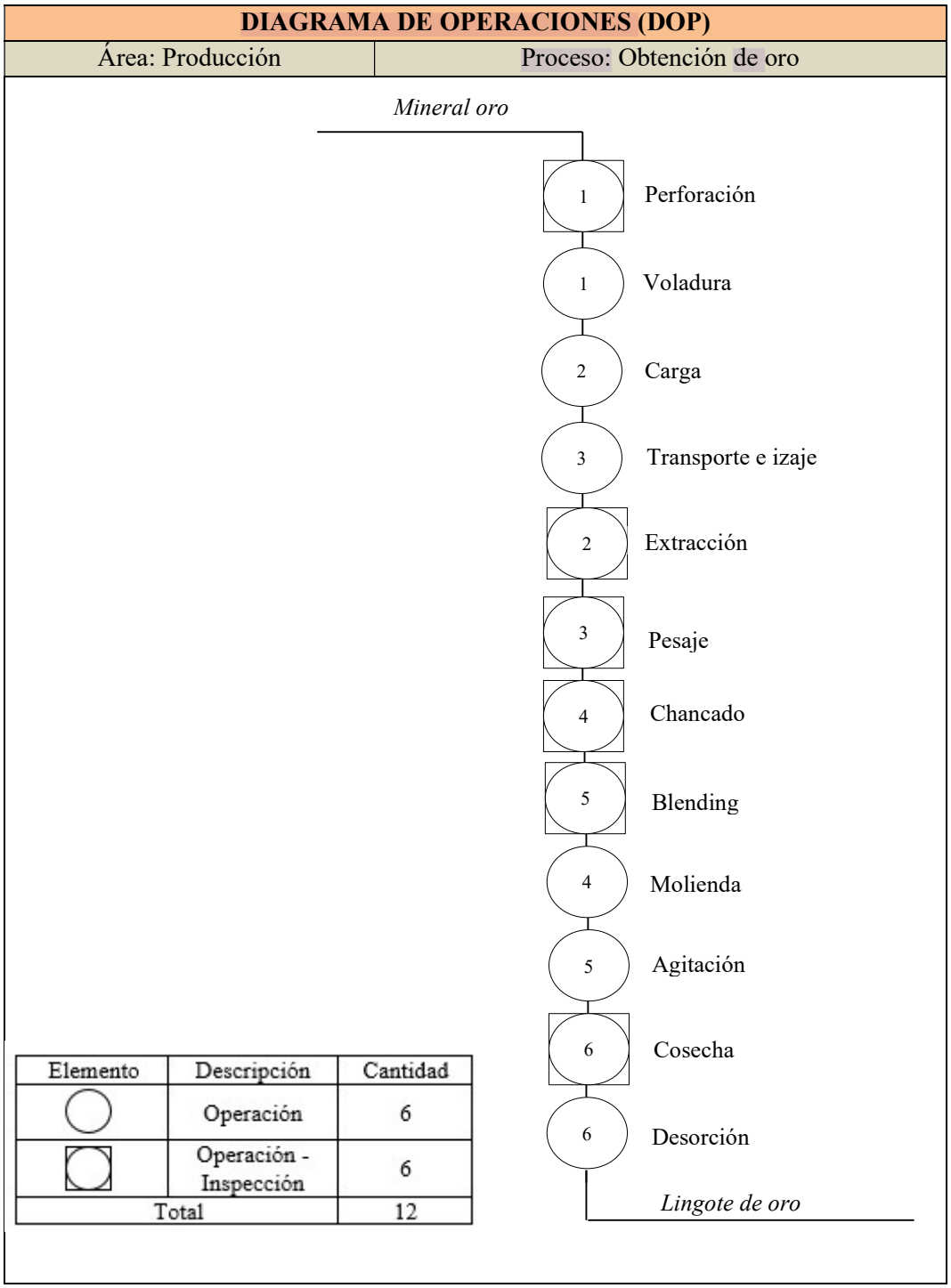
Desorción

Nota. Obtenido de la empresa

A continuación, en la Figura 14 se presenta el Diagrama de Operaciones del proceso de obtención de oro, desde las operaciones realizadas en mina hasta el término en planta.

Figura 14

Diagrama de Operaciones del proceso de obtención de oro



Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO

Este capítulo se enfoca en seleccionar el objeto de estudio para su análisis e identificación de problemas, a su vez identificar las causas raíz de los problemas críticos, a través de ciertas metodologías de evaluación.

5.1. Selección del área crítica

Se desarrolló un análisis de benchmarking para determinar el área crítica de la empresa mediante el cumplimiento de indicadores y su contraste con empresas del rubro que manejan el mismo producto. En ese sentido, en la Tabla 1 se analizó el rendimiento de la mina, donde se realiza la explotación del oro y el rendimiento de la planta, donde se procesa el oro para su beneficio.

Tabla 1

Benchmarking de rendimiento

Área	Minera La Poderosa S.A	Minera Shahuindo S.A.C	Promedio	Minera en estudio	Brecha
Mina	73.3%	79.4%	76.4%	76.8%	-
Planta	89.7%	99.9%	94.8%	85.3%	9.5%

Nota. Los valores de la minera La Poderosa S.A fueron tomados de Aguilar y Castillo (2023) y los valores de la minera Shahuindo SAC fueron tomados de Avalos (2018) y Cueva (2022)

De acuerdo a la Tabla 1, existe una brecha en relación al rendimiento en planta del 9.5% con el promedio de otras empresas importantes del rubro, que señala el rendimiento debe mantenerse por encima del 94.8%; por tanto, se observa que existen problemas dentro de los procesos internos de la planta de beneficio mineral que afectan llegar a ese rendimiento.

5.1.1. Rendimiento inicial de la planta

Se estudió el rendimiento de la planta de beneficio mineral durante los primeros meses del año 2023 (enero a abril), donde se observó que no se logra alcanzar la meta mensual de producción de 80.5 kg de oro, tal como se muestra en la Tabla 2, solo se llega a producir alrededor de 68.7 kg, lo que señala un rendimiento del 85.3%; asimismo, se muestra que el mes más bajo de producción fue marzo con un 80.7% de rendimiento.

Tabla 2

Rendimiento de la planta de oro durante enero a abril 2023

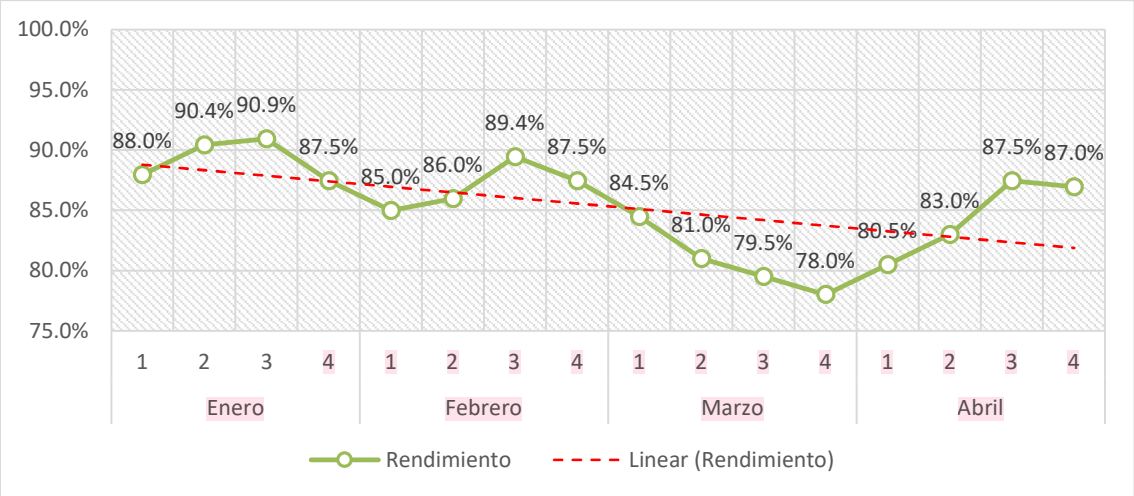
Meses	Semanas	Cantidad programada (kg)	Cantidad producida (kg)	Rendimiento
Enero	1	20.1	17.7	88.0%
	2	20.1	18.2	90.4%
	3	20.1	18.3	90.9%
	4	20.1	17.6	87.5%
Subtotal		**80.5**	**71.8**	**89.2%**
Febrero	1	20.1	17.1	85.0%
	2	20.1	17.3	86.0%
	3	20.1	18.0	89.4%
	4	20.1	17.6	87.5%
Subtotal		**80.5**	**70.0**	**87.0%**
Marzo	1	20.1	17.0	84.5%
	2	20.1	16.3	81.0%
	3	20.1	16.0	79.5%
	4	20.1	15.7	78.0%
Subtotal		**80.5**	**65.0**	**80.7%**
Abril	1	20.1	16.2	80.5%
	2	20.1	16.7	83.0%
	3	20.1	17.6	87.5%
	4	20.1	17.5	87.0%
Subtotal		**80.5**	**68.0**	**84.5%**
Promedio		**80.5**	**68.7**	**85.3%**

Nota. Elaboración propia

De acuerdo al análisis de los datos de la Figura 15, el rendimiento tiene una tendencia a disminuir; ya que el valor más alto se tuvo en la tercera semana de enero con un 90.9% y el valor más bajo se obtuvo en la cuarta semana de marzo con 78.0% y aunque en abril, los valores empiezan a incrementar, aún se encuentran por debajo de los valores altos visualizados en enero.

Figura 15

Rendimiento de la producción de oro durante enero a abril 2023



Nota. Elaboración propia

5.2. Análisis del proceso realizado en planta

El proceso que se realiza en la planta de beneficio mineral se divide en 7 etapas o subprocesos, los cuales se plasman en un diagrama PEPSU en la Tabla 3 para identificar las deficiencias en el proceso. Cabe mencionar que una explicación más detalla del proceso se encuentra en el punto 4.4.

Tabla 3

Diagrama PEPSU

Proveedor	Entradas	Proceso	Salidas	Usuarios
Conductor de transporte minero	Camiones con el mineral extraído	Pesaje	Mineral pesado	Balancero Almacenero
Operario 1 Inspector de planta	Mineral pesado	Chancado	Mineral chancado	Operario 2 Maquinista
Operario 2 Inspector de planta	Mineral chancado	Blending	Mineral seleccionado mezclado	Operario 3
Operario 3	Mineral seleccionado mezclado	Molienda	Mineral molido	Operario 4
Operario 4	Mineral molido	Agitación	Mineral agitado	Operario 5
Operario 5 Supervisor de planta	Mineral agitado	Cosecha	Mineral cosechado	Operario 6
Operario 6 Supervisor de planta Directivos	Mineral cosechado	Desorción	Mineral fundido	Cliente

Nota. Elaboración propia

El principal objetivo del procesamiento de oro en la planta es obtener el mayor rendimiento posible para cumplir con lo programado; sin embargo, no se está cumpliendo, por lo que se procedió a identificar los problemas existentes en cada etapa en la Tabla 4:

Tabla 4

Análisis de las etapas del proceso de planta y sus problemas

Proceso	Problema	Descripción
Pesaje	Estacionamiento inadecuado de los camiones en el área.	Se cuenta con una sola balanza en el área; por lo que en hora punta, se forma una cola larga de varios camiones que sobrepasa la superficie de otra área (cancha de mineral); ya que no se tiene una zona de estacionamiento para los camiones que esperan su turno.
Chancado	Demora en la descarga del mineral a la chancadora, debido a que requiere de la presencia del inspector de planta.	El inspector cuenta con un registro de cada descarga, a la cual se le asigna un número de lote. La demora se da cuando el inspector debe ir directamente a la zona a indicar cuáles son los lotes que deben ingresar a la chancadora y muchas veces, el inspector no se encuentra cerca de la zona, generando una espera al operario 1.
Blending	Demora en la toma de muestra para el laboratorio por parte del inspector de planta.	La demora se genera por que el inspector debe ir directamente a la zona para la toma de muestra y muchas veces, no se encuentra cerca, generando que el operario 2 tenga que esperar para seguir con sus actividades.
Molienda	Paradas por mantenimiento correctivo al molino.	Estas paradas en la máquina se generan por la falta de operaciones de mantenimiento como lubricación, configuración adecuada de máquina, entre otros.
Agitación	Desorden en la zona	Se evidencia la presencia de residuos de carbón y otras partículas alrededor de las celdas de flotación, además del polvo que ingresa normalmente.
Cosecha	Demora en la cosecha por esperar la aprobación del supervisor de planta	La demora se genera por que el supervisor de planta se encuentra en su oficina, por lo que el operario 5 debe esperar a que llegue a la zona para aprobar y presenciar la cosecha del mineral.
Desorción	Demora en la fundición de oro por esperar la aprobación de los directivos.	Para la fundición, el operario 6 debe esperar a que el supervisor de planta contacte a los directivos en la sede de Lima para que puedan aprobar y presenciar el proceso, situación que obliga a retrasar la fundición, porque el contacto y reunión de todos los directivos no se hace de manera rápida.

Nota. Elaboración propia

5.3. Identificación y determinación de los problemas críticos

De acuerdo a lo analizado anteriormente en la Tabla 4, los problemas que ocasionan el bajo rendimiento se resumen en la Figura 16, con la finalidad de priorizarlos mediante la Matriz FACTIS.

Figura 16

Identificación de los problemas

Nota. Elaboración propia

Para la realización de la matriz FACTIS en la Figura 17, se tuvo en cuenta los criterios de selección y la puntuación brindada por Briones (2021); mientras que el factor de ponderación se determinó según el análisis jerárquico de Thomas Saaty plasmado en el Anexo 2.

Figura 17

Matriz FACTIS

Criterios de selección				Factor de ponderación
F	Facilidad para solucionarlo			2
	1: Muy difícil	2: Difícil	3: Fácil	
A	Afecta a otras áreas su implementación			1
	1: Sí	2: Algo	3: Nada	
C	Mejora la calidad			4
	1: Poco	2: Medio	3: Mucho	
T	Tiempo que implica solucionarlo			1
	1: Largo plazo	2: Mediano plazo	3: Corto plazo	
I	Requiere inversión			2
	1: Alta	2: Media	3: Poca	
S	Mejora la seguridad industrial			1
	1: Poco	2: Medio	3: Mucho	

Nota. Adaptado de "Marco teórico y estudios de caso para la mejora en la optimización de la red de agencias de una empresa bancaria en Lima Metropolitana" por Briones (2021)

Posteriormente, se realizó la priorización de los problemas en la Tabla 4, donde se multiplicó el puntaje otorgado por el supervisor de planta con el factor de ponderación correspondiente a cada criterio de la matriz FACTIS (Tabla 17), para obtener el ponderado individual por criterio y luego, sumarlos para obtener el ponderado total y

determinar la prioridad.

Tabla 5

Priorización de problemas

Problemas	F		A		C		T		I		S		Ponderado total	Prioridad
	Punt.	**Pond.**	Punt.	**Pond.**	Punt.	**Pond.**	Punt.	**Pond.**	Punt.	**Pond.**	Punt.	**Pond.**		
Estacionamiento inadecuado de los camiones en el área de pesado	3	**6**	2	**2**	1	**4**	3	**3**	3	**6**	1	**1**	**22**	**4**
Demora en las actividades del proceso	2	**4**	2	**2**	3	**12**	3	**3**	2	**4**	2	**2**	**27**	**1**
Desorden en el área de agitación	3	**6**	2	**2**	1	**4**	3	**3**	3	**6**	2	**2**	**23**	**3**
Paradas del molino por mantenimiento correctivo	2	**4**	2	**2**	2	**8**	3	**3**	3	**6**	2	**2**	**25**	**2**

Nota. El puntaje se obtuvo en base a la sumatoria de la multiplicación de la calificación y factor de ponderación de cada criterio de selección.

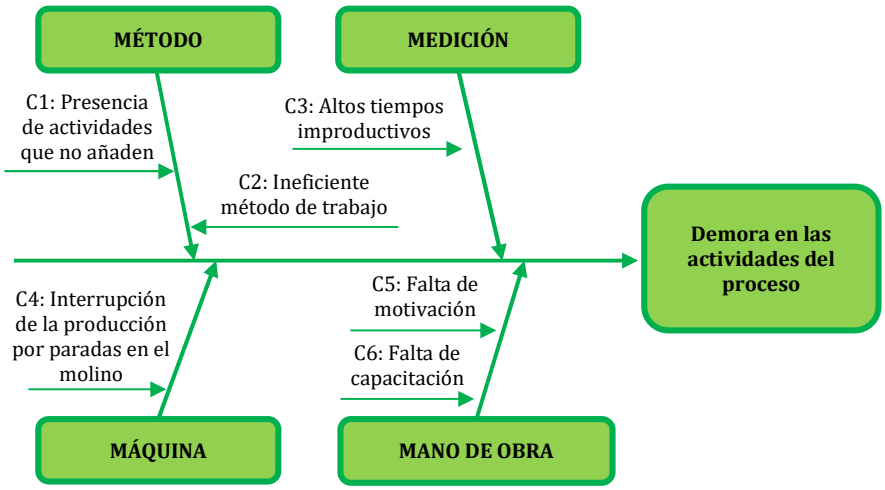
De acuerdo con la Tabla 5, el problema a priorizar para su solución fue la demora en las actividades del proceso; puesto que mejoraría la calidad del proceso en un corto plazo de tiempo, a pesar de requerir una inversión media.

5.4. Análisis de las causas raíz

Se procedió a identificar las causas para el análisis del problema "demora en las actividades del proceso", a través de un Diagrama de Ishikawa en la Figura 18.

Figura 18

Diagrama de Ishikawa



Nota. Elaboración propia

Posterior a la identificación de las causas, se procedió a determinar la frecuencia e impacto de cada una de ellas con la finalidad de obtener un puntaje de ponderación que pueda servir como método cuantitativo para su priorización. En ese sentido, se elaboró una Matriz de Frecuencia – Impacto en la Tabla 8, utilizando como referencias las Tabla 6 y Tabla 7, obtenidas de Jiménez (2021), quien valora tanto la frecuencia como el impacto en un intervalo de 1 a 5.

Tabla 6

Valor frecuencia del suceso

Puntaje	Valor de frecuencia
1	Improbable
2	Posible
3	Ocasional
4	Probable
5	Frecuente

Nota. Tomado de "Frecuencia e impacto en la matriz de riesgos" por Jiménez (2021)

Tabla 7

Valor impacto del suceso

Puntaje	Valor de impacto
1	Insignificante
2	Menor
3	Moderado
4	Mayor
5	Catastrófico

Nota. Tomado de "Frecuencia e impacto en la matriz de riesgos" por Jiménez (2021)

El puntaje para evaluar el impacto y frecuencia de la causa en la Matriz de Frecuencia – Impacto en la Tabla 8, la otorgó el supervisor de planta; puesto que él tiene un panorama mucho más amplio y detallado del problema evaluado. Cabe mencionar que el ponderado se calculó en base a la multiplicación del puntaje del impacto y de la frecuencia.

Tabla 8

Matriz de Frecuencia - Impacto

N°	Causas	Impacto	Frecuencia	Ponderado
C1	Presencia de actividades que no añaden valor	4	5	20
C2	Ineficiente método de trabajo	5	4	20
C3	Altos tiempos improductivos	5	5	25
C4	Interrupción de la producción por paradas en el molino	4	3	12
C5	Falta de motivación	3	2	6
C6	Falta de capacitación	4	2	8

Nota. El ponderado se obtuvo en base a la multiplicación del impacto y la frecuencia.

Luego, se utilizó el puntaje de ponderación de la Tabla 8 para priorizar las causas a través del principio de Pareto en la Tabla 9, la cual es representada en un Diagrama de Pareto en la Figura 19.

Tabla 9

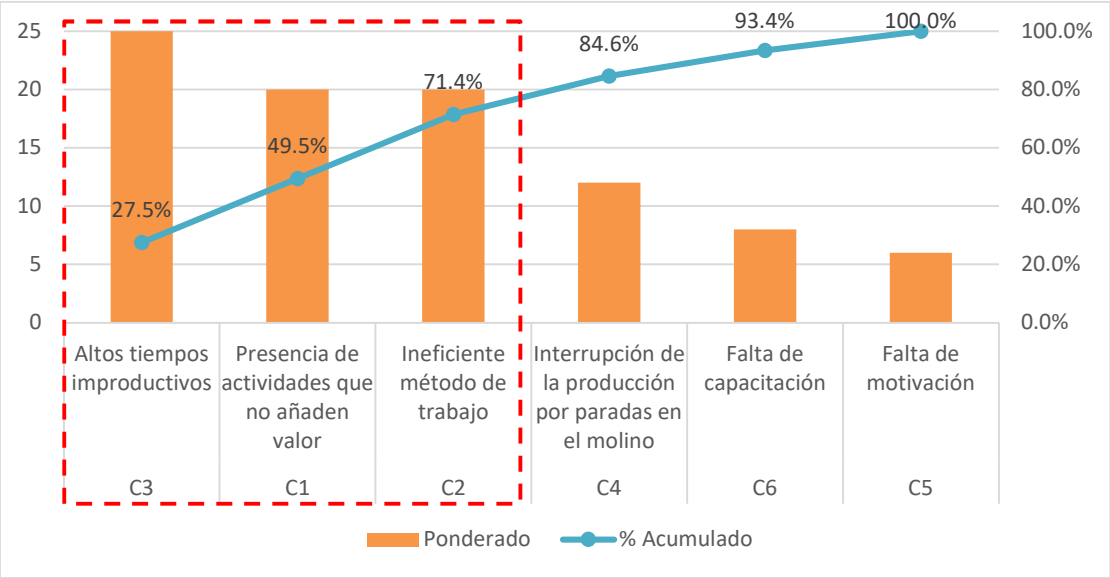
Matriz de priorización

N°	Causas	Ponderado	%	% Acumulado	Pareto
C3	Altos tiempos improductivos	25	27.5%	27.5%	20%
C1	Presencia de actividades que no añaden valor	20	22.0%	49.5%	
C2	Ineficiente método de trabajo	20	22.0%	71.4%	
C4	Interrupción de la producción por paradas en el molino	12	13.2%	84.6%	80%
C6	Falta de capacitación	8	8.8%	93.4%	
C5	Falta de motivación	6	6.6%	100.0%	
	Total	91	100.0%		

Nota. Elaboración propia

Figura 19

Diagrama de Pareto



Nota. Elaboración propia

Una vez identificadas las causas principales, se procedió a aplicar la metodología de los 5 porqués en la Figura 20, para identificar las causas raíz del problema y brindar una solución adecuada.

Figura 20

Metodología 5 porqués

Nota. Elaboración propia

5.5. Selección de la alternativa de solución

Posterior al análisis de causas, se propone contramedidas para su mitigación en la Tabla 10:

Tabla 10

Lista de contramedidas

N°	Causa raíz	Contramedidas
1	Falta de estandarización del proceso	Aplicar las herramientas de Lean Manufacturing para la estandarización del proceso.
2	Falta de evaluación de los tiempos y movimientos de las actividades del proceso	Ejecutar un estudio de tiempos y movimientos para mejorar el método de trabajo.
3	Ausencia de una metodología adecuada que evalúe las actividades del proceso	Aplicar la metodología DMAIC para mejorar la evaluación del método de trabajo.

Nota. Elaboración propia

Se procedió a evaluar cada una de las contramedidas para la selección de la adecuada, teniendo en cuenta ciertos criterios de selección y escala de puntuación obtenidos de Nantes (2019) y el factor de ponderación determinado según el análisis jerárquico de Thomas Saaty en el Anexo 3, cuyo resumen se observa en la Tabla 11. Además, se utilizó la puntación de la Tabla 12 obtenida de Washington (2022).

Tabla 11

Criterios de selección de alternativa

Criterios	Factor de ponderación
Impacto	2
Facilidad de implementación	3
Nivel de urgencia	4

Nota. Elaboración propia

Tabla 12

Puntaje de los criterios de selección de alternativa

Puntaje	Valor
1	Bajo
2	Medio
3	Alto

Nota. Tomado de "PPM 101: Cómo utilizar eficazmente la matriz de prioridades" por Washington (2022)

Finalmente, en la Tabla 13 se muestra la evaluación de las contramedidas, donde por medio de la multiplicación del factor de ponderación de la Tabla 11 y el puntaje dado por el Supervisor de planta, guiado de la Tabla 12, se obtuvo el total.

En consecuencia, debido a que causa un mayor impacto en la solución, es fácil de implementar y se requiere de manera urgente para mitigar las causas raíz del problema, la contramedida seleccionada fue el estudio de tiempos y movimientos.

Tabla 13

Matriz de selección de la contramedida

Contramedidas	Impacto	Facilidad de implementación	Nivel de urgencia	Total
	2	3	4	
Aplicar la metodología DMAIC para mejorar la evaluación del método de trabajo.	1	2	2	16
Ejecutar un estudio de tiempos y movimientos para mejorar el método de trabajo.	3	2	3	**24**
Aplicar las herramientas de Lean Manufacturing para la estandarización del proceso.	2	2	2	18

Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO VI: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

Este capítulo presenta el procedimiento de ejecución de la contramedida seleccionada para la mitigación de las causas raíz del problema identificado con la finalidad de incrementar el rendimiento.

6.1. Diseño del Estudio de Tiempos y Movimientos

Primero, en la Tabla 14 se estableció un equipo de trabajo que pueda ejecutar, supervisar y controlar el estudio de tiempos y movimientos en el proceso de obtención de oro en la planta.

Tabla 14

Equipo de trabajo

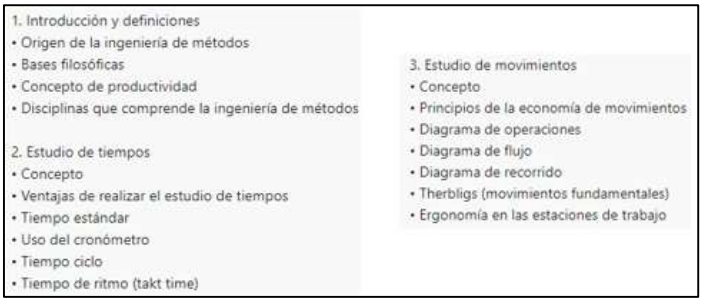
Cargo	Responsable	Función
Líder	Jefe de Planta	Diseñar y supervisar las actividades del estudio de tiempos y movimientos.
Ejecutor	Supervisor de Planta	Ejecutar y monitorear el cumplimiento de las actividades del estudio de tiempos y movimientos.
Apoyo	Inspector	Apoyar con la ejecución de las actividades del estudio de tiempos y movimientos.

Nota. Elaboración propia

Posteriormente, se capacitó al equipo de trabajo sobre la contramedida "estudio de tiempos y movimientos" a través de un curso externo de 13 horas brindado por Ex Scentia Veritas EIRL con un costo de S/ 500.00, tal como se observa en la Figura 21.

Figura 21

Temario de la capacitación externa de la contramedida


1. Introducción y definiciones
• Origen de la ingeniería de métodos
• Bases filosóficas
• Concepto de productividad
• Disciplinas que comprende la ingeniería de métodos

2. Estudio de tiempos
• Concepto
• Ventajas de realizar el estudio de tiempos
• Tiempo estándar
• Uso del cronómetro
• Tiempo ciclo
• Tiempo de ritmo (takt time)

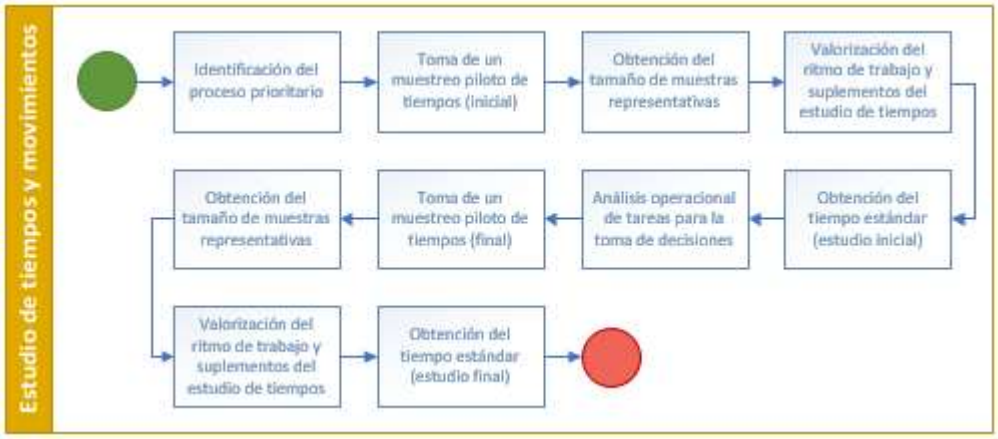
3. Estudio de movimientos
• Concepto
• Principios de la economía de movimientos
• Diagrama de operaciones
• Diagrama de flujo
• Diagrama de recorrido
• Therbligs (movimientos fundamentales)
• Ergonomía en las estaciones de trabajo

Nota. Tomado de "83C10 – Curso estudios de tiempos y movimientos" por Ex Scientia Veritas (2023)

Finalmente, se definieron las actividades para el desarrollo del estudio de tiempos y movimientos en la Figura 22 y se definieron las fechas de implementación en un Diagrama de Gantt en la Figura 23.

Figura 22

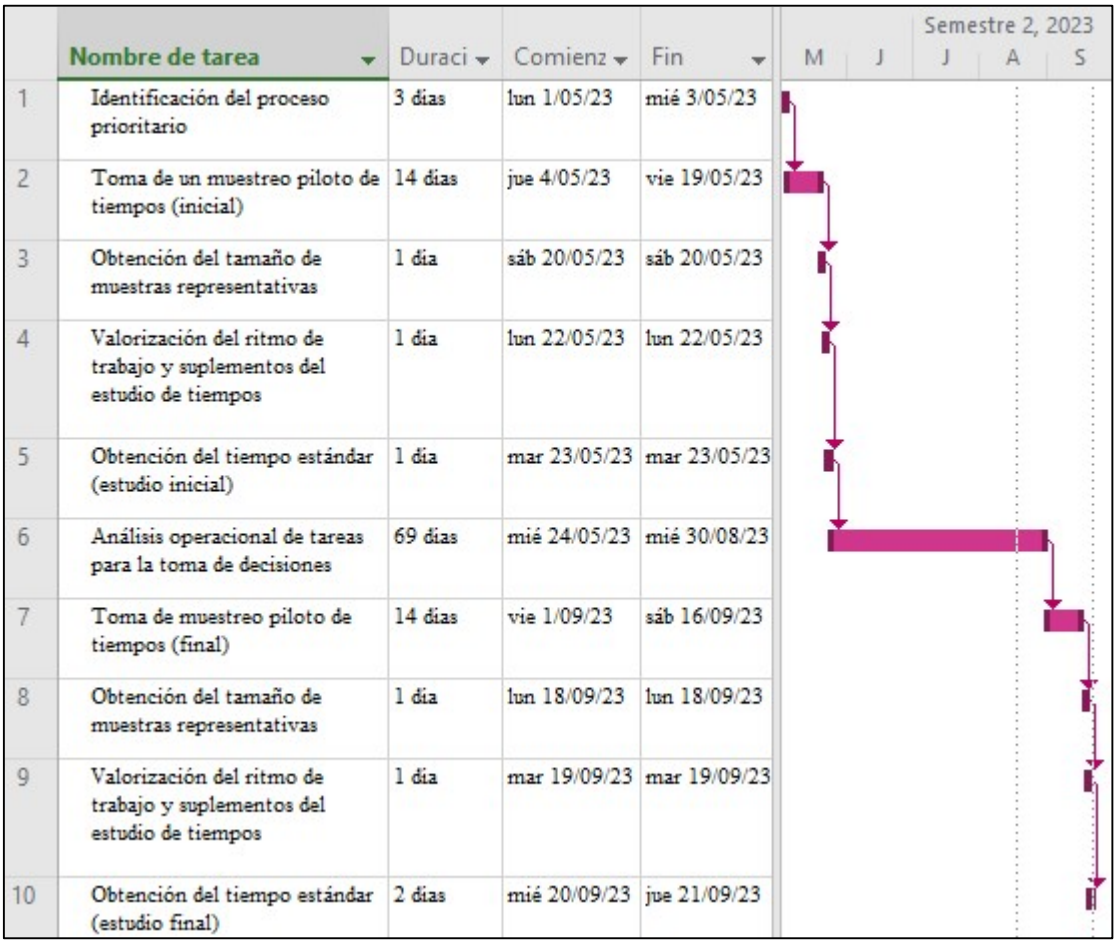
Flujograma de desarrollo de la contramedida



Nota. Adaptado de "Análisis de tiempos en el envasado de leche condensada en una industria láctea ecuatoriana" por Abarca y Ramos, *(2022)*, *Ingeniería Industrial, 53*(4).

Figura 23

Diagrama de Gantt



	Nombre de tarea	Duraci	Comienz	Fin
1	Identificación del proceso prioritario	3 días	lun 1/05/23	mié 3/05/23
2	Toma de un muestreo piloto de tiempos (inicial)	14 días	jue 4/05/23	vie 19/05/23
3	Obtención del tamaño de muestras representativas	1 día	sáb 20/05/23	sáb 20/05/23
4	Valorización del ritmo de trabajo y suplementos del estudio de tiempos	1 día	lun 22/05/23	lun 22/05/23
5	Obtención del tiempo estándar (estudio inicial)	1 día	mar 23/05/23	mar 23/05/23
6	Análisis operacional de tareas para la toma de decisiones	69 días	mié 24/05/23	mié 30/08/23
7	Toma de muestreo piloto de tiempos (final)	14 días	vie 1/09/23	sáb 16/09/23
8	Obtención del tamaño de muestras representativas	1 día	lun 18/09/23	lun 18/09/23
9	Valorización del ritmo de trabajo y suplementos del estudio de tiempos	1 día	mar 19/09/23	mar 19/09/23
10	Obtención del tiempo estándar (estudio final)	2 días	mié 20/09/23	jue 21/09/23

Nota. Elaboración propia

6.2. Ejecución del Estudio de Tiempos y Movimientos

De acuerdo a lo estipulado en la Figura 23, se dio inicio la ejecución del estudio:

6.2.1. Identificación del proceso prioritario

Se identificó que el proceso prioritario a analizar es el de obtención de oro en la planta de beneficio mineral; puesto que es el que presenta una brecha respecto al rendimiento en comparación con otras empresas mineras del sector. En ese sentido, se procedió a desglosar las actividades de cada una de las 7 etapas que conforman el proceso, tal como se observa en la Tabla 15:

Tabla 15

Desglose de las actividades del proceso de obtención de oro

Etapas	Actividades
Pesaje	Traslado de camiones a garita de control Traslado de camiones a la zona de pesaje Pesaje de camiones
Chancado	Traslado de camiones a la cancha correspondiente Espera de inspector de planta para la descarga Descarga del mineral aurífero molido sin procesar Espera de cargador frontal para alimentación al chute de la chancadora Traslado de mineral chancado a cancha de finos
Blending	Identificación de lotes Espera de inspector de planta para la toma de muestra Toma de muestra de laboratorio según lote Almacenamiento de mineral Espera de cargador frontal para blending Blending de mineral seleccionado
Molienda	Alimentación de mineral a chute de molinos Molienda de mineral
Agitación	Agitación del mineral
Cosecha	Espera de inspector de planta para cosecha de mineral Cosecha de mineral Toma de muestra de oro y relave para laboratorio
Desorción	Desorción Espera de directivos para la fundición Fundición del oro Toma de muestra del oro

Nota. Elaboración propia

6.2.2. Toma de un muestreo piloto de tiempos

Se procedió a medir el tiempo de cada una de las actividades por un periodo de 14 días, obteniendo 14 observaciones previas realizadas durante el mes de mayo, con la finalidad de determinar el tiempo promedio de las actividades, tal cual la Tabla 16.

Tabla 16

Toma de tiempos inicial (minutos)

Guía de observación de tiempos															
Planta de beneficio mineral		Área: Producción								Proceso: Obtención de Oro					
Elaborado por: Sharon Riquelme Alvaro y Sheila Cuadros Pari										Unidad: Minutos					
N°	**Actividades**	**N° de observaciones (minutos)**													
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
1	Traslado de camiones a garita de control	10.3	10.0	9.8	11.0	10.5	10.0	9.8	10.4	11.0	11.3	10.9	9.6	9.0	8.3
2	Traslado de camiones a la zona de pesaje	5.8	4.3	4.0	4.6	5.0	5.1	4.8	5.0	5.6	5.2	4.9	4.8	5.0	5.1
3	Pesaje de camiones	11.8	9.6	12.3	9.9	9.4	10.5	8.7	9.8	11.0	11.3	9.9	11.6	11.0	11.0
4	Traslado de camiones a la cancha correspondiente	5.3	4.8	4.5	4.7	4.2	4.8	5.4	6.1	5.1	4.7	5.0	5.6	5.1	4.6
5	Espera de inspector de planta para la descarga	11.2	10.5	10.3	11.0	10.8	11.3	11.0	9.7	10.5	11.3	10.4	11.9	9.6	12.3
6	Descarga del mineral aurífero molido sin procesar	56.5	52.4	66.1	63.4	50.8	61.2	60.8	68.4	53.9	53.5	61.0	65.5	52.8	56.7
7	Espera de cargador frontal para alimentación al chute de la chancadora	10.5	9.2	9.1	9.0	9.8	10.3	9.2	9.5	9.6	10.3	11.2	11.0	10.4	9.5
8	Traslado de mineral chancado a cancha de finos	20.5	18.3	18.6	21.0	18.4	21.3	22.5	18.7	21.6	20.9	21.1	18.7	18.9	19.4
9	Identificación de lotes	11.5	9.8	11.3	9.8	9.5	10.3	9.1	10.5	9.6	11.4	10.5	10.3	10.7	10.3
10	Espera de inspector de planta para la toma de muestra	20.5	21.3	19.8	21.6	20.4	20.1	19.7	20.6	20.5	20.4	21.3	21.9	19.2	19.5
11	Toma de muestra de laboratorio según lote	10.2	10.5	9.8	10.3	9.5	10.1	10.6	10.3	9.5	10.4	9.7	10.6	10.4	9.6
12	Almacenamiento de mineral	702.6	736.5	782.7	700.5	765.9	767.4	723.3	706.8	728.4	751.4	729.8	753.1	746.5	723.6
13	Espera de cargador frontal para blending	20.4	19.6	20.5	18.6	18.4	20.3	18.4	18.7	20.6	20.8	19.9	19.5	19.5	20.4
14	Blending de mineral seleccionado	30.6	29.4	30.5	30.2	29.4	31.1	29.4	29.6	29.3	30.0	29.7	31.4	29.3	31.4
15	Alimentación de mineral a chute de molinos	31.7	31.6	31.4	31.8	31.0	29.7	31.5	28.5	31.7	30.9	31.4	30.7	29.6	30.3
16	Molienda de mineral	30.8	29.4	31.6	31.3	29.4	31.6	31.7	31.5	29.3	29.4	30.4	32.9	32.1	29.2

17	Agitación del mineral	1460.8	1430.5	1498.3	1527.8	1512.4	1373.6	1416.5	1491.7	1392.1	1458.3	1469.0	1402.8	1487.4	1405.6
18	Espera de inspector de planta para cosecha de mineral	22.6	21.4	21.8	20.9	19.8	22.4	23.1	20.8	22.6	22.7	23.1	20.8	20.2	21.3
19	Cosecha de mineral	131.8	137.6	149.5	144.5	138.7	125.6	126.7	145.5	127.2	139.1	123.6	130.8	133.9	142.1
20	Toma de muestra de oro y relave para laboratorio	13.8	16.1	13.6	17.5	16.9	14.3	13.8	17.6	14.7	13.6	14.5	16.1	16.6	15.9
21	Desorción	4395.5	4285.9	4372.4	4363.5	4293.7	4479.6	4498.9	4323.1	4236.5	4228.0	4397.6	4368.7	4223.6	4267.8
22	Espera de directivos para la fundición	145.5	121.8	147.3	125.6	161.8	148.1	167.4	129.4	132.7	148.3	138.9	157.1	127.6	141.5
23	Fundición del oro	477.6	504.8	492.6	501.7	493.6	446.7	442.6	434.1	507.6	451.3	487.6	467.2	511.8	491.9
24	Toma de muestra del oro	10.0	8.6	10.1	8.9	10.6	9.8	9.9	8.6	10.7	11.2	10.8	10.5	11.0	11.1

Nota. Elaboración propia

6.2.3. Obtención del tamaño de muestras representativas

Posterior a la toma de tiempos, se determinó si el número de observaciones previas (n´=14 observaciones) eran suficientes, por lo cual se tuvo que aplicar la fórmula de muestreo siguiente, obtenida por Lira y Romero (2022):

$$n = \left(\frac{40 \times \sqrt{n' \times \sum(x)^2 - \sum x^2}}{\sum x}\right)^2 \qquad (3)$$

En caso de que el cálculo de la muestra indique un número mayor a 14, se debe complementar las observaciones con una nueva toma de tiempos; caso contrario, se debe utilizar la data ya obtenida. Para esta situación en específica, no fue necesaria una nueva toma de tiempos, ya que las muestras se mantuvieron dentro de las 14 observaciones, tal cual se observa en la Tabla 17.

Tabla 17

Muestreo inicial de tiempos observados

N°	Actividades	$\sum x$	$\sum(x)^2$	# Muestras
1	Traslado de camiones a garita de control	141.9	1447.13	10
2	Traslado de camiones a la zona de pesaje	69.2	344.80	13
3	Pesaje de camiones	147.8	1574.30	14
4	Traslado de camiones a la cancha correspondiente	69.9	352.15	14
5	Espera de inspector de planta para la descarga	151.8	1653.36	7
6	Descarga del mineral aurífero molido sin procesar	823.0	48809.50	14
7	Espera de cargador frontal para alimentación al chute de la chancadora	138.6	1378.82	8
8	Traslado de mineral chancado a cancha de finos	279.9	5622.13	7
9	Identificación de lotes	144.6	1500.46	7
10	Espera de inspector de planta para la toma de muestra	286.8	5883.76	2
11	Toma de muestra de laboratorio según lote	141.5	1432.31	2
12	Almacenamiento de mineral	10318.5	7613428.63	2
13	Espera de cargador frontal para blending	275.6	5435.10	3
14	Blending de mineral seleccionado	421.3	12686.09	1
15	Alimentación de mineral a chute de molinos	431.8	13330.64	2
16	Molienda de mineral	430.6	13263.78	2
17	Agitación del mineral	20326.8	29543574.74	2
18	Espera de inspector de planta para cosecha de mineral	303.5	6594.85	4
19	Cosecha de mineral	1896.6	257807.56	5
20	Toma de muestra de oro y relave para laboratorio	215.0	3330.04	14
21	Desorción	60734.8	263580599.24	1
22	Espera de directivos para la fundición	1993.0	286237.92	14
23	Fundición del oro	6711.1	3226065.77	4
24	Toma de muestra del oro	141.8	1446.58	12

Nota. Elaboración propia

En ese sentido, se tomó los tiempos de la toma inicial (Tabla 16), de acuerdo al número de muestras representativas (Tabla 17), los cuales sirvieron para determinar el tiempo promedio de cada actividad en la Tabla 18.

Tabla 18

Tiempo promedio de las actividades (minutos)

N°	Actividades	N° de observaciones (minutos)														Promedio (min)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Traslado de camiones a garita de control	10.3	10.0	9.8	11.0	10.5	10.0	9.8	10.4	11.0	11.3					10.4
2	Traslado de camiones a la zona de pesaje	5.8	4.3	4.0	4.6	5.0	5.1	4.8	5.0	5.6	5.2	4.9	4.8	5.0		4.9
3	Pesaje de camiones	11.8	9.6	12.3	9.9	9.4	10.5	8.7	9.8	11.0	11.3	9.9	11.6	11.0	11.0	10.6
4	Traslado de camiones a la cancha correspondiente	5.3	4.8	4.5	4.7	4.2	4.8	5.4	6.1	5.1	4.7	5.0	5.6	5.1	4.6	5.0
5	Espera de inspector de planta para la descarga	11.2	10.5	10.3	11.0	10.8	11.3	11.0								10.9
6	Descarga del mineral aurífero molido sin procesar	56.5	52.4	66.1	63.4	50.8	61.2	60.8	68.4	53.9	53.5	61.0	65.5	52.8	56.7	58.8
7	Espera de cargador frontal para alimentación al chute de la chancadora	10.5	9.2	9.1	9.0	9.8	10.3	9.2	9.5							9.6
8	Traslado de mineral chancado a cancha de finos	20.5	18.3	18.6	21.0	18.4	21.3	22.5								20.1
9	Identificación de lotes	11.5	9.8	11.3	9.8	9.5	10.3	9.1								10.2
10	Espera de inspector de planta para la toma de muestra	20.5	21.3													20.9
11	Toma de muestra de laboratorio según lote	10.2	10.5													10.4
12	Almacenamiento de mineral	702.6	736.5													719.6
13	Espera de cargador frontal para blending	20.4	19.6	20.5												20.2
14	Blending de mineral seleccionado	30.6														30.6
15	Alimentación de mineral a chute de molinos	31.7	31.6													31.7
16	Molienda de mineral	30.8	29.4													30.1
17	Agitación del mineral	1460.8	1430.5													1445.7
18	Espera de inspector de planta para cosecha de mineral	22.6	21.4	21.8	20.9											21.7
19	Cosecha de mineral	131.8	137.6	149.5	144.5	138.7										140.4
20	Toma de muestra de oro y relave para laboratorio	13.8	16.1	13.6	17.5	16.9	14.3	13.8	17.6	14.7	13.6	14.5	16.1	16.6	15.9	15.4
21	Desorción	4395.5														4395.5
22	Espera de directivos para la fundición	145.5	121.8	147.3	125.6	161.8	148.1	167.4	129.4	132.7	148.3	138.9	157.1	127.6	141.5	142.4
23	Fundición del oro	477.6	504.8	492.6	501.7	493.6										494.2
24	Toma de muestra del oro	10.0	8.6	10.1	8.9	10.6	9.8	9.9	8.6	10.7	11.2	10.8	10.5			10.0

Nota. Elaboración propia

6.2.4. Valorización del ritmo de trabajo y suplementos del estudio de tiempos

La valorización del ritmo de trabajo tomó en cuenta la Figura 1, la cual brinda una puntuación de acuerdo a la habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia del trabajador por cada actividad del proceso. La puntuación dada en cada categoría para cada actividad se muestra en la Tabla 20.

El suplemento de trabajo otorgado se calculó tomando en cuenta la Figura 2, la cual brinda el porcentaje de holgura de acuerdo ciertos criterios; de esta manera, se determinó el suplemento del estudio de tiempos en la Tabla 19.

Tabla 19

Determinación del suplemento

SUPLEMENTOS PARA OPERACIONES			
Suplementos Constantes			
Por necesidades Personales	5%		
Por fatiga	4%		
Suplementos Variables			
Por trabajo de pie	2%	Ruido	2%
Por postura anormal	2%	Tensión mental	1%
Uso de fuerza	3%	Monotonía mental	1%
Tensión visual	2%	Monotonía física	2%
Total	**24%**		
SUPLEMENTOS PARA TRASLADOS			
Suplementos Constantes			
Por necesidades Personales	5%		
Por fatiga	4%		
Suplementos Variables			
Por postura anormal	2%	Tensión mental	1%
Tensión visual	2%	Monotonía mental	1%
Ruido	2%	Monotonía física	2%
Total	**19%**		
SUPLEMENTOS PARA ESPERAS			
Suplementos Constantes			
Por necesidades Personales	5%		
Por fatiga	4%		
Suplementos Variables			
Por trabajo de pie	2%	Monotonía mental	1%
Ruido	2%	Monotonía física	2%
Tensión mental	1%		
Total	**17%**		

Nota. Elaboración propia

6.2.5. Obtención del tiempo estándar (estudio inicial)

Primero, se determinó el tiempo normal utilizando la fórmula 1 y luego, se utilizó la fórmula 2 para la determinación del tiempo estándar del proceso, tal cual se muestra en la Tabla 20, el cual es equivalente a 9718.8 min.

Tabla 20

Tiempo estándar inicial (minutos)

N°	Actividades	Tiempo promedio (minutos)	Valoración				Total Valoración	Tiempo Normal (minutos)	Suplemento	Tiempo Estándar (minutos)
			H	E	CD	CS				
1	Traslado de camiones a garita de control	10.4	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	10.7	0.19	12.8
2	Traslado de camiones a la zona de pesaje	4.9	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	5.1	0.19	6.0
3	Pesaje de camiones	10.6	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	10.9	0.24	13.5
4	Traslado de camiones a la cancha correspondiente	5.0	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	5.1	0.19	6.1
5	Espera de inspector de planta para la descarga	10.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.9	0.17	12.7
6	Descarga del mineral aurífero molido sin procesar	58.8	0.06	0.02	0.00	0.00	0.08	63.5	0.24	78.7
7	Espera de cargador frontal para alimentación al chute de la chancadora	9.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.6	0.17	11.2
8	Traslado de mineral chancado a cancha de finos	20.1	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	20.7	0.19	24.6
9	Identificación de lotes	10.2	0.03	0.02	0.02	0.00	0.07	10.9	0.24	13.5
10	Espera de inspector de planta para la toma de muestra	20.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.9	0.17	24.5
11	Toma de muestra de laboratorio según lote	10.4	0.06	0.00	0.02	0.00	0.08	11.2	0.24	13.9
12	Almacenamiento de mineral	719.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	719.6	0.17	841.9
13	Espera de cargador frontal para blending	20.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.2	0.17	23.6
14	Blending de mineral seleccionado	30.6	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	31.5	0.24	39.1
15	Alimentación de mineral a chute de molinos	31.7	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	32.6	0.24	40.4
16	Molienda de mineral	30.1	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	31.0	0.24	38.4
17	Agitación del mineral	1445.7	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	1489.0	0.24	1846.4
18	Espera de inspector de planta para cosecha de mineral	21.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.7	0.17	25.4
19	Cosecha de mineral	140.4	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	143.2	0.24	177.6
20	Toma de muestra de oro y relave para laboratorio	15.4	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	15.8	0.24	19.6
21	Desorción	4395.5	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	4527.4	0.24	5613.9
22	Espera de directivos para la fundición	142.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	142.4	0.17	166.6
23	Fundición del oro	494.2	0.03	0.02	0.02	0.00	0.07	528.8	0.24	655.7
24	Toma de muestra del oro	10.0	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	10.3	0.24	12.7
		Total								9718.8

Nota. Elaboración propia

En ese sentido, se procedió a plasmar lo identificado en un diagrama de análisis de procesos en la Figura 24.

Figura 24

Diagrama de Análisis del Proceso de obtención de oro (DAP inicial)

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO (DAP)									Elaborado por: Sharon y Sheila
PROCESO: Beneficio del mineral oro									
Método:	Actual	x	Propuesto		Fecha:		30/05/2023		
N°	Etapa	Actividades			Operación	Inspección	Transporte	Demora	Tiempo (minutos)
1	Pesaje	Traslado de camiones a garita de control					●		12.8
2		Traslado de camiones a la zona de pesaje					●		6.0
3		Pesaje de camiones			●				13.5
4	Chancado	Traslado de camiones a la cancha correspondiente					●		6.1
5		Espera de inspector de planta para la descarga						●	12.7
6		Descarga del mineral aurífero molido sin procesar			●				78.7
7		Espera de cargador frontal para alimentación al chute de la chancadora						●	11.2
8		Traslado de mineral chancado a cancha de finos					●		24.6
9	Blending	Identificación de lotes			●				13.5
10		Espera de inspector de planta para la toma de muestra						●	24.5
11		Toma de muestra de laboratorio según lote			●				13.9
12		Almacenamiento de mineral						●	841.9
13		Espera de cargador frontal para blending						●	23.6
14		Blending de mineral seleccionado			●				39.1
15	Molienda	Alimentación de mineral a chute de molinos			●				40.4
16		Molienda de mineral			●				38.4
17	Agitación	Agitación del mineral			●				1846.4
18	Cosecha	Espera de inspector de planta para cosecha de mineral						●	25.4
19		Cosecha de mineral			●				177.6
20		Toma de muestra de oro y relave para laboratorio			●				19.6
21	Desorción	Desorción			●				5613.9
22		Espera de directivos para la fundición						●	166.6
23		Fundición del oro			●				655.7
24		Toma de muestra del oro			●				12.7
Total					**13**	**0**	**4**	**7**	**9718.8**

Nota. Elaboración propia

De acuerdo a la Figura 24, se pudo determinar el porcentaje de actividades productivas del proceso utilizando la fórmula 4, el cual resultó en un 54.2%, teniendo en cuenta las actividades de operación e inspección.

$$Actividades\ productivas = \frac{Actividades\ que\ añaden\ valor}{Total\ de\ actividades} \times 100 \quad (4)$$

$$Actividades\ productivas = \frac{13}{24} \times 100$$

$$Actividades\ productivas = 54.2\%$$

Mientras que, el porcentaje de tiempo productivo se determinó utilizando la fórmula 5, teniendo en cuenta los tiempos de las actividades de operación e inspección; donde resultó con un valor de 88.1%.

$$Tiempos\ productivos = \frac{Tiempo\ de\ actividades\ que\ añaden\ valor}{Tiempo\ total\ de\ actividades} \times 100 \quad (5)$$

$$Tiempos\ productivos = \frac{\sum tiempo\ operación, inspección}{\sum tiempo\ operación, inspección, traslado, esperas} \times 100$$

$$Tiempos\ productivos = \frac{8563.4\ min}{9718.8\ min} \times 100$$

$$Tiempos\ productivos = 88.1\%$$

6.2.6. Análisis operacional de tareas para la toma de decisiones

Para el análisis operacional se evaluó cada una de las actividades improductivas que ocasiona la demora del proceso, identificando la posibilidad de mejorarla de alguna manera; para ello se utilizó el formato de la Figura 25, donde se obtuvo que acciones a realizar son la instalación de un sistema de videovigilancia, la compra de radio intercomunicador y la mejora de la distribución de las canchas de almacenamiento de mineral grueso y fino

Figura 25

Análisis operacional del proceso

ANÁLISIS OPERACIONAL							
Fecha	24/05/2023	**Área**	Producción		**Producto**	Oro	
Proceso			Beneficio mineral				
Toma de decisiones (Marcar con una X)							
Etapa	**N°**	**Actividades improductivas que conforman el proceso**	**¿Se puede eliminar?**	**¿Puede realizarse en el periodo ocioso de otra?**	**¿Puede sustituirse?**	**¿Puede mejorarse?**	**Observaciones**
Pesaje	1	Traslado de camiones a garita de control					
	2	Traslado de camiones a la zona de pesaje					
Chancado	4	Traslado de camiones a la cancha correspondiente				X	Se pretende reducir el traslado con una buena distribución de la cancha de mineral
	5	Espera de inspector de planta para la descarga	X	X			En lugar de esperar, se pretende avisar al inspector sobre la descarga a través de una radio intercomunicador, mientras se realiza la actividad anterior.
	7	Espera de cargador frontal para alimentación al chute de la chancadora				X	Se pretende reducir la espera con una buena distribución de la cancha de mineral
	8	Traslado de mineral chancado a cancha de finos				X	Se pretende reducir el traslado con una buena distribución de la cancha de mineral
Blending	10	Espera de inspector de planta para la toma de muestra				X	Se pretende reducir el tiempo de espera, al instalar un sistema de videovigilancia del proceso.
	12	Almacenamiento de mineral					
	13	Espera de cargador frontal para blending				X	Se pretende reducir la espera con una buena distribución de la cancha de mineral
Cosecha	18	Espera de inspector de planta para cosecha de mineral				X	Se pretende reducir el tiempo de espera, al avisar al inspector sobre la cosecha a través de una radio intercomunicador,
Desorción	22	Espera de directivos para la fundición				X	Se pretende reducir el tiempo de espera, al avisar al inspector sobre la fundición a través de una radio intercomunicador,
Acciones recomendadas							
- Instalación de un sistema de videovigilancia para la aprobación y monitoreo de actividades. - Compra de radio intercomunicador para comunicación con operarios. - Mejora de la distribución de las canchas de almacenamiento de mineral grueso y fino							

Nota. Elaboración propia

De esta manera, se procedió con la aplicación de las acciones recomendadas según el análisis operacional, previa solicitud por parte del jefe de planta y aprobación del superintendente de mina.

- **Instalación de un sistema de videovigilancia**

Se contrató a un proveedor externo de TI para la instalación de 13 cámaras en diferentes puntos de la empresa con la finalidad de reducir los tiempos improductivos que generaba el inspector para la aprobación y/o monitoreo de ciertas actividades, lo que impedía el flujo continuo del proceso. Por tanto, se instaló cámaras en el área de chancado, blending, cosecha y desorción, tal como se muestra en la Tabla 21:

Tabla 21

Cantidad cámaras instaladas en el proceso

Área	Puntos de visualización	Cantidad	Función
Chancado	Cámaras fijas instaladas viendo la cancha de gruesos	2	Monitorear en vivo la descarga completa del mineral sin procesar, sin tener el inspector que llegar al punto.
Blending	Cámaras instaladas en toda la extensión de la cancha de finos hasta cancha de relaves	4	Anticipar la toma de muestra, preparándose para ir al punto cuando se esté realizando la identificación de lotes.
Cosecha	Cámara que visualiza directamente el producto	1	Monitorear en vivo la cosecha del mineral, sin tener el inspector que llegar al punto.
Desorción	Cámaras ubicadas en los lados del cuarto de desorción y al ingreso del mismo	6	Monitorear en vivo la desorción del mineral, sin tener el inspector que llegar al punto; además de grabar la operación para envío a los directivos.

Nota. Elaboración propia

Dentro de las actividades realizadas para la instalación del sistema de videovigilancia, incluyen las mencionadas en la Tabla 22, donde fue necesario la contratación de un servicio de obra civil para la realización de zanjas para conexiones subterráneas e instalación de mástil para conexiones aéreas.

Tabla 22

Actividades para la instalación del sistema de videovigilancia

Área	Actividades de instalación	Involucrados
Chancado	Instalación de mástil para ubicación de la cámara Cableado eléctrico para conexión.	Servicio Obra civil Proveedor TI
Blending	Instalación de 2 mástil para ubicación de cámaras. Cableado aéreo de red. Cableado de red en la zona.	Servicio Obra civil Proveedor TI Proveedor TI
Cosecha	Instalación de mástil para ubicación de la cámara. Realizar zanjas para conexión subterránea. Cableado aéreo y subterráneo de red apantallado. Cableado de red en los pasillos de la zona.	Servicio Obra civil Servicio Obra civil Proveedor TI Proveedor TI
Desorción	Cableado externo hacia gabinete de comunicaciones	Proveedor TI

Nota. Elaboración propia

En ese sentido, en la Figura 26 se presenta fotos de la instalación realizada del sistema de videovigilancia en los distintos puntos mencionados y en la Figura 27, el centro desde donde se monitorea las cámaras, para la cual se compró 5 pantallas de visualización.

Figura 26

Instalación del sistema de videovigilancia

Nota. Elaboración propia

112

Figura 27

Centro de monitoreo y videovigilancia

Nota. Elaboración propia

- **Compra de radio intercomunicador**

Asimismo, se realizó la compra de 1 intercomunicador para el inspector y 3 intercomunicadores para los operarios de las áreas de chancado, cosecha y desorción con la finalidad de mantener comunicación entre ellos.

El uso de los intercomunicadores complementa el fin del sistema de videovigilancia, por lo que sirve para notificar al inspector que debe monitorear por las caras, la operación que necesita de su aprobación. En la Figura 28 se muestra el modelo adquirido:

Figura 28

Radio intercomunicador

Nota. Elaboración propia

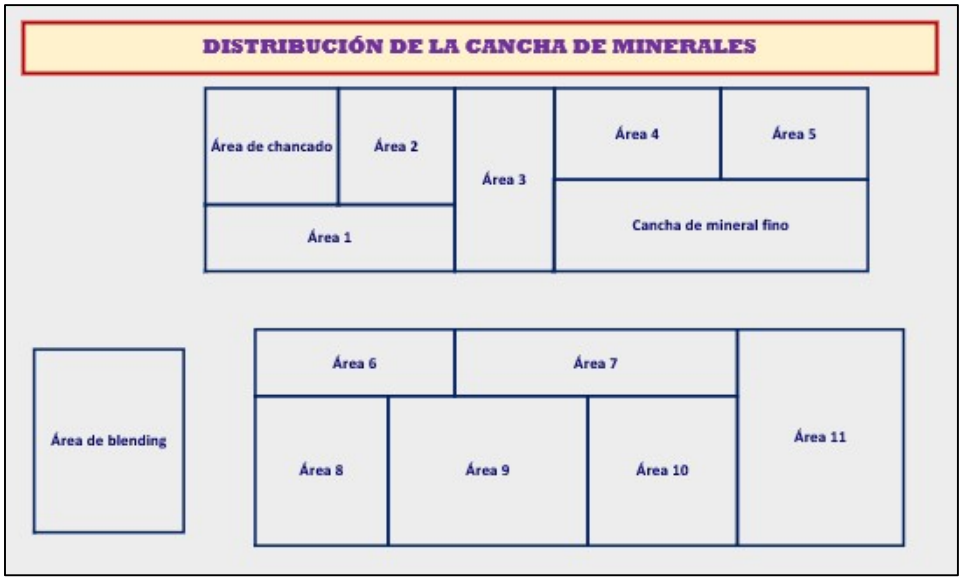
- **Mejora de la distribución de las canchas de mineral**

Con la finalidad de disminuir los traslados de máquina hacia/desde las canchas de mineral, se propone asignar un área en específica de la cancha de minerales a las diferentes zonas mineras de las cuales se reciben lotes de mineral; ya que, inicialmente se colocaban los lotes de las zonas mineras en cualquier espacio libre que hubiera.

En la Figura 29 se muestra la distribución actual en la cancha de minerales de las áreas libres donde se descargan los lotes de mineral de las zonas mineras, existiendo en total 11 áreas y una ya establecida para el mineral fino.

Figura 29

Distribución de áreas en la cancha de mineral



Nota. Elaboración propia

Sin embargo, para mejorar el flujo de transporte desde/hacia la cancha de mineral, es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- El mineral grueso se dirige al área de chancado; por tanto, es recomendable que las zonas mineras con mayor porcentaje de ingreso de mineral (Tabla 23) sean las más cercanas al área de chancado.

Tabla 23

Zonas mineras según porcentaje de ingreso de mineral a la cancha de grueso

Zonas	Porcentaje
Zona minera A	34%
Zona minera B	25%
Zona minera C	9%
Zona minera D	8%
Zona minera E	8%
Zona minera F	6%
Zona minera G	4%
Zona minera H	3%
Otros	3%
Total	100%

Nota. Elaboración propia

- Del área de chancado se obtiene el mineral fino, el cual continúa su proceso en el área de blending; por lo que, es recomendable que el mineral fino se almacene cerca a ello.

32

De esta manera, en la Figura 30 se presenta la distribución actual de las zonas mineras en las diferentes áreas de la cancha de mineral, teniendo en cuenta la instalación de mallas metálicas como cerco perimétrico interno, donde la zona minera A se encuentra cercana al área de chancado y la cancha de mineral fino se encuentra cercana al área de blending y área de chancado.

Figura 30

Distribución de las zonas mineras en las áreas de la cancha de mineral

Nota. Elaboración propia

6.2.7. Toma de muestreo piloto de tiempos (final)

Una vez aplicadas las estrategias de mejora, se procedió a medir, nuevamente, el tiempo de cada una de las actividades por un periodo de 14 días, obteniendo 14 observaciones previas realizadas durante el mes de septiembre, con la finalidad de determinar el tiempo promedio de las actividades, tal como se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24

Toma de tiempos mejorado (minutos)

Guía de observación de tiempos															
Planta de beneficio mineral		Área: Producción								Proceso: Obtención de Oro					
Elaborado por: Sharon Riquelme Alvaro y Sheila Cuadros Pari										Unidad: Minutos					
N°	**Actividades**	**N° de observaciones (minutos)**													
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
1	Traslado de camiones a garita de control	10.3	9.5	8.5	10.7	9.8	11.5	9.7	11.1	11.5	9.4	10.3	10.5	12.0	10.7
2	Traslado de camiones a la zona de pesaje	5.1	4.5	5.2	5.8	6.0	6.0	5.7	5.0	4.6	5.5	5.4	5.7	6.0	4.9
3	Pesaje de camiones	9.6	10.3	11.1	12.0	10.3	12.3	11.5	12.0	10.7	9.8	10.6	9.4	10.4	8.9
4	Traslado de camiones a la cancha correspondiente	2.8	3.2	2.9	2.6	3.0	3.5	3.3	3.1	2.9	3.1	3.4	3.6	3.6	3.2
5	Descarga del mineral aurífero molido sin procesar	59.5	58.0	60.3	55.9	55.5	59.4	59.0	58.1	58.0	60.3	59.7	56.4	52.7	54.3
6	Espera de cargador frontal para alimentación al chute de la chancadora	5.0	4.8	5.2	5.5	6.0	5.5	6.2	6.0	5.5	5.0	5.4	4.8	4.5	4.9
7	Traslado de mineral chancado a cancha de finos	13.0	13.5	13.8	14.0	14.6	15.0	16.3	14.2	15.5	17.6	13.7	16.1	16.0	14.6
8	Identificación de lotes	9.2	10.0	11.3	11.5	9.7	8.9	10.2	8.7	8.3	10.3	9.9	10.4	9.4	8.7
9	Espera de inspector de planta para la toma de muestra	7.5	6.6	6.2	7.1	7.7	8.0	8.4	7.1	7.5	8.1	8.5	8.0	7.5	7.0
10	Toma de muestra de laboratorio según lote	10.0	11.1	12.0	10.3	9.6	8.5	10.8	11.6	10.2	11.5	9.6	11.3	11.0	9.2
11	Almacenamiento de mineral	696.2	726.8	748.1	711.3	722.5	732.1	727.0	683.7	764.7	717.0	704.5	750.4	767.7	756.1
12	Espera de cargador frontal para blending	11.5	12.8	14.3	13.5	11.8	13.2	14.0	14.5	13.6	14.5	12.0	13.5	10.8	12.6
13	Blending de mineral seleccionado	26.3	26.5	26.0	24.4	24.5	23.8	27.0	26.4	23.2	29.1	29.0	23.8	27.4	23.9
14	Alimentación de mineral a chute de molinos	29.6	28.5	29.0	25.4	32.1	27.8	30.5	31.3	31.6	29.8	29.9	28.4	32.6	25.5
15	Molienda de mineral	33.0	27.5	27.8	31.1	31.6	33.4	33.1	33.0	26.7	29.8	29.3	30.6	33.5	27.7
16	Agitación del mineral	1454.5	1431.8	1440.6	1421.5	1402.0	1412.7	1405.6	1421.7	1529.2	1470.9	1389.6	1544.5	1506.7	1372.3

17	Espera de inspector de planta para cosecha de mineral	2.2	2.0	2.1	2.0	2.4	2.4	2.6	2.4	2.0	2.3	2.0	2.0	2.3	2.0
18	Cosecha de mineral	150.3	124.1	154.6	156.4	128.5	156.0	126.7	151.5	144.6	121.3	129.2	141.8	158.6	142.5
19	Toma de muestra de oro y relave para laboratorio	13.3	13.5	15.2	14.8	17.4	16.3	16.4	13.6	14.0	13.7	15.3	17.2	16.8	15.0
20	Desorción	4536.5	3836.7	4568.6	4626.1	4386.4	4753.7	4079.1	4565.5	4752.0	4448.4	4805.3	4615.7	3942.1	4743.3
21	Espera de directivos para la fundición	10.8	12.5	14.3	12.3	13.4	12.6	13.3	10.5	12.7	13.4	11.4	12.0	10.5	12.6
22	Fundición del oro	476.5	460.4	471.3	550.6	482.1	535.5	519.7	501.3	484.0	470.4	535.7	514.2	542.3	472.8
23	Toma de muestra del oro	10.2	9.5	11.3	10.4	9.6	10.4	11.0	11.3	12.4	10.3	9.4	10.8	9.4	9.0

Nota. Elaboración propia

6.2.8. Obtención del tamaño de muestras representativas

Posterior a la toma de tiempos, se determinó si el número de observaciones previas (n´=14 observaciones) eran suficientes, por lo cual se tuvo que aplicar la fórmula 3 de muestreo. En caso de que el cálculo de la muestra indique un número mayor a 14, se debe complementar las observaciones con una nueva toma de tiempos; caso contrario, se debe utilizar la data ya obtenida.

De acuerdo a la Tabla 25, para esta situación en específica, no fue necesaria una nueva toma de tiempos, ya que las muestras se mantuvieron dentro de las 14 observaciones.

Tabla 25

Muestreo final de tiempos observados

N°	Actividades	$\sum x$	$\sum (x)^2$	# Muestras
1	Traslado de camiones a garita de control	145.5	1524.11	13
2	Traslado de camiones a la zona de pesaje	75.4	409.50	13
3	Pesaje de camiones	148.9	1597.71	14
4	Traslado de camiones a la cancha correspondiente	44.2	140.74	14
5	Descarga del mineral aurífero molido sin procesar	807.1	46601.29	2
6	Espera de cargador frontal para alimentación al chute de la chancadora	74.3	397.73	14
7	Traslado de mineral chancado a cancha de finos	207.9	3109.25	11
8	Identificación de lotes	136.5	1342.81	14
9	Espera de inspector de planta para la toma de muestra	105.2	796.28	12
10	Toma de muestra de laboratorio según lote	146.7	1550.69	14
11	Almacenamiento de mineral	10208.1	7451811.33	2
12	Espera de cargador frontal para blending	182.6	2399.42	12
13	Blending de mineral seleccionado	361.3	9372.41	8
14	Alimentación de mineral a chute de molinos	412.0	12187.94	8
15	Molienda de mineral	428.1	13169.35	10
16	Agitación del mineral	20203.6	29191699.68	2
17	Espera de inspector de planta para cosecha de mineral	30.7	67.87	13
18	Cosecha de mineral	1986.1	284089.35	13
19	Toma de muestra de oro y relave para laboratorio	212.5	3252.45	13
20	Desorción	62659.4	281698430.46	7
21	Espera de directivos para la fundición	172.3	2137.95	13
22	Fundición del oro	7016.8	3529412.32	6
23	Toma de muestra del oro	145.0	1513.36	12

Nota. Elaboración propia

En ese sentido, se tomó los tiempos representativos de la toma de tiempos mejorado (Tabla 24), de acuerdo al número de muestras representativas (Tabla 25), los cuales sirvieron para determinar el tiempo promedio de cada actividad en la Tabla 26.

Tabla 26

Tiempo promedio mejorado de las actividades (minutos)

N°	Actividades	N° de observaciones (minutos)														Promedio (min)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Traslado de camiones a garita de control	10.3	9.5	8.5	10.7	9.8	11.5	9.7	11.1	11.5	9.4	10.3	10.5	12.0		10.4
2	Traslado de camiones a la zona de pesaje	5.1	4.5	5.2	5.8	6	6	5.7	5	4.6	5.5	5.4	5.7	6		5.4
3	Pesaje de camiones	9.6	10.3	11.1	12.0	10.3	12.3	11.5	12.0	10.7	9.8	10.6	9.4	10.4	8.9	10.6
4	Traslado de camiones a la cancha correspondiente	2.8	3.2	2.9	2.6	3.0	3.5	3.3	3.1	2.9	3.1	3.4	3.6	3.6	3.2	3.2
5	Descarga del mineral aurífero molido sin procesar	59.5	58.0													58.8
6	Espera de cargador frontal para alimentación al chute de la chancadora	5.0	4.8	5.2	5.5	6.0	5.5	6.2	6.0	5.5	5.0	5.4	4.8	4.5	4.9	5.3
7	Traslado de mineral chancado a cancha de finos	13.0	13.5	13.8	14.0	14.6	15.0	16.3	14.2	15.5	17.6	13.7				14.7
8	Identificación de lotes	9.2	10.0	11.3	11.5	9.7	8.9	10.2	8.7	8.3	10.3	9.9	10.4	9.4	8.7	9.8
9	Espera de inspector de planta para la toma de muestra	7.5	6.6	6.2	7.1	7.7	8.0	8.4	7.1	7.5	8.1	8.5	8.0			7.6
10	Toma de muestra de laboratorio según lote	10.0	11.1	12.0	10.3	9.6	8.5	10.8	11.6	10.2	11.5	9.6	11.3	11.0	9.2	10.5
11	Almacenamiento de mineral	696.2	726.8													711.5
12	Espera de cargador frontal para blending	11.5	12.8	14.3	13.5	11.8	13.2	14.0	14.5	13.6	14.5	12.0	13.5			13.3
13	Blending de mineral seleccionado	26.3	26.5	26.0	24.4	24.5	23.8	27.0	26.4							25.6
14	Alimentación de mineral a chute de molinos	29.6	28.5	29.0	25.4	32.1	27.8	30.5	31.3							29.3
15	Molienda de mineral	33.0	27.5	27.8	31.1	31.6	33.4	33.1	33.0	26.7	29.8					30.7
16	Agitación del mineral	1454.5	1431.8													1443.2
17	Espera de inspector de planta para cosecha de mineral	2.2	2.0	2.1	2.0	2.4	2.4	2.6	2.4	2.0	2.3	2.0	2.0	2.3		2.2
18	Cosecha de mineral	150.3	124.1	154.6	156.4	128.5	156.0	126.7	151.5	144.6	121.3	129.2	141.8	158.6		141.8
19	Toma de muestra de oro y relave para laboratorio	13.3	13.5	15.2	14.8	17.4	16.3	16.4	13.6	14.0	13.7	15.3	17.2	16.8		15.2
20	Desorción	4536.5	3836.7	4568.	4626.	4386.	4753.	4079.								4398.2
21	Espera de directivos para la fundición	10.8	12.5	14.3	12.3	13.4	12.6	13.3	10.5	12.7	13.4	11.4	12.0	10.5		12.3
22	Fundición del oro	476.5	460.4	471.3	550.6	482.1	535.5									496.1
23	Toma de muestra del oro	10.2	9.5	11.3	10.4	9.6	10.4	11.0	11.3	12.4	10.3	9.4	10.8			10.6

Nota. Elaboración propia

7

6.2.9. Valorización del ritmo de trabajo y suplementos del estudio de tiempos

La valorización del ritmo de trabajo tomó en cuenta la Figura 1, la cual brinda una puntuación de acuerdo a la habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia del trabajador por cada actividad del proceso con la finalidad de determinar el tiempo normal del proceso, bajo la fórmula 1. La puntuación dada en cada categoría para cada actividad se muestra en la Tabla 27.

34

El suplemento de trabajo otorgado se calculó tomando en cuenta la Figura 2, la cual brinda el porcentaje de holgura de acuerdo ciertos criterios; de esta manera, se determinó el suplemento del estudio de tiempos en la Tabla 19.

Una vez obtenido el tiempo normal y el porcentaje de holgura, se utilizó la fórmula 2 para la determinación del tiempo estándar del proceso, tal cual se muestra en la Tabla 26.

6.2.10. Obtención del tiempo estándar (estudio final)

51

En la Tabla 26 se observa el tiempo estándar mejorado del proceso completo de obtención de oro en la planta de beneficio mineral equivale a 9480.7 min.

Tabla 27

Tiempo estándar mejorado (minutos)

N°	Actividades	Tiempo promedio (minutos)	Valoración				Total Valoración	Tiempo Normal (minutos)	Suplemento	Tiempo Estándar (minutos)
			H	E	CD	CS				
1	Traslado de camiones a garita de control	10.4	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	10.7	0.19	12.7
2	Traslado de camiones a la zona de pesaje	5.4	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	5.6	0.19	6.6
3	Pesaje de camiones	10.6	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	11.0	0.24	13.6
4	Traslado de camiones a la cancha correspondiente	3.2	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	3.3	0.19	3.9
5	Descarga del mineral aurífero molido sin procesar	58.8	0.06	0.02	0.00	0.00	0.08	63.5	0.24	78.7
6	Espera de cargador frontal para alimentación al chute de la chancadora	5.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.3	0.17	6.2
7	Traslado de mineral chancado a cancha de finos	14.7	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	15.1	0.19	18.0
8	Identificación de lotes	9.8	0.03	0.02	0.02	0.00	0.07	10.4	0.24	12.9
9	Espera de inspector de planta para la toma de muestra	7.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.6	0.17	8.8
10	Toma de muestra de laboratorio según lote	10.5	0.06	0.00	0.02	0.00	0.08	11.3	0.24	14.0
11	Almacenamiento de mineral	711.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	711.5	0.17	832.5
12	Espera de cargador frontal para blending	13.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.3	0.17	15.5
13	Blending de mineral seleccionado	25.6	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	26.4	0.24	32.7
14	Alimentación de mineral a chute de molinos	29.3	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	30.2	0.24	37.4
15	Molienda de mineral	30.7	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	31.6	0.24	39.2
16	Agitación del mineral	1443.2	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	1486.4	0.24	1843.2
17	Espera de inspector de planta para cosecha de mineral	2.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.2	0.17	2.6
18	Cosecha de mineral	141.8	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	144.7	0.24	179.4
19	Toma de muestra de oro y relave para laboratorio	15.2	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	15.6	0.24	19.4
20	Desorción	4398.2	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	4530.1	0.24	5617.3
21	Espera de directivos para la fundición	12.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.3	0.17	14.4
22	Fundición del oro	496.1	0.03	0.02	0.02	0.00	0.07	530.8	0.24	658.2
23	Toma de muestra del oro	10.6	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	10.9	0.24	13.5
		Total								9480.7

Nota. Elaboración propia

En ese sentido, se procedió a plasmar lo identificado en un diagrama de análisis de procesos en la Figura 31.

Figura 31

Diagrama de Análisis del Proceso de obtención de oro (DAP mejorado)

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO (DAP)									Elaborado por: Sharon y Sheila
PROCESO: Beneficio del mineral oro									
Método:	Actual		Propuesto	x	Fecha:		21/09/2023		
N°	Etapa	Actividades	Operación	Inspección	Transporte	Demora			Tiempo (minutos)
1	Pesaje	Traslado de camiones a garita de control			●				12.7
2		Traslado de camiones a la zona de pesaje			●				6.6
3		Pesaje de camiones	●						13.6
4	Chancado	Traslado de camiones a la cancha correspondiente			●				3.9
5		Descarga del mineral aurífero molido sin procesar	●						78.7
6		Espera de cargador frontal para alimentación al chute de la chancadora				●			6.2
7		Traslado de mineral chancado a cancha de finos			●				18.0
8	Blending	Identificación de lotes	●						12.9
9		Espera de inspector de planta para la toma de muestra				●			8.8
10		Toma de muestra de laboratorio según lote	●						14.0
11		Almacenamiento de mineral				●			832.5
12		Espera de cargador frontal para blending				●			15.5
13		Blending de mineral seleccionado	●						32.7
14	Molienda	Alimentación de mineral a chute de molinos	●						37.4
15		Molienda de mineral	●						39.2
16	Agitación	Agitación del mineral	●						1843.2
17	Cosecha	Espera de inspector de planta para cosecha de mineral				●			2.6
18		Cosecha de mineral	●						179.4
19		Toma de muestra de oro y relave para laboratorio	●						19.4
20	Desorción	Desorción	●						5617.3
21		Espera de directivos para la fundición				●			14.4
22		Fundición del oro	●						658.2
23		Toma de muestra del oro	●						13.5
Total			**13**	**0**	**4**	**6**			**9480.7**

Nota. Elaboración propia

De acuerdo a la Figura 31, se pudo determinar el porcentaje de actividades productivas del proceso utilizando la fórmula 4, el cual resultó en un 56.5%, teniendo en cuenta las actividades de operación e inspección.

$$Actividades\ productivas = \frac{Actividades\ que\ añaden\ valor}{Total\ de\ actividades} \times 100 \quad (4)$$

$$Actividades\ productivas = \frac{13}{23} \times 100$$

$$Actividades\ productivas = 56.5\%$$

Mientras que, el porcentaje de tiempo productivo se determinó utilizando la fórmula 5, teniendo en cuenta los tiempos de las actividades de operación e inspección; donde resultó con un valor de 90.3%.

$$Tiempos\ productivos = \frac{Tiempo\ de\ actividades\ que\ añaden\ valor}{Tiempo\ total\ de\ actividades} \times 100 \quad (5)$$

$$Tiempos\ productivos = \frac{\sum tiempo\ operación, inspección}{\sum tiempo\ operación, inspección, traslado, esperas} \times 100$$

$$Tiempos\ productivos = \frac{8559.5}{98480.7} \times 100$$

$$Tiempos\ productivos = 90.3\%$$

6.3. Impacto de la solución en el rendimiento

Se estudió el rendimiento de la planta de beneficio mineral durante los meses de septiembre a diciembre en la Tabla 28, donde se observó que aún no se logra alcanzar la meta mensual de producción de 80.5 kg de oro; sin embargo, se ha llegado a producir alrededor de 73.3 kg, lo que señala un incremento del rendimiento a 91.1%. Asimismo, se muestra que el mes más alto de producción fue diciembre con un 91.9% de rendimiento promedio.

Tabla 28

Rendimiento de la planta de oro durante septiembre a diciembre 2023

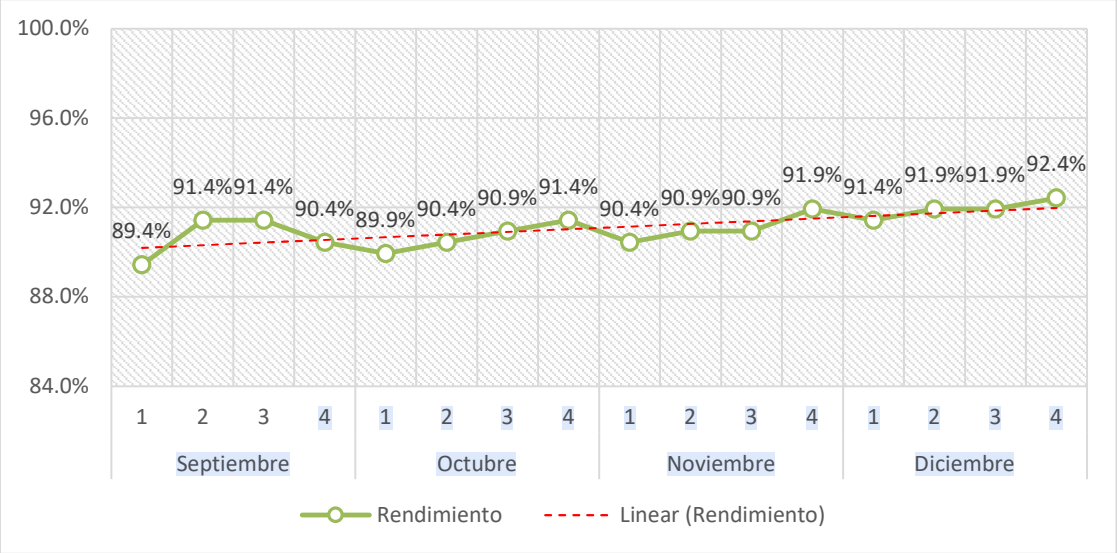
Meses	Semanas	Cantidad programada (kg)	Cantidad producida (kg)	Rendimiento
Septiembre	1	20.1	18.0	89.4%
	2	20.1	18.4	91.4%
	3	20.1	18.4	91.4%
	4	20.1	18.2	90.4%
Subtotal		**80.5**	**73.0**	**90.7%**
Octubre	1	20.1	18.1	89.9%
	2	20.1	18.2	90.4%
	3	20.1	18.3	90.9%
	4	20.1	18.4	91.4%
Subtotal		**80.5**	**73.0**	**90.7%**
Noviembre	1	20.1	18.2	90.4%
	2	20.1	18.3	90.9%
	3	20.1	18.3	90.9%
	4	20.1	18.5	91.9%
Subtotal		**80.5**	**73.3**	**91.1%**
Diciembre	1	20.1	18.4	91.4%
	2	20.1	18.5	91.9%
	3	20.1	18.5	91.9%
	4	20.1	18.6	92.4%
Subtotal		**80.5**	**74.0**	**91.9%**
Promedio		**80.5**	**73.3**	**91.1%**

Nota. Elaboración propia

De acuerdo al análisis de los datos de la Figura 32, el rendimiento tiene una tendencia a incrementar; ya que en la primera semana de septiembre se inicia con un valor de 89.4% y en la última semana de diciembre se presenta un valor de 92.4%.

Figura 32

Rendimiento de la producción de oro durante septiembre a diciembre 2023



Nota. Elaboración propia

En la Tabla 29, se observa que el rendimiento inicial fue de 85.3%, y posterior a la aplicación de las mejoras, el rendimiento incrementó en un 5.7%, pasando a 91.1%; sin embargo, no sobrepasó la meta de 94.8%, aun quedando una brecha existente en el rendimiento de la empresa con las del sector de 3.7%.

Tabla 29

Beneficio porcentual del rendimiento

Variable dependiente	Valor inicial	Valor mejorado	Beneficio
Rendimiento	85.3%	91.1%	5.7%

Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO VII: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este capítulo presenta el análisis descriptivo de la variable dependiente para conocer el comportamiento de la data; asimismo, un análisis inferencial para la validación de la hipótesis y un análisis costo beneficio para conocer la viabilidad económica.

7.1. Análisis descriptivo

En la Tabla 30 se muestra que el rendimiento promedio, antes de la implementación de la mejora, fue de 85.3% y posterior a ello, incrementó a 91.1%; además, se presenta una varianza pretest de 15.5 y postest de 0.6, lo que señala la reducción en la variabilidad de los datos; por otro lado, la asimetría negativa en el pretest y postest sugiere que la distribución de los datos tiene una ligera inclinación por debajo de la media y en relación a la curtosis negativa, tanto en pretest y postest, sugiere que los datos no están muy concentrados hacia la media.

Tabla 30

Análisis descriptivo del rendimiento

			Pretest	Postest
Rendimiento	Media		85,3563	91,0563
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	83,2525	90,6242
		Límite superior	87,4600	91,4883
	Media recortada al 5%		85,4569	91,0736
	Mediana		86,5000	91,1500
	Varianza		15,587	,657
	Desviación estándar		3,94799	,81074
	Mínimo		78,00	89,40
	Máximo		90,90	92,40
	Rango		12,90	3,00
	Rango intercuartil		6,38	1,38
	Asimetría		-,486	-,366
	Curtosis		-,825	-,317

Nota. Obtenido del Programa SPSS

7.2. Análisis inferencial

En la Tabla 31, se muestra la prueba de normalidad de la variable dependiente (rendimiento), la cual al tener menos de 50 datos para su análisis, se procedió a tomar en cuenta la significancia de Shapiro-Wilk, la cual es mayor a 0.05, tanto en el pretest como en el postest; por tanto, tienen un comportamiento paramétrico y en ese sentido, se debe

utilizar la Prueba T Student para la validación de la hipótesis.

Tabla 31

Prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pretest	,161	16	,200*	,941	16	,357
Postest	,188	16	,200*	,961	16	,683

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Obtenido del Programa SPSS

En la Tabla 32, se muestra la prueba T Student de muestras emparejadas, donde la significancia señala que es menor a 0.05, lo cual significa que la hipótesis es aceptada. Por tanto, la ejecución de tiempos y movimientos incrementa significativamente el rendimiento de la planta de beneficio de minera aurífera ubicada en el departamento de Ayacucho provincia de Lucanas distrito de Sancos.

Tabla 32

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
					95% de intervalo de confianza de la diferencia				
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior	Superior	t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	Pretest - Postest	-5,70000	4,12424	1,03106	-7,89765	-3,50235	-5,528	15	,000

Nota. Obtenido del Programa SPSS

7.3. Análisis costo-beneficio

Se procedió a determinar el costo total de la contramedida aplicada como parte de la mejora del proceso de obtención de oro en la planta de beneficio mineral; además, de los beneficios económicos.

7.3.1. Beneficios de la mejora

Los beneficios económicos se determinaron en base al incremento de la producción, teniendo en cuenta que el precio del oro es de $1,950.00 por onza (conversión 1 kg = 35.274 onzas), tal como se muestra en la Tabla 33:

Tabla 33

Beneficios económicos

	Valor inicial	Valor mejorado
Cantidad producida (kg)	68.7	73.3
Ventas	$4,725,481.41	$5,043,608.80
Ganancia Ingresos (11%)	$496,175.55	$529,578.92
Beneficio	$33,403.38	

Nota. Elaboración propia

En ese sentido, en la Tabla 33 se observa un beneficio mensual en promedio de $33,403.38, equivalente a la diferencia en los ingresos por la producción dada al inicio de la mejora y posterior a ello.

7.3.2. Inversión de la mejora

Para el cálculo de los costos se tuvo en cuenta diferentes partidas, tal como la inversión en la instalación del sistema de videovigilancia y división de la cancha de minerales de $5,230.17 (Tabla 34), la inversión en el movimiento de mineral en la cancha de minerales de $1,820.63 (Tabla 35), la inversión en útiles de oficina, materiales y equipos de $23,034.84 (Tabla 36) y la inversión en capacitación de $2,871.15 (Tabla 37), cuyo monto asciende a $32,956.78, tal como se observa en la Tabla 38.

Tabla 34

Inversión en la instalación del sistema de videovigilancia y división de cancha de mineral

N°	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	Proveedor - Instalación del sistema de videovigilancia	1	S/ 5,916.00	S/ 5,916.00
2	Proveedor - Obras civiles	1	S/ 13,455.00	S/ 13,455.00
	Subtotal (soles)			S/ 19,371.00
	Subtotal (dólares)			$5,230.17

Nota. Elaboración propia

Tabla 35

Costos de movimiento de mineral

N°	Descripción	Costo/hora	Duración (horas)	Costo total
1	Cargador frontal	$35.0	15	$525.00
2	Maquinista	$1.73	15	$25.88
3	Camión minero	$83.2	15	$1,247.25
4	Conductor	$1.5	15	$22.50
	Subtotal (dólares)			$1,820.63

Nota. Elaboración propia

Tabla 36

Costos por útiles de oficina, materiales y equipos

N°	Material	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	Hoja Bond A4	Paquete 1/2 millar	1	S/ 13.80	S/ 13.80
2	Archivadores	Unidad	1	S/ 6.80	S/ 6.80
3	Lapiceros	Paquete x 5 unidades	2	S/ 3.30	S/ 6.60
4	Resaltador	Paquete x 6 unidades	1	S/ 11.50	S/ 11.50
5	Cámara 360 grados	Unidad	1	S/ 109.00	S/ 109.00
6	Cámara fija	Paquete x 4 unidades	1	S/ 1,589.00	S/ 1,589.00
7	Cámara fija	Paquete x 12 unidades	1	S/ 2,639.00	S/ 2,639.00
8	Disco duro 2TB	Unidad	1	S/ 739.00	S/ 739.00
9	Grabador digital de audio y video	Unidad	1	S/ 2,148.14	S/ 2,148.14
10	Radio intercomunicador	Unidad	4	S/ 429.00	S/ 1,716.00
11	Mástil para instalación de cámaras	Unidad	4	S/ 2,116.10	S/ 8,464.40
12	Cable de red	Paquete x 10 metros	10	S/ 30.00	S/ 300.00
13	Cable eléctrico	Paquete x100 metros	1	S/ 299.00	S/ 299.00
14	Pantallas de visualización para videowall 55"	Unidad	4	S/ 9,844.00	S/ 39,376.00
15	Pantalla de visualización adicional 49"	Unidad	1	S/ 5,499.99	S/ 5,499.99
16	UPS y transformador de aislamiento	Unidad	1	S/ 3,524.08	S/ 3,524.08
17	Soporte para pantallas de visualización	Unidad	5	S/ 1,462.58	S/ 7,312.90
18	Tubos cuadrados de 3"	Unidad	18	S/ 80.00	S/ 1,440.00
19	Malla metálica	Paquete 10 metros	21	S/ 339.00	S/ 7,119.00
20	Ángulos 1 1/2	Unidad	50	S/ 60.00	S/ 3,000.00
		Subtotal (soles)			S/ 85,314.21
		Subtotal (dólares)			$23,034.84

Nota. Elaboración propia

Tabla 37

Costos de capacitación

N°	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Duración (horas)	Costo total
1	Capacitación externa	19	S/ 500.00		S/ 9,500.00
2	Jefe de planta	1	S/ 10.00		S/ 130.00
3	Supervisor de planta	1	S/ 7.78		S/ 101.11
4	Inspector	2	S/ 5.56	13	S/ 144.44
5	Operador de campo	10	S/ 3.89		S/ 505.56
6	Técnico de laboratorio	5	S/ 3.89		S/ 252.78
		Subtotal (soles)			S/ 10,633.89
		Subtotal (dólares)			$2,871.15

Nota. Elaboración propia

Tabla 38

Inversión total

Inversión	$32,956.78
Útiles de oficina, materiales y equipos	$23,034.84
Capacitación	$2,871.15
Instalación del sistema de videovigilancia y división de la cancha de minerales	$5,230.17
Movimiento de mineral	$1,820.63

Nota. Elaboración propia

7.3.3. Egresos mensuales de la mejora

Para el cálculo de los costos se tuvo en cuenta los egresos por la ejecución del estudio de tiempos y movimientos (Tabla 39) de $754.43, los egresos por mantenimiento del sistema de videovigilancia de $175.50 (Tabla 40) y los egresos por depreciación de $295.74 (Tabla 41), cuyo monto asciende a $1,225.67, tal como se observa en la Tabla 42.

Tabla 39

Egresos por ejecución del estudio de tiempos y movimientos

N°	Cargo	Cantidad	Sueldo/ hora	Duración (hora)	Costo total
1	Jefe de planta	1	S/ 10.00	21.0	S/ 210.00
2	Supervisor de planta	1	S/ 7.78	105.0	S/ 816.67
3	Inspector	2	S/ 5.56	126.0	S/ 1,400.00
4	Operador de campo	3	S/ 3.89	31.5	S/ 367.50
Subtotal (soles)					S/ 2,794.17
Subtotal (dólares)					$754.43

Nota. Elaboración propia

Tabla 40

Egresos por mantenimiento del sistema de videovigilancia

N°	Descripción	Frecuencia (año)	Costo unitario	Costo total	Costo mensual
1	Mantenimiento externo del sistema de videovigilancia	3	S/ 1,600.00	S/ 4,800.00	S/ 400.00
2	Colaborador de TI	12	S/ 8.33	-	S/ 250.00
Subtotal (soles)					S/ 650.00
Subtotal (dólares)					$175.50

Nota. Elaboración propia

Tabla 41

Egresos por depreciación

N°	Equipo	Cantidad	Costo unitario	Costo total	Vida útil (años)	Costo anual	Costo mensual
1	Cámara 360 grados	1	S/ 109.00	S/ 109.00	5	S/ 21.80	S/ 1.82
2	Cámara fija	1	S/ 1,589.00	S/ 1,589.00	5	S/ 317.80	S/ 26.48
3	Cámara fija	1	S/ 2,639.00	S/ 2,639.00	5	S/ 527.80	S/ 43.98
4	Disco duro 2TB	1	S/ 739.00	S/ 739.00	2	S/ 369.50	S/ 30.79
5	Grabador digital de audio y video	1	S/ 2,148.14	S/ 2,148.14	4	S/ 537.04	S/ 44.75
6	Radio intercomunicador	4	S/ 429.00	S/ 1,716.00	4	S/ 429.00	S/ 35.75
7	Pantallas para videowall 55"	4	S/ 9,844.00	S/ 39,376.00	5	S/ 7,875.20	S/ 656.27
8	Pantalla adicional 49"	1	S/ 5,499.99	S/ 5,499.99	5	S/ 1,100.00	S/ 91.67
9	UPS y transformador de aislamiento	1	S/ 3,524.08	S/ 3,524.08	7	S/ 503.44	S/ 41.95
10	Soporte pantalla de visualización	5	S/ 1,462.58	S/ 7,312.90	5	S/ 1,462.58	S/ 121.88
			Subtotal (soles)				S/ 1,095.35
			Subtotal (dólares)				$295.74

Nota. Elaboración propia

Tabla 42

Egresos totales

Egresos	$1,225.67
Ejecución del estudio de tiempos y movimientos	$754.43
Mantenimiento del sistema de videovigilancia	$175.50
Depreciación	$295.74

Nota. Elaboración propia

50

7.3.4. Flujo de caja económico

Para la realización del flujo de caja se tuvo en cuenta el costo de oportunidad (WACC), para el cual se tuvo en cuenta la siguiente fórmula:

$$ke = rf + B(rm - rf) + Riesgo\ país$$

Cuyos valores fueron obtenidos de los portales gubernamentales y estadísticos del país y el sector, en ese sentido, se calculó un WACC ANUAL de 12.5% en la Tabla 43 y WAC MENSUAL de 0.98%, ver Anexo 5.

Tabla 43

Cálculo del WACC

WACC	
Tasa libre de riesgo (Rf)	4.3%
Beta (B)	0.96
Prima por riesgo del mercado (Rm-Rf)	1.4%
Rendimiento esperado en el mercado (Rm)	5.7%
Riesgo país	6.9%
WACC ANUAL	**12.5%**
WACC MENSUAL	**0.98%**

Nota. Elaboración propia

De esta manera, en la Tabla 44 se pudo realizar la evaluación económica, teniendo en cuenta la inversión, egresos mensuales, beneficios mensuales promedio y el WACC MENSUAL de 0.98%.

Tabla 44

Flujo de caja económico

	0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Inversión	**$32,956.78**						
Útiles de oficina, materiales y equipos	$23,034.84						
Capacitación	$2,871.15						
Instalación del sistema de videovigilancia y división de la cancha de minerales	$5,230.17						
Movimiento de mineral	$1,820.63						
Egresos		**$1,225.67**	**$1,225.67**	**$1,225.67**	**$1,225.67**	**$1,225.67**	**$1,225.67**
Ejecución del estudio de tiempos y movimientos		$754.43	$754.43	$754.43	$754.43	$754.43	$754.43
Mantenimiento del sistema de videovigilancia		$175.50	$175.50	$175.50	$175.50	$175.50	$175.50
Depreciación		$295.74	$295.74	$295.74	$295.74	$295.74	$295.74
Beneficios		**$33,403.38**	**$33,403.38**	**$33,403.38**	**$33,403.38**	**$33,403.38**	**$33,403.38**
Incremento del rendimiento		$33,403.38	$33,403.38	$33,403.38	$33,403.38	$33,403.38	$33,403.38
Flujo de caja	**-$32,956.78**	**$32,177.71**	**$32,177.71**	**$32,177.71**	**$32,177.71**	**$32,177.71**	**$32,177.71**
Utilidad acumulada	**-$32,956.78**	**-$779.07**	**$31,398.63**	**$63,576.34**	**$95,754.05**	**$127,931.7**	**$160,109.4**
WACC	0.98%						
VAN	$153,592.47						
TIR	96%						
B/C	$4.84						

Nota. Elaboración propia

De acuerdo a lo establecido en la Tabla 44, el proyecto tiene un VAN positivo de $153,592.47, un TIR de 96% mayor al WACC, lo que señala que la rentabilidad del proyecto es mucho mayor a lo mínimo esperado por las partes interesadas de la empresa, además de ello, denota un beneficio – costo de $4.84, lo que significa que por cada dólar invertido, la empresa obtiene una ganancia de 4.84 dólares.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

Las conclusiones son las siguientes:

- Se determinó que el rendimiento inicial de la planta de beneficio de oro era de 85.3%, existiendo una brecha del 9.5% respecto al promedio de otras empresas del sector (94.8%).
- Se diagnosticó que el problema principal del proceso era la demora en las actividades del proceso y las causas raíz de ello se atribuían a la falta de estandarización del proceso, falta de evaluación de los tiempos y movimientos de las actividades del proceso y la ausencia de una metodología adecuada que evalúe las actividades del proceso; por lo que se seleccionó como contramedida la ejecución de un estudio de tiempos y movimientos.
- Se identificó en la ejecución del estudio de tiempo y movimientos que existía un 54.2% de actividades productivas y un tiempo correspondiente al 87.5% del tiempo total del proceso; en ese sentido, se analizó el proceso y se implementaron mejoras que incrementaron las actividades productivas a 56.5% y el tiempo productivo a 89.8%.
- Se determinó que el rendimiento final de la planta de beneficio de oro era de 91.1%, reduciendo la brecha identificada a un 3.7%; además se validó y aceptó la hipótesis establecida con una significancia de 0.00.
- Se determinó que el análisis costo beneficio de la mejora presenta un VAN de $153,656.78, un TIR de 96% mayor al WACC de 0.98% y un B/C de $4.84, en base al beneficio económico de $33,403.38, egresos de $1,225.67 e inversión de $32,956.78.

8.2. Recomendaciones

Las recomendaciones son las siguientes:

- Se recomienda realizar el estudio de tiempos y movimientos, como mínimo, de manera semestral para verificar el tiempo estándar del proceso e identificar posibles desviaciones que necesiten ser atendidas.
- Se recomienda aplicar mantenimiento autónomo de la herramienta Lean TPM con la finalidad de mitigar las otras causas de la demora en las actividades del proceso y de esta manera, incrementar aún más el rendimiento hasta cerrar la brecha existente.
- Se recomienda mantener un monitoreo constante del rendimiento del proceso, utilizando límites de control, con el fin de identificar y abordar posibles desviaciones.
- Se recomienda capacitar al personal nuevo en relación a las actividades estándares del proceso para mantener el tiempo estándar del proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abraca, S., & Ramos, Y. (2022). Análisis de tiempos en el envasado de leche condensada en una industria láctea ecuatoriana. *Ingeniería Industrial, 53*(4), 1-24. Obtenido de http://scielo.sld.cu/pdf/rii/v43s1/1815-5936-rii-43-s1-37.pdf

Aguilar, H., & Castillo, C. (2023). *Planificación de minado para mejorar la productividad en la explotación del block de mineral en la CÍA. Minera La Poderosa S.A, en Pataz 2022.* [Tesis de titulación, Universidad Privada del Norte]. Obtenido de https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/33588/Aguilar%20Rondo%20Homero%20Alexander%20-%20Castillo%20Jaime%20Cesar%20Joselito.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Alfaro, A., & Moore, R. (2020). Estudio de tiempos como base para trazar estrategias orientadas al incremento de la eficiencia del proceso de batido de una planta de producción de helados. *Industrial Data, 23*(1), 113-126. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/816/81664593007/81664593007.pdf

Andrade, A., Del río, C., & Alvear, M. (2019). Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado. *Información Tecnológica*. doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000300083

Araujo, P. (2021). *DESARROLLO DE ESTUDIO DE TIEMPOS COMO MÉTODO ANÁLISIS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE LA MINA LUCERO.* Obtenido de https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/4299/1/Tesis%20IIND%20Pedro%20Araujo%20Ram%C3%ADrez.pdf

Avalos, A. (2018). *Diseño de un sistema SCADA para el control y supervisión automático del proceso de adsorción, desorción y recuperación de oro en la minera Shahuindo SAC.* [Tesis de titulación, Universidad César Vallejo]. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/24969/avalos_ta.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BANCO MUNDIAL. (27 de 10 de 2021). *Diagnóstico del Sector Minero - Perú.* Obtenido de Diagnóstico del Sector Minero - Perú: https://www.bancomundial.org/es/country/peru/publication/diagnostico-del-sector-minero-peru

BBVA. (2023). *Perú Situación del sector minero 2022.* Obtenido de https://www.bbvaresearch.com/wp-content/uploads/2023/02/Situacion-del-sector-minero-2022-1.pdf

Belling, M. (16 de 05 de 2022). *ProActivo.* Obtenido de Panorama de la minería en el Perú bajo el actual contexto mundial: https://proactivo.com.pe/panorama-de-la-mineria-en-el-peru-bajo-el-actual-contexto-mundial/

Briones, F. (2021). *Marco teórico y estudios de caso para la mejora en la optimización*

de la red de agencias de una empresa bancaria en Lima Metropolitana. [Tesis de titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/19470/BRIONES_GALLEGOS_FERNANDO_MARCO_TEORICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Burgasí, D., Cobo, D., Pérez, K., Pilacuan, R., & Rocha, M. (2021). EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA COMO HERRAMIENTA DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN: UNA REVISIÓN DE LOS ÚLTIMOS 7 AÑOS. *TAMBARA*, 1212-1230. Obtenido de https://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/DIAGRAMA-ISHIKAWA_FINAL-PDF.pdf

Carhuayal, O. (2020). El clima organizacional y su influencia en el rendimiento laboral de los trabajadores de la empresa G.S.H S.A. *Gestión en el tercer milenio*. doi:https://doi.org/10.15381/gtm.v23i46.19134

Carmona, J., Cruz, J., & Sánchez, L. (2019). La actividad agrícola en localidades rurales en procesos conurbatorios: Una aproximación mediante el diagrama de Ishikawa. *Dialnet*, 49-79. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8119885

Cascante, G., Moyano, J., & Santillán, C. (2019). Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura. *Ingeniería Industrial*, 110-122. Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360459575002

Castillo, R., Tordoya, J., Queupumil, M., & Segovia, V. (2020). Propuesta de protección de personal mediante simulación para una empresa de servicios mineros. *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/347928463_Propuesta_de_asignacion_de_personal_mediante_simulacion_para_una_empresa_de_servicios_mineros

Castro, J., Gómez, L., & Camargo, E. (2022). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura: Tecnología y Cultura Afirmando el Conocimiento, 27*(75), 140-174. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8728928

Castro, R., & Alcalá, M. (2022). Proposed Improvement of the Mining Cycle to Increase Productivity in a Mining Company in La Libertad Region, 2020. *Brazilian Technology Symposium*, 697-704. Obtenido de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-08545-1_69

CEPAL. (3 de Junio de 2020). *WEBINAR: La industria minera ante la crisis del COVID-19 en América Latina y El Caribe.* Obtenido de https://www.cepal.org/es/eventos/webinar-la-industria-minera-la-crisis-covid-19-america-latina-caribe

Chicaiza, L., & Robles, J. (2021). Proposal for a circular economy for the recovery of value from fruit waste in packaging manufacturing. *DYNA, 88*(217), 140-149. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/496/49671281017/49671281017.pdf

Cisneros, A., Urdánigo, J., Guevara, A., & Garcés, J. (2022). Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos que apoyan a la Investigación Científica en tiempo de Pandemia. *Dom. Ciencias, 8*(1), 1165-1185. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8383508.pdf

Conexión Esan. (1 de agosto de 2019). *VAN y TIR: ¿para qué sirven y cuándo usarlos?* Obtenido de https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/van-y-tir-para-que-sirven-y-cuando-usarlos

Cueva, V. (2022). *Control de tiempos improductivos mediante el modelo de regresión lineal para mejorar la productividad en el proceso de acarreo en una empresa minera.* [Tesis de titulación, Universidad Tecnológica del Perú]. Obtenido de https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/5733/V.Cueva_Tesis_Titulo_Profesional_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Dionicio, P., & Méndez, V. (2021). *Aplicación del estudio del trabajo para mejorar la productividad en una compañía minera en la ciudad de Uchucchacua, 2021.* Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/83576/Dionicio_CDA-M%c3%a9ndez_CVA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Espín, C., Naranjo, C., & Eugenio, C. (2022). Estudio de tiempos para la optimización de la producción en el área de postcosecha de una florícola. *Revista de investigación ingeniería y sus alcances*, 162-168. Obtenido de https://revistaingenieria.org/index.php/revistaingenieria/article/view/110

Ex Scientia Veritas. (2023). *83C10 – Curso estudios de tiempos y movimientos*. Obtenido de https://exscientiaveritas.com.pe/83c10-curso-estudios-de-tiempos-y-movimientos/

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* México: Mc Graw Hill Education. Obtenido de https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612

Irua, E. (2020). *ESTANDARIZACIÓN DE LOS TIEMPOS EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE POSTES DE HORMIGÓN ARMADO TIPO CIRCULAR, PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA VIBROPOSTE CIA. LTDA.* Ibarra. Obtenido de http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10657/2/04%20IND%20270%20TRABAJO%20GRADO.pdf

Jiménez, M. (01 de septiembre de 2021). *Frecuencia e impacto en la matriz de riesgos*. Obtenido de Pirani: https://www.piranirisk.com/es/blog/matriz-de-riesgos-frecuencia-impacto

Lira, M., & Romero, J. (2022). Comparación de técnicas utilizadas para la determinación de muestras necesarias para el estudio de tiempos. *PADI Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10*(19), 30-41. Obtenido de https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/619/1/Comparacion%20de%20tecnicas%20utilizadas.pdf

Livaque, A., & Peña, D. (2020). *ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA DE ALIMENTOS BALANCEADOS KIME E.I.R.L. - CHICLAYO 2019.* Pimentel. Obtenido de https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/8031/Livaque%20Gonzales%2c%20Alexander%20%26%20Pe%c3%b1a%20Figueroa%2c%20Dany.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Loor, D. (2022). *OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE*

ALIMENTO BALANCEADO APLICANDO LA INGENIERÍA DE MÉTODOS EN LA EMPRESA AGROPECUARIA BRILOOR S.A DE PORTOVIEJO. Ecuador. Obtenido de http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/17289/1/85T00708.pdf

Meller, P. (2019). *Cobre chileno:productividad,innovación y licencia social.* Javiera Pérez M. Obtenido de https://www.cieplan.org/wp-content/uploads/2019/09/PAPER-PATRICIO-MELLER.pdf

Meyers, F. (2000). *Estudios de tiempos y movimientos: para la manufactura gil.* Pearson. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=cr3WTuK8mn0C&dq=metodolog%C3%ADa+de+estudio+de+tiempos&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s

Minño, G., Moyano, J., & Santillán, C. (2019). Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro. *Ingeniería Industrial, 50*(2), 110-122. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/3604/360459575002/360459575002.pdf

Nantes, E. (2019). EL MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS PARA LA TOMA DE DECISIONES. REPASO DE LA METODOLOGÍA Y APLICACIONES. *Investigación Operativa, 17*(46), 54-73. Recuperado el 12 de junio de 2023, de file:///C:/Users/Tony/Downloads/fvillarreal,+6.+T4601.pdf

Nantes, E. (2019). EL MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS PARA LA TOMA DE DECISIONES. REPASO DE LA METODOLOGÍA Y APLICACIONES. *Investigación Operativa, 17*(46), 54-73. Obtenido de file:///C:/Users/Tony/Downloads/fvillarreal,+6.+T4601.pdf

Pacheco, M. (2013). *El diagrama de Pareto rediseñado.* Obtenido de https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/10305#.YKlxgahEEwk.mendeley

Pérez, A. (24 de abril de 2021). *VAN y TIR, dos herramientas para la viabilidad y rentabilidad de una inversión*. Obtenido de OBS Business School: https://www.obsbusiness.school/blog/van-y-tir-dos-herramientas-para-la-viabilidad-y-rentabilidad-de-una-inversion#:~:text=Diferencia%20entre%20VAN%20y%20TIR&text=Las%20siglas%20VAN%20corresponden%20al,en%20recuperar%20su%20inversi%C3%B3n%20inicial.

Ramos, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica, 10*(1), 1-7. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7890336.pdf

Roberto, M. (2014). VALOR ACTUAL NETO Y TASA DE RETORNO: SU UTILIDAD COMO HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN. *Fides et Ratio - Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2014000100006

Salazar, B. (28 de junio de 2019). *Suplementos del Estudio de tiempos*. Obtenido de https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/suplementos-del-estudio-de-tiempos/

Salazar, B. (26 de junio de 2019). *Valoración del ritmo de trabajo*. Obtenido de

https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/valoracion-del-ritmo-de-trabajo/

Salazar, P. (2022). *INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN CARGUÍO Y ACARREO MEDIANTE LA DISMINUCIÓN DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PAD DE LIXIVIACIÓN CIÉNAGA NORTE EN CIA. MINERA COIMOLACHE S.A.* Obtenido de https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4705

Sánchez, A. (2019). Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos. *Rev. Digit. Invest. Docencia, 13*(1), 21. doi:http://dx.doi.org/10.19083/ridu.2019.644

Tejada, N., Gisbert, V., & Pérez, A. (2017). Metodología de estudio de tiempo y movimiento; introducción al GSD. *Ciencias*. Obtenido de https://www.3ciencias.com/articulos/articulo/metodologia-estudio-tiempo-movimiento-introduccion-al-gsd/

Vergaray, E., & Orihuela, M. (2022). *Propuesta de mejora para optimizar los tiempos de perforación efectiva con la finalidad de incrementar la productividad en una contrata de perforación diamantina de la Unidad Minera San Cristóbal aplicando ingeniería de métodos y TPM.* Lima. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/659006

Vílchez, M., Cáceres, M., & Castro, D. (2021). El estudio de tiempo con cronómetro en un proceso extractivo minero subterráneo. *DYNA*, 152-158. Obtenido de https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/91738/80869

Washington, T. (9 de septiembre de 2022). *PPM 101: Cómo utilizar eficazmente la matriz de prioridades*. Obtenido de https://acuityppm.com/es/ppm-101-como-utilizar-eficazmente-la-matriz-de-prioridades/

Zamora, D., Guzmán, V., Cordero, M., & Sánchez, E. (2019). *Sistemas de Producción: Análisis de las actividades primarias de la cadena de valor.* ESIC. Obtenido de https://books.google.com.pe/books/about/Sistemas_de_Producci%C3%B3n.html?id=qj64DwAAQBAJ&redir_esc=y

ANEXOS

ANEXO N° 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable independiente: Estudio de tiempos y movimientos	Herramienta utilizada para determinar el tiempo de una actividad con la finalidad de eliminar o mejorar lo innecesario para la mejora del rendimiento del proceso (Alfaro & Moore, 2020).	La evaluación de este estudio se centra en los movimientos del trabajador y el tiempo que le toma realizar la actividad.	Estudio de movimientos	$Actividades\ productivas = \frac{Actividades\ que\ añaden\ valor}{Total\ de\ actividades} \times 100$	Razón
			Estudio de tiempos	$Tiempos\ productivos = \frac{Tiempo\ de\ actividades\ que\ añaden\ valor}{Tiempo\ total\ de\ actividades} \times 100$ $Tiempo\ estándar = Tiempo\ normal \times (1 + suplementos)$	
Variable dependiente: Rendimiento	Hace referencia al resultado que se obtiene de la producción respecto a un objetivo propuesto en un periodo de tiempo (Carhuayal, 2020).	Se obtiene de la relación entre la cantidad producida y la cantidad que podría hacerse producido.	Rendimiento de la producción	$Rendimiento = \frac{Cantidad\ producida\ (kg)}{Cantidad\ programada\ (kg)} \times 100$	Razón

ANEXO N° 2: ANÁLISIS JERÁRQUICO PARA MATRIZ FACTIS

Factor de ponderación para la Matriz FACTIS

Valor X_{ij}	Comparación del criterio i con el criterio j
1	Igualmente importante
2	Ligeramente más importante
3	Notablemente más importante
4	Demostrablemente más importante
5	Absolutamente más importante

Nota. Tomado de "el método Analytic Hierarchy Process para la toma de decisiones. Repaso de la metodología y aplicaciones" por Nantes, (2019), *Investigación Operativa, 17*(46).

Factor de ponderación para la Matriz FACTIS

Ponderación de los criterios	Facilidad para solucionarlo	Afecta a otras áreas su implementación	Mejora la calidad	Tiempo que implica solucionarlo	Requiere inversión	Mejora la seguridad industrial	Factor de ponderación
Facilidad para solucionarlo		4	1	1	1	1	2
Afecta a otras áreas su implementación	1		1	1	1	1	1
Mejora la calidad	5	4		4	3	3	4
Tiempo que implica solucionarlo	1	2	1		1	1	1
Requiere inversión	1	3	1	1		2	2
Mejora la seguridad industrial	1	1	1	1	1		1

ANEXO N° 3: ANÁLISIS JERÁRQUICO PARA MATRIZ FACTIS

Factor de ponderación para la Matriz FACTIS

Valor X_{ij}	Comparación del criterio i con el criterio j
1	Igualmente importante
2	Ligeramente más importante
3	Notablemente más importante
4	Demostrablemente más importante
5	Absolutamente más importante

Nota. Tomado de "el método Analytic Hierarchy Process para la toma de decisiones. Repaso de la metodología y aplicaciones" por Nantes, (2019), *Investigación Operativa, 17*(46).

Factor de ponderación para la Matriz de selección de la contramedida

Ponderación de los criterios	Impacto	Facilidad de implementación	Nivel de urgencia	Factor de ponderación
Impacto		2	1	2
Facilidad de implementación	4		2	3
Nivel de urgencia	4	4		4

ANEXO N° 4: CAPACITACIÓN AL PERSONAL

ANEXO N° 5: CONVERSIÓN WAC MENSUAL

Fórmula por usar:

$$WACC_{\ mensual} = (1 + WACC_{anual})^{\frac{1}{12}} - 1$$