



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA MINAS

HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING APLICADA A
LA S.M “ORO INCA” PERTENECIENTE A LA CONCESIÓN
MINERA SHYRI CÓDIGO: 101203, UBICADO EN LA PROVINCIA
DEL AZUAY

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN MINAS

AUTORA:

MABEL ABIGAIL MOROCHO CABRERA

Macas – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA MINAS

HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING APLICADA A
LA S.M “ORO INCA” PERTENECIENTE A LA CONCESIÓN
MINERA SHYRI CÓDIGO: 101203, UBICADO EN LA PROVINCIA
DEL AZUAY

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN MINAS

AUTORA: MABEL ABIGAIL MOROCHO CABRERA

DIRECTOR: ING. LUIS PATRICIO TIERRA PÉREZ

Macas – Ecuador

2024

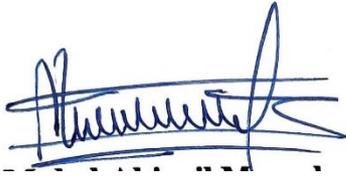
© 2024, Mabel Abigail Morocho Cabrera

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Mabel Abigail Morocho Cabrera, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 27 de mayo 2024



Mabel Abigail Morocho Cabrera

1105711608

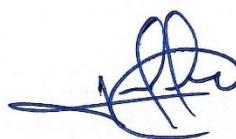
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA MINAS

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING APLICADA A LA S.M “ORO INCA” PERTENECIENTE A LA CONCESIÓN MINERA SHYRI CÓDIGO: 101203, UBICADO EN LA PROVINCIA DEL AZUAY**, realizado por la señorita: **MABEL ABIGAIL MOROCHO CABRERA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Jefferson Andrés Carranco López, MSc
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



2024-05-27

Ing. Luis Patricio Tierra Pérez, Mgs
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



2024-05-27

Ing. Eduardo Santiago Cazar Rivera, Mgs
ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



2024-05-27

DEDICATORIA

Dedico este logro con humildad, respeto y mucho amor a mi madre, quien con su ejemplo y sacrificio supo formar una persona de bien y enseñarme que no hay meta inalcanzable. A mis hermanos Orlando, William, Félix, María, Patricia, Diana, y Marisol que incondicionalmente supieron apoyarme y ser ese pilar fundamental para concluir esta etapa de mi vida. A mi alma gemela Nubia que, aunque las circunstancias de la vida no te permitieron embarcarte en esta travesía, siento que cada logro, desafío superado, lo hemos compartido juntas, tus palabras alentadoras y tu amor han sido mi ancla en los momentos difíciles. A mi amigo Fernando por ser ese amigo leal, que siempre estaba dispuesto ayudarme en los últimos momentos. A mi amiga María Emilia por motivarme en todo momento. A mi tutor de tesis Ing. Luis Patricio Tierra Pérez, por ser mi mentor durante mi formación académica, por alentarme en los momentos donde quería desistir. A mi Asesor de tesis Ing. Santiago Cazar, por darme ánimos y compartir sus conocimientos para plasmarlos en este proyecto. A Todos profesores, que con sus enseñanzas consejos y experiencias forjaron en mí el respeto, la disciplina y el conocimiento dentro y fuera de las aulas.

Mabel

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios que con su bendición me permite enfrentar los desafíos del día a día, a San Antoño que siempre camino conmigo en especial en los momentos más duros de mi vida. También un Dios le pague, a todos mis amigos y amigas que contribuyeron con un granito de arena para cumplir este anhelo tan deseado. Por último, a mi querida ESPOCH quien me brindo la oportunidad de fórmame en sus aulas, a mis estimados profesores que, con sus enseñanzas, experiencias, y consejos forjaron una profesional.

Mabel

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1	Planteamiento del problema.....	3
1.2	Justificación.....	4
1.3	Objetivos.....	5
1.3.1	<i>Objetivo General</i>	5
1.3.2	<i>Objetivos Específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	6
2.1	Bases conceptuales.....	6
2.2	Bases teóricas.....	9
2.2.1	<i>Antecedentes de Investigación</i>	9
2.2.2	<i>Lean Manufacturing</i>	11
2.2.3	<i>Objetivo de Lean Manufacturing</i>	11
2.2.4	<i>Herramientas de lean manufacturing</i>	12
2.2.5	<i>Mapeo de la cadena de valor MC</i>	13

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO.....	15
3.1	Zona de Estudio	15
3.2	Situación actual.....	17
3.3	Métodos, técnicas e instrumentos de investigación.....	17
3.3.1	<i>Método de muestreo</i>	<i>17</i>
3.3.2	<i>Procedimiento de toma de muestras</i>	<i>18</i>
3.3.2.1	<i>Método de recolección de datos in situ.....</i>	<i>18</i>
3.3.3	<i>Materiales, equipos y reactivos usados para la investigación</i>	<i>18</i>
3.3.3.1	<i>Materiales de campo.....</i>	<i>18</i>
3.3.3.2	<i>Materiales de gabinete.....</i>	<i>18</i>
3.4	Infraestructura interna de la mina.....	19
3.5	Operaciones en la mina	21
3.6	Diagrama de los procesos a estudiar	23
3.7	Detalle de cada uno de los procesos.....	24
3.7.1	<i>Supervisión</i>	<i>24</i>
3.7.1.1	<i>Observación</i>	<i>25</i>
3.7.1.2	<i>Diagrama de Ishikawa.....</i>	<i>27</i>
3.7.2	<i>Perforación.....</i>	<i>27</i>
3.7.2.1	<i>Observación</i>	<i>29</i>
3.7.2.2	<i>Diagrama de Ishikawa.....</i>	<i>31</i>
3.7.3	<i>Voladura.....</i>	<i>31</i>
3.7.3.1	<i>Observación</i>	<i>33</i>
3.7.3.2	<i>Diagrama de Ishikawa.....</i>	<i>34</i>
3.7.4	<i>Ventilación.....</i>	<i>34</i>
3.7.4.1	<i>Observación</i>	<i>36</i>
3.7.4.2	<i>Diagrama de Ishikawa.....</i>	<i>36</i>
3.7.5	<i>Desate</i>	<i>37</i>

3.7.5.1	<i>Observación</i>	38
3.7.6	<i>Carguío y Acarreo</i>	38
3.7.6.2.	<i>Observación</i>	41
3.7.6.3.	<i>Diagrama de Ishikawa</i>	42
3.8.	<i>Equipos de la Empresa</i>	43
3.9.	<i>Implementación de la MCV</i>	44
3.9.1.	<i>Adaptaciones al mapa de la cadena de valor</i>	45
3.9.2.	<i>Diseño y simbología de los mapas</i>	45
3.9.3.	<i>Recopilación de datos en campo</i>	47

CAPÍTULO IV

4.	<i>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</i>	50
4.9.	<i>Mapa del estado actual de la cadena de valor (VSM)</i>	52
4.9.1.	<i>Tack time actual</i>	54
4.10.	<i>Propuesta e implementación de las herramientas Lean</i>	54
4.10.1.	<i>Supervisión</i>	55
4.10.1.1.	<i>Propuesta</i>	55
4.10.1.2.	<i>Implementación</i>	55
4.10.2.	<i>Perforación</i>	56
4.10.2.1.	<i>Propuesta</i>	56
4.10.2.2.	<i>Implementación</i>	56
4.10.2.3.	<i>Mejora continua</i>	57
4.10.3.	<i>Voladura</i>	58
4.10.3.1.	<i>Propuesta</i>	58
4.10.3.2.	<i>Implementación</i>	58
4.10.4.	<i>Ventilación</i>	58
4.10.4.1.	<i>Propuesta</i>	58
4.10.4.2.	<i>Implementación</i>	58

4.10.5. Desate	59
4.10.5.1. <i>Propuesta</i>	59
4.10.5.2. <i>Implementación.....</i>	59
4.10.6. Carguío y acarreo.....	60
4.10.6.1. <i>Propuesta</i>	60
4.10.6.2. <i>Implementación.....</i>	60
4.10.7. Proceso de explosivos.....	60
4.10.7.1. <i>Propuesta</i>	60
4.10.7.2. <i>Implementación.....</i>	60
4.11. Mapa del estado Futuro de la cadena de valor (VSM)	62
4.11.1. <i>Tack time Futuro.....</i>	64

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
5.1. Conclusiones	65
5.2. Recomendaciones	66

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Datos Generales de la Empresa	15
Tabla 3-2: Materiales y herramientas usadas en esta investigación.....	18
Tabla 3-3: Materiales de gabinete.....	18
Tabla 3-4: Equipos y herramientas del proceso de supervisión.....	25
Tabla 3-5: Equipos y herramientas del proceso de perforación.....	29
Tabla 3-6: Características de la perforadora YT 27	30
Tabla 3-7: Equipos y herramientas del proceso de supervisión.....	32
Tabla 3-8: Personal, equipos, materiales y herramientas en el proceso de ventilación	36
Tabla 3-9: Personal, equipos, materiales y herramientas en el proceso de desate	38
Tabla 3-10: Personal, equipos, materiales y herramientas en el proceso de desate	41
Tabla 3-11: Equipos de la mina S.M.O.I	43
Tabla 3-12: Indicadores de productividad	46
Tabla 3-13: Fórmulas que se pondrán en práctica.	47
Tabla 3-14: Formato ejemplo de toma de datos de los procesos constructivos	47
Tabla 3-15: Formato utilizado para la toma de % de cada proceso	48
Tabla 3-16: Formato utilizado para la toma de datos que no agregan valor al proceso.....	48
Tabla 3-17: Cálculo del Tack time.....	48
Tabla 4-1: Tiempos promedios sin las herramientas Lean en los procesos de la mina S.M. oro Inca.....	50
Tabla 4-2: Tiempos promedios totales.....	50
Tabla 4-3: Tiempos promedios con las herramientas Lean en los procesos de S.M. Oro Inca..	51
Tabla 4-4: Tiempo del Tack time actual	54
Tabla 4-5: Tiempo del tack time futuro.	64

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Proceso de la Herramienta 5S	12
Ilustración 2-2: Etapas del mapa de cadena de valor	14
Ilustración 3-1: Galería principal	19
Ilustración 3-2: Flujograma de las actividades de la empresa.....	21
Ilustración 3-3: Procesos para el estudio	23
Ilustración 3-4: Flujograma del proceso de supervisión.....	24
Ilustración 3-5: Camino de acceso para los trabajadores	26
Ilustración 3-6: Ishikawa - Uso inadecuado de EPP	27
Ilustración 3-7: Flujograma del proceso de perforación.....	28
Ilustración 3-8: Diagrama de Ishikawa	31
Ilustración 3-9: Diagrama de flujo del proceso de voladura	32
Ilustración 3-10: Desperdicio de emulsante	33
Ilustración 3-11: Diagrama de Ishikawa del proceso de voladura.....	34
Ilustración 3-12: Diagrama de flujo del proceso de ventilación.....	35
Ilustración 3-13: Diagrama de Ishikawa del proceso de ventilación.....	37
Ilustración 3-14: Trabajo del carguío y acarreo	39
Ilustración 3-15: Diagrama de flujo del proceso de transporte y acarreo.....	40
Ilustración 3-16: Diagrama de Ishikawa del proceso de carguío y acarreo.....	42
Ilustración 3-17: Palas en mal estado	42
Ilustración 3-18: Etapas del mapa de cadena de valor.....	44
Ilustración 3-19: Pasos para realizar el estado Actual	45
Ilustración 4-1: VSM Actual de los procesos de la empresa.....	53
Ilustración 4-2: Transformador trifásico	57
Ilustración 4-3: Antes (Derecha) y después (Izquierda) la implementación de 5S	59
Ilustración 4-4: Área de preparación de Explosivos.....	61
Ilustración 4-5: VSM futuro	63

ÍNDICE DE ANEXOS

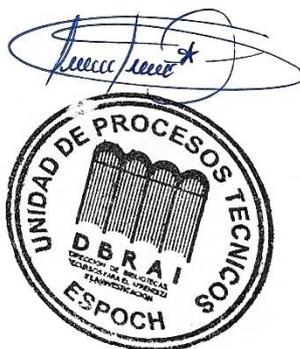
- Anexo A:** Defectos en los procesos de la empresa.
- Anexo B:** Tiempos de Supervisión
- Anexo C:** Tiempos no Contributorios en el proceso de Supervisión
- Anexo D:** Tiempos de Perforación
- Anexo E:** Tiempos de voladura
- Anexo F:** Tiempos de carguío y acarreo
- Anexo G:** Tiempos promedio de reparación de explosivos
- Anexo H:** Tiempos promedios actuales de la empresa
- Anexo I:** Tiempos promedios Promedio del ciclo total de los procesos
- Anexo J:** Tiempos promedios luego de la Mejora
- Anexo K:** Bocamina de la Mina Oro Inca
- Anexo L:** Esperas por desate
- Anexo M:** Sobrecarga de vagón a un solo obrero
- Anexo N:** Personal descendiendo por el camino dentro del carril de los vagones
- Anexo O:** Mayor Orden luego de la Aplicación 5S
- Anexo P:** Desechos de bolsas en las galerías
- Anexo Q:** Paradas en el proceso de perforación
- Anexo R:** Recopilación de datos.
- Anexo S:** Piques Inseguros sin cuerdas de agarre para el desplazamiento del personal
- Anexo T:** Escaleras y cuerdas de agarre en los piques sector winche principal
- Anexo U:** Herramientas en mal estado
- Anexo V:** Obstaculización en las galerías
- Anexo W:** Stand donde queda recogido la manguera y no obstaculiza el paso
- Anexo X:** Perforadora YT27
- Anexo Y:** Desperdicio y desorden de insumos de voladura
- Anexo Z:** Caminos por donde se produce el atascamiento de vagones
- Anexo AA:** Camino mejorado con tablones para evitar atascamientos
- Anexo BB:** Caminos mejorados y en orden.
- Anexo CC:** Voladora
- Anexo DD:** Orden y limpieza en las galerías

RESUMEN

En Ecuador, la minería contribuía con el 1.6% del PIB; sin embargo, se identificó un considerable potencial sin explotar debido a prácticas operativas empíricas y falta de estandarización en los procesos mineros, lo que resultaba en áreas de trabajo inseguras, pérdida de tiempo en los ciclos de trabajo, despilfarros, cuellos de botella y pérdidas económicas para las empresas mineras. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue, la aplicación e implementación de herramientas de Lean Manufacturing en la S.M. “ORO INCA”, perteneciente a la concesión minera Shyri código: 101203, ubicada en la provincia del Azuay, tuvo como objetivo principal mejorar los procesos mediante una metodología mixta y una población de estudio aleatoria. Se implementaron modelos de mejora que maximizaron el rendimiento de equipos y maquinarias mediante metodologías probadas, estandarizando así procesos y procedimientos, minimizando los riesgos operativos y mejorando la seguridad en el lugar de trabajo, aspectos cruciales para la productividad minera. Además, al analizar el mapa de la cadena de valor, se identificó un tiempo elevado de jornada laboral, donde el tiempo productivo por turno era de 10 horas debido a estas deficiencias. Tras la implementación de Lean Manufacturing y la realización de un nuevo VSM, se proyectó reducir la jornada laboral a 8 horas, cumpliendo con la normativa vigente. En conclusión, la aplicación de Herramientas Lean Manufacturing permitió identificar, mejorar y reducir los ciclos de tiempo en los procesos y operaciones que presentaban defectos como desperdicios, tiempos muertos, actividades repetitivas, herramientas deficientes y procedimientos inadecuados. Estos aspectos afectaron directamente el ciclo de las operaciones, traduciéndose en retrasos en la línea de producción y pérdidas económicas adicionales.

Palabras clave: <HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING>, <CICLOS DE TIEMPO>, <VALUE STREAM MAPPING>, <MEJORA DE PROCESOS>, <OPERACIONES MINERAS>.

0922-DBRA-UPT-2024

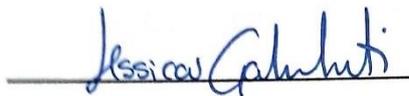


ABSTRACT

In Ecuador, mining contributed 1.6% of the GDP; however, considerable untapped potential was identified due to empirical operating practices and lack of standardization in mining processes, which resulted in unsafe work areas, loss of time in work cycles, waste, bottlenecks and economic losses for mining companies. Therefore, this study aimed to apply and implement Lean Manufacturing tools in S.M. "ORO INCA", belonging to the mining concession Shyri code: 101203, located in the province of Azuay. As a main objective intended to improve processes through a mixed methodology and a randomized study population. Improvement models were implemented and maximized the performance of equipment and machinery through proven methodologies, thus standardizing processes and procedures, minimizing operational risks and improving safety in the workplace, crucial aspects for mining productivity. In addition, by analyzing the value chain map, a high working daytime was identified, as the productive time per shift was 10 hours due to these deficiencies. After the implementation of Lean Manufacturing and a new VSM, it was planned to reduce the working day to 8 hours, complying with current regulations.

In conclusion, the application of Lean Manufacturing Tools allowed identifying, improving and reducing time cycles in processes and operations that presented defects such as waste, dead times, repetitive activities, deficient tools and inadequate procedures. These aspects directly affected the operations cycle, as a result of the delays in the production line and additional economic losses.

Keywords: <LEAN MANUFACTURING TOOLS>, <TIME CYCLES>, <VALUE STREAM MAPPING>, <PROCESS IMPROVEMENT>, <MINING OPERATIONS>.



Lic. Jessica Galimberti Mg.

CI 175646848-2

INTRODUCCIÓN

La minería a nivel global representa una actividad fundamental para el desarrollo y progreso de los pueblos, puesto que todos los elementos presentes en nuestro entorno requieren de materias primas para su fabricación. Por tal razón, se establece como un pilar decisivo para el desarrollo económico, siendo prácticamente ineludible para el desarrollo de cualquier civilización o país.

Para la obtención de estos recursos, se emplean los métodos de minería a cielo abierto y subterráneo. La minería a cielo abierto implica la extracción superficial de minerales, mientras que la minería subterránea se realiza mediante operaciones bajo la superficie terrestre. Ambos métodos presentan distintas fases operativas que abordan diariamente desafíos relacionados con la eficiencia, la productividad y las condiciones de trabajo seguro.

Por esta razón es importante y crucial investigar metodologías, técnicas y aplicar las distintas herramientas que estas poseen, con el objetivo de mejorar cada etapa en las operaciones mineras, buscando resolver problemas desde un enfoque macro hasta llegar a corregir defectos específicos propios de la minería, incrementado la eficiencia operativa, mejorando las condiciones de trabajo y los impactos ambientales de una forma sostenibilidad y sustentable.

Lean Manufacturing es una filosofía y metodología que puede ofrecer una serie de beneficios significativos a la industria en general. La implementación de Herramientas de manufactura esbelta en la industria minera ha suscitado interés por su capacidad para perfeccionar los procesos. A pesar de que el enfoque de producción ajustada ha sido ampliamente implementado en el sector manufacturero, su aplicación en la minería plantea desafíos únicos debido a la naturaleza dinámica e incierta de las operaciones mineras

Las Herramientas de lean en la industria minera de América Latina es un tema que ha recibido una atención limitada en la investigación. Aunque algunos estudios han explorado la implementación de los principios lean en el contexto más amplio, es relevante destacar un estudio específico que evaluó el impacto de las herramientas lean en una mina subterránea en Chile, generando beneficios significativos. Aunque este estudio no se centra exclusivamente en América Latina, ilustra el potencial de los métodos lean para generar resultados positivos en el sector minero. (García-Alcaraz et al., 2022)

Los beneficios potenciales de aplicar los principios lean en la industria minera son notables, ya que se centran en la eliminación de desperdicios, la maximización del valor para el cliente y la

mejora de la eficiencia general del proceso . En el contexto de la minería, la implementación de lean busca eliminar los residuos y extraer valor, generando así beneficios tangibles que abarcan todos los aspectos y procesos de las operaciones mineras.

Los desafíos asociados con la implementación de principios lean en la industria minera incluyen la naturaleza dinámica de las operaciones mineras, la alta incertidumbre en varias operaciones unitarias y la necesidad de considerar toda la cadena minera, desde la exploración hasta la recuperación. Además, la falta de capacidad de controlar ciertos elementos en las operaciones mineras hace que la implementación de herramientas de Lean Manufacturing sea más desafiante en comparación con las plantas de fabricación controladas.

En Ecuador, la implementación de herramientas lean en la industria minera es escasa. Sin embargo, los estudios disponibles indican que la adopción de principios lean puede tener impactos positivos, como la reducción de desperdicios y la mejora de los procesos. Por ende, Investigaciones adicionales específicas para la industria minera en Ecuador sería fundamental para obtener información valiosa sobre los beneficios y desafíos potenciales asociados con la aplicación de herramientas de manufactura esbelta.

En este contexto, el presente trabajo de investigación tiene como propósito aplicar las Herramientas de Lean Manufacturing en la Empresa de explotación S.M “Oro Inca” para aumentar la productividad, establecer procedimientos y tiempos adecuados, además el uso eficiente de equipos y maquinaria, permitiendo que las líneas de operaciones trabajen en óptimas condiciones, todo esto traduciéndose en beneficios tanto de rendimiento como económicos, sociales y ambientales para la empresa.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La industria minera ha experimentado cambios significativos a lo largo del tiempo, evolucionando desde procesos empíricos hasta operaciones estandarizadas mediante la aplicación de tecnologías y metodologías comprobadas. Esta transformación la ha convertido en una de las industrias más relevantes a nivel global en términos económicos. Prácticamente todos los países, realizan algún tipo de minería, ya sea artesanal, pequeña o a gran escala.

En América Latina, esta actividad representa el 4.6% del Producto Interno Bruto (PIB), desempeñando un papel crucial en la economía regional. (Jácome-Pilatasig, Enríquez-Jaramillo y Caicedo-Atiaga, 2023,).

Por otro parte en el Ecuador, la contribución de la minería al PIB es del 1,6%. Aunque la actividad minera en el país ha tenido históricamente un enfoque de pequeña escala y de naturaleza empírica, los expertos reconocen un alto potencial minero.

Las industrias dedicadas a la extracción de minerales requieren mantener operaciones eficientes y ágiles. Es crucial para ellas implementar metodologías y técnicas que permitan la identificación, medición y mejora de cada uno de sus procesos. La carencia de estas herramientas puede dar lugar a problemas significativos, manifestados en procesos ineficientes, condiciones de trabajo inseguras y pérdida de tiempo, afectando la parte económica de la sociedad. Por ende, resulta fundamental que todas las empresas mineras incorporen diversas metodologías de mejora continua. Estas metodologías tienen como objetivo la eliminación de desperdicios, la reducción de tiempos muertos y la identificación de actividades que no agregan valor a los procesos, contribuyendo así a una operación más eficiente y rentable.

A pesar de los desafíos que implica la implementación de estas herramientas en el campo minero, existen casos de éxito que evidencian los beneficios potenciales de su aplicación, teniendo en cuenta que la información específica sobre su implementación es limitada, se pueden inferir los principios generales de las herramientas de lean Manufacturing y adaptarlos para lograr una producción más eficiente.

Por lo antes expuesto surge la necesidad de realizar un estudio técnico denominado “HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING APLICADA A LA S.M, “ORO INCA” PERTENECIENTE A LA CONCESIÓN MINERA SHYRI CÓDIGO: 101203, UBICADO EN LA PROVINCIA DEL AZUAY” las misma que permitirá mejorar los procesos y recursos de la empresa, traduciéndose estos en beneficios económico.

1.2 Justificación

Actualmente la minería en el Ecuador representa el 1.6 por ciento del producto interno bruto, pero los expertos reconocen un alto potencial minero. Esto puede estar ligado a que ciertas empresas mineras en el país no lo toman a la minería con gran importancia como se debe, y se lo realiza de manera empírica sin establecer tiempos, ciclos en cada operación y mucho menos el adecuado uso de las capacidades y condiciones técnicas de sus equipos y maquinarias, por tal motivo es de suma importancia establecer o crear modelos de mejoras que permitan aprovechar cada uno de nuestros equipos a su máximo rendimiento aplicando metodologías, técnicas, disciplinas ya conocidas que permitan estandarizar procedimientos que sean de fácil aplicación y uso.

La aplicación de estas herramientas es sin duda muy relevantes para la supervivencia de las operaciones mineras a futuro. Además, en el corto plazo ayudará a las empresas a reducir sus costos significativamente como ya lo están haciendo en algunos casos excepcionales. En el ámbito académico despertará el interés de los estudiantes e interesados para que puedan seguir investigando, y puedan ver cómo aplicar estas herramientas en las diferentes áreas de un proyecto minero.

La falta de aplicación de herramientas de manufactura esbelta en la minería puede generar diversos problemas, como la reducción de la eficiencia y productividad de la actividad minera. Por tal razón el diseño de un modelo operacional en los procesos de minería mediante la aplicación de herramientas de manufactura esbelta se enfoca en la eliminación de actividades que no agregan valor y la optimización de los procesos para lograr una producción más eficiente. Aunque la implementación de la manufactura esbelta en la minería puede enfrentar desafíos, existen casos de éxito que demuestran los beneficios potenciales de su aplicación, sabiendo que la información específica sobre su implementación en la minería es limitada, se pueden inferir los principios generales de la manufactura esbelta y adaptarlos a la cadena minera para lograr una producción más eficiente y sostenible.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Mejorar los procesos en la S.M. “ORO INCA”, perteneciente a la concesión minera shyri código: 101203, ubicado en la provincia del Azuay, mediante la aplicación de Herramientas Lean Manufacturing para optimizar los procesos de producción.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar los principales procesos que presentan desperdicios mediante el análisis de la cadena de valor.
- Elaborar un diagrama causa efectos para determinar las causas de los desperdicios presentes en la cadena de valor.
- Aplicar herramientas de lean Manufacturing a los procesos de producción en la S.M, “ORO INCA”, ubicado en la provincia del Azuay.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Bases conceptuales

En el presente trabajo de investigación utilizará las siguientes bases teóricas para su realización:

- **Minería**

Minería, proceso de extracción de minerales (metálicos o no metálicos) de la tierra. (Jhon Lawrence Mero et al., 2023, p. 45)

- **Minería subterránea**

La minería subterránea es un método de extracción de minerales que se realiza debajo de la superficie terrestre, en oposición a la minería a cielo abierto, que se lleva a cabo en la superficie. (Bogotá DC, 2003, p. 65)

- **Operación minera**

La operación minera se refiere al conjunto de actividades y procesos involucrados en la extracción de minerales y recursos valiosos de la Tierra. (Herrera Herbert, 2020, p. 4)

- **Bocamina**

Entrada a la galería o pozo de una mina. (Real Academia Española, 2023, p. 44)

- **Perforar**

Perforar es el acto de hacer agujeros o perforaciones en la roca o suelo, utilizando una herramienta específico (Bogotá DC, 2003, pág. 130).

- **Barrenar**

Barrenar en minería se refiere al proceso de introducir el barreno en la matriz rocosa o en el suelo con el objetivo de perforar. (Raúl Duarte Diaz, 1993, p. 35)

- **Winche**

Es un equipo empleado en operaciones mineras para la elevación y manipulación de cargas, como el transporte de material. Puede ser accionado mediante electricidad. (Herrera et al., 2021, p. 22)

- **Vagón de carga**

Vehículo diseñado para transportar y manejar carga dentro de una mina. Son indispensables para el transporte eficiente de minerales y materiales dentro de las operaciones mineras, ya sea en la superficie o en instalaciones subterráneas.(Raúl Duarte Diaz, 1993, p. 5)

- **Acarreo**

Proceso de transporte de materiales, ya sean minerales, rocas u otros insumos, desde la zona de extracción hasta su destino final dentro o fuera de la mina. (Bogotá DC, 2003, p. 78)

- **Carguío**

Carga y transporte de material extraído desde la zona de extracción hasta un lugar específico dentro de la operación minera. (Raúl Duarte Diaz, 1993, p. 22)

- **Proceso**

Serie de pasos o acciones sistemáticas y coordinadas que se realizan con el objetivo de lograr un resultado o un objetivo específico.(Guillermo Westreicher, 2024, p. 2).

- **Procedimiento**

Un procedimiento es un conjunto de pasos o acciones secuenciales y organizadas que se llevan a cabo de manera sistemática para realizar una tarea o alcanzar un objetivo específico.(Carlos & Lezama, 2012, p. 88)

- **Eficaz**

Capacidad de lograr un resultado deseado o de cumplir con un objetivo de manera exitosa sin importar si se ha dado el mejor uso de recursos (Jhon Lawrence Mero et al., 2023, p. 7).

- **Eficiencia**

Capacidad de realizar una tarea, alcanzar un objetivo utilizando los recursos de la manera más efectiva y productiva posible (Paritripti, 2023, p. 45)

- **Productividad**

En minería, la productividad se refiere a la eficiencia con la que se extraer y procesan los minerales, utilizando los recursos disponibles de manera adecuada (Real Academia Española, 2023, p. 1)

- **Lean Manufacturing**

Modelo de gestión de un negocio, enfocado en la eliminación de desperdicios(Ingeniería Lean, 2014, p. 23-45)

- **Despilfarro**

Actividades que consumen tiempo, recursos y espacio, pero no contribuyen a satisfacer las necesidades del cliente. (Carlos & Lezama, 2012, p. 56)

- **La Producción Como Cadena de Valor**

El término de cadena de valor fue introducido por Michael Porter en 1985. Este concepto representa un modelo que describe los diversos procesos relacionados con la producción de una empresa, con el objetivo de añadir valor al producto y cumplir así con las demandas y expectativas del cliente.(Edgar David Rodríguez García & Mario Cano Gorra D, 2006, pp. 66-78)

- **Diagrama de Ishikawa**

Es una herramienta gráfica dentro de la filosofía Lean posibilita la representación de las causas que llevan a un efecto en un proceso. Esta técnica permite discernir e identificar la causa principal de un problema cuando este tiene múltiples factores contribuyentes.(Loow, 2015, pp. 45-67)

- **Tack time**

el "takt time" establece el ritmo al que debe completarse una unidad de producción para cumplir con la demanda del cliente sin generar exceso de inventario ni retrasos en la entrega. Es una herramienta esencial en la producción con flujo continuo y en la implementación de sistemas de producción Lean, ya que ayuda a sincronizar el proceso de fabricación con la demanda del mercado (Dobra & Jósваи, 2020, pp. 22-89).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Antecedentes de Investigación

Desde hace décadas, lean manufacturing ha venido aportando cambios significativos en todas las industrias, debido a la capacidad para mejorar la eficiencia, reducir costos y aumentar la competitividad. Por ende, el interés de aplicar estas herramientas en la industria minera, radica en la capacidad para eliminar desperdicios (tiempos de espera en los procesos) y mejorar la utilización de recursos disponibles, tales como humanos, económicos y tecnológicos. Además, promueve una cultura de mejora continua.

Esta filosofía nace gracias a los esfuerzos de F.W. Taylor y Henry Ford en Estados Unidos, quienes introdujeron técnicas para mejorar la producción en serie, pero alcanzó su máxima éxito en Japón a lo largo del siglo XX. Sakichi Toyoda, junto con su hijo Kiichiro, fundaron en 1937

la Toyota Motor Company y sentaron las bases del Lean Manufacturing y el Toyota Production System. Estos sistemas se inspiraron en los innovadores telares desarrollados por Sakichi Toyoda, que contenían un dispositivo llamado Jidoka para detectar problemas de calidad en tiempo real (Sistemas OEE, 2019, pp. 56-78)

En 1948, Kiichiro entregó la dirección de Toyota a su sobrino, Eiji Toyoda, quien consiguió situar a la empresa a la vanguardia de la industria automovilística mundial e incorporó nuevos conceptos revolucionarios de la época, como la producción justo a tiempo (JIT). Fue obra de un ingeniero como Taiichi Ohno, o el Mantenimiento Productivo Total (TPM) y su efectividad global del equipo (OEE) fue obra de otro ingeniero histórico como Seiichi Nakajima (Sistemas OEE, 2019, p. 81).

(Herrera et al., 2021) en sus tesis titulada “Modelo de implementación de mantenimiento lean para incrementar la Eficiencia Global de los Equipos mineros de acarreo través del Mantenimiento Productivo Total y mejora continua” concluye que un estudio reúne las buenas prácticas de Lean Manufacturing en minería e integra el Mantenimiento Productivo Total en un modelo que puede ser aplicado en una compañía minera sin restricción alguna, basado en las técnicas y herramientas más exitosas del sector, sentando las bases en el área de mantenimiento. De esta forma, se fortalecen los esfuerzos de otros autores, que diseñaron metodologías para que Lean sea adaptado en la minería, empezando con Mantenimiento Productivo Total (p. 63).

(Monja Cruz & Panta Huaman, 2021), en su tesis titulada “Propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing para incrementar la productividad en la empresa Insumex S.A., Lima 2021”, Determinó que la productividad parcial y total en los procesos de Chancado, Secado, Molienda y ensacado del área de producción, considerando la producción obtenida y los recursos empleados de horas – máquina, horas – hombre y materia prima en el primer trimestre 2021 (p, 44).

(Steven et al., 2022) Menciona que, en la manufactura esbelta, el método que es SMED y VSM puede aumentar el proceso de tiempo de entrega que anteriormente eran 3445 minutos para ser 2165 minutos (Pp. 88).

(RUIZ,2018) En su tesis titulada “PROPUESTA DE MEJORA EN LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN Y LOGÍSTICA MEDIANTE LAS METODOLOGÍAS MRP, LEAN MANUFACTURING, ESTUDIO DE TIEMPOS Y ECOINDICADORES PARA AUMENTAR

LA RENTABILIDAD EN LA CORPORACIÓN MINERA F&E SAC” , La propuesta de mejora en las áreas de Producción y Logística incrementó la rentabilidad sobre las ventas de un 21.53% a un 26.6%.

(Malpartida Gutiérrez & Termeño, 2020). En su artículo titulado “Implementación de las herramientas del Lean Manufacturing y sus resultados en diferentes empresas”, se aborda la optimización de los procesos productivos mediante la implementación de herramientas específicas, realizando un análisis comparativo entre las metodologías de Gestión de Calidad Total, Lean Manufacturing, con el fin de determinar el enfoque más eficaz. Los resultados revelan que la manufactura es el sistema más idóneo para aplicarse en las empresas productivas. (p. 55)

LA productividad minera en Ecuador ha mostrado tendencias positivas en los últimos años, con las exportaciones mineras del país alcanzando casi el 33% de dólares en 2022 en comparación con el año anterior (Carlos & Lezama, 2012, p. 78)

2.2.2 *Lean Manufacturing*

(Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013), Lean Manufacturing, también conocido simplemente como "Lean", es una filosofía de gestión y una metodología de producción que se centra en la eliminación de desperdicios (muda) y actividades que no agregan valor al proceso, alcanzando de esta forma mejorar la eficiencia y la calidad en los procesos (Cavalcante et al., 2020, p. 67).

Al aplicar lean Manufacturing como un proceso de mejora continua se obtienen beneficios como: reducción de los costos de producción, de los inventarios, del lead time, mejora en la calidad, menor uso de mano de obra, mayor eficiencia en los equipos, mayor flexibilidad para reaccionar ante cambios, eliminación sistemática de los desperdicios.(Karla, 2004, pp. 4-19)

2.2.3 *Objetivo de Lean Manufacturing*

La eliminación del despilfarro, mediante la utilización de herramientas (TPM, 5S, SMED, Poka Yoke, Kaizen, heijunka, jidoka, etc.), que se desarrollaron fundamentalmente en Japón (Añaguari Yarasca & Gisbert Soler, 2016, pp. 45-67)

Los pilares de lean manufacturing son: la filosofía de la mejora continua, el control total de la calidad, la eliminación del despilfarro, el aprovechamiento de todo el potencial a lo largo de la cadena de valor de la empresa y la participación de los operarios. (Fuentes Pérez, 2021, p. 37)

2.2.4 Herramientas de lean manufacturing

El sistema esbelto se apoya en una variedad de técnicas y herramientas que pueden aplicarse en diferentes áreas de las operaciones de la organización, las más conocidas son las siguientes:

- **5S**

Se refieren a 5 palabras en japonés, cuyos significados son: Seiri (Clasificación), Seiton (Organizar), Seiso (Limpieza), Seiketsu (Estandarizar) y Shitsuke (Disciplinar), esta técnica se enfoca en eliminar desperdicios de las operaciones clasificando adecuadamente los artículos necesarios e innecesarios para el proceso; asignando un lugar para cada artículo u objeto en las operaciones; mantenimiento los activos; estandarizando los procesos y métodos de trabajo y repitiendo con frecuencia las primeras 4S para hacer el hábito de la mejora continua (Arriaga, 2018, p. 78)



Ilustración 2-1: Proceso de la Herramienta 5S

Realizado por: (Morocho, 2024)

- **SMED**

Es una herramienta de mejora continua que se utiliza para reducir el tiempo necesario para realizar cambios de herramientas o preparativos en los procesos de producción. Tiene como minimizar el tiempo de inactividad entre la producción de una pieza diferentes, lo que aumenta la eficiencia, reduce los costos y mejora la flexibilidad del proceso.(José & Rodríguez, 2018, pp. 4-45)

- **Trabajo estándar**

Es un parámetro que influye a muchas áreas de la gestión de la empresa, sobre todo si se trata de una empresa industrial. Además, el tiempo estándar es la materia prima para la gestión de la producción (De Ingeniería et al., 2022, pp. 33-50).

- **VSM**

Herramienta gráfica de análisis de los procesos de cualquier organización. El flujo del valor y el flujo de información se plasman visualmente en un mapa, haciendo evidente la correlación entre ambos (Silvia Zapater, 2023, p. 46).

2.2.5 Mapeo de la cadena de valor MC

Se presenta como una herramienta esencial para observar y comprender un proceso, así como para identificar posibles áreas de desperdicio. Su función principal radica en la capacidad de señalar fuentes de ventaja competitiva, facilitar la creación de un lenguaje común entre los participantes del proceso y comunicar eficazmente ideas de mejora.(Malpartida Gutiérrez & Termeño, 2020, p. 66)

Consiste en la técnica de visualizar un "mapa" o diagrama de flujo que ilustra cómo los materiales e información circulan de manera continua desde el proveedor hasta el cliente, con el objetivo de reducir y eliminar cualquier tipo de desperdicio (Ingeniería Lean, 2014, p. 55)

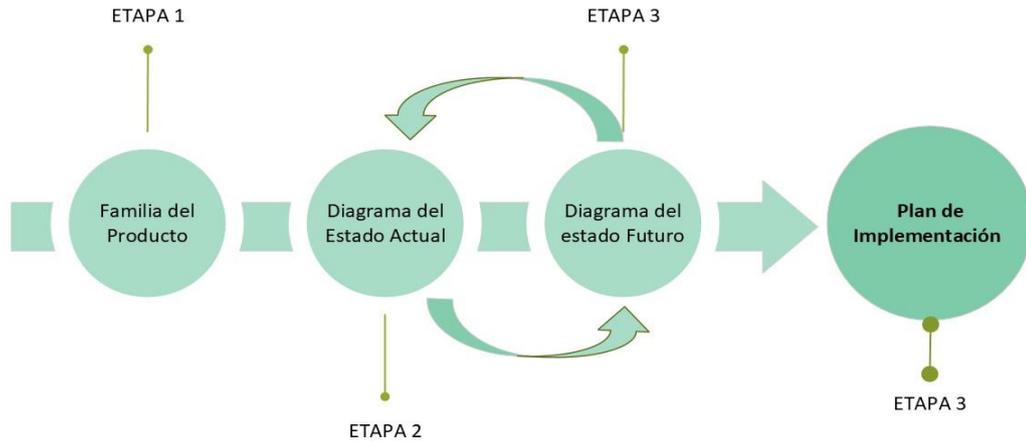


Ilustración 2-2: Etapas del mapa de cadena de valor

Realizado por: (Morocho, 2024)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

El presente trabajo tiene como objetivo mejorar los procesos en la S.M. "ORO INCA", para lograr este objetivo, se seguirá una metodología con un enfoque mixto que consta de tres etapas principales.

En la primera etapa, se realizará un esquema de la cadena de valor o situación actual, para identificar los principales procesos que presentan desperdicios, permitiendo comprender cómo se crea valor en la operación minera y dónde se generan deficiencias que afecten las actividades. En la segunda etapa del proceso, se procederá a elaborar un diagrama causa-efecto con el fin de determinar las causas raíz de los desperdicios identificados en la cadena de valor.

Este diagrama será una herramienta valiosa para visualizar y comprender las relaciones entre las causas y los efectos, lo cual permitirá identificar claramente las áreas clave que requieren mejoras y las acciones necesarias para eliminar o reducir los desperdicios.

En la tercera etapa, se implementa las herramientas de Lean Manufacturing a los procesos de producción en la S.M. "ORO INCA". Estas herramientas, como el mapeo de flujo de valor, el kaizen, entre otras, se utilizarán para mejorar los flujos de trabajo, eliminar desperdicios, reducir tiempos de espera.

3.1 Zona de Estudio

En la siguiente tabla se detalla algunas características de la zona de estudio.

Tabla 3-1: Datos Generales de la Empresa

DATOS GENERALES	
Nombre del Proyecto	Oro Inca
Provincia - Cantón	Azuay- Santa Isabel
Parroquia	Cañaribamba
Sector	Vicadel
Código catastral	101203
Titular	Carrión Feijoo José Orlando
Tipo de solicitud	Concesión Minera

Fecha de inscripción	24/4/2010
Material de interés	Oro – Plata
Superficie	5 hectáreas
Producción	4 T/día - 88T/mes

Realizado por: Morocho, 2024

El proyecto "Oro Inca" está ubicado en la provincia de Azuay, cantón Santa Isabel, específicamente en la parroquia Cañaribamba, sector Vicadel. El mineral de interés es la extracción de oro y plata en una superficie de 5 hectáreas, con una producción estimada 88 toneladas al mes.

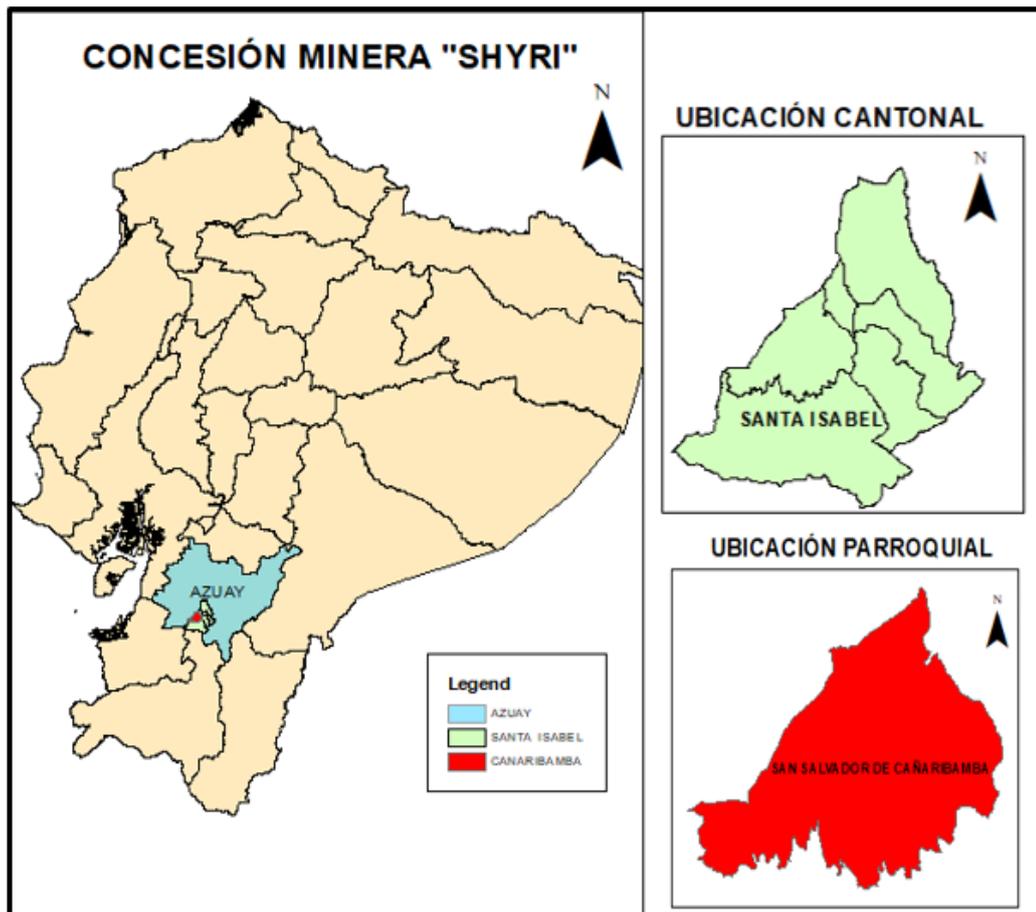


Ilustración 3-1: Ubicación geográfica de la zona de estudio

Realizado por: Morocho, 2024.

En la ilustración 3, la sociedad minera Oro Inca con código 101203 se encuentra ubicada al sur - oeste del Ecuador, provincia del Azuay, cantón Santa Isabel, parroquia Zhagli. Está formada por 5 hectáreas, por tal razón pertenece a pequeña minería donde se desarrolla labores de exploración y explotación.

La bocamina se encuentra a una altura de 2452 metros sobre el nivel del mar y teniendo como principales minerales a extraer el oro y la plata.

3.2 Situación actual

Actualmente la industria minera, ya sea esta artesanal, pequeña, mediana o gran escala se encuentran en la constante búsqueda de estrategias que les permitan incrementar su productividad, reducir costos de operación los mismos que se reflejan en el aumento de sus ingresos. En este aspecto se busca aplicar herramientas, técnicas, metodologías, estrategias de ingeniería y mejora continua que ayudan a identificar las actividades que no agregan valor a nuestro proceso productivo.

La mina Sociedad Minera Oro Inca, no es la excepción de para buscar herramientas de mejora continua ya que, al ser una empresa de pequeña minería, tiene desperdicios, jornadas de trabajo largas entre otros. Para determinar el estado actual de la empresa en cada una de las áreas se elaboró el “Value Stream Mapping” (VSM), una herramienta muy potente y sencilla que sirve para representar gráficamente el estado actual y futuro del sistema de producción.

La infraestructura está conformada con una galería principal de aproximadamente de 21 metros y 6 niveles, mismos que se están conectados por 2 piques, uno principal que conecta a todos los niveles entre sí, y un segundo pique por el cual se transporta el material hasta la superficie.

El sistema cuenta con dos winches, el primer encargado del arrastre de los vagones con material desde el ultimo nivel hasta la tolva de almacenamiento ubicada en el primer nivel. El segundo winche se encarga del arrastre de los vagones desde la tolva, hasta la galería principal, posteriormente los vagones se transportan manualmente (empuje) hacia la parte exterior de la mina para su acopio y procesamiento.

3.3 Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

3.3.1 Método de muestreo

El muestreo se llevó a cabo en el cantón Santa Isabel, parroquia de Cañaribamba, Mina S.A. Oro Inca, durante dos jordanas de 22/8 de trabajo.

3.3.2 Procedimiento de toma de muestras

3.3.2.1 Método de recolección de datos in situ.

La recolección de datos in situ permite una comprensión más completa y precisa de los procesos mineros, se podrá observar, medir y registrar datos relevantes en tiempo real.

3.3.3 Materiales, equipos y reactivos usados para la investigación

3.3.3.1 Materiales de campo

Tabla 3-2: Materiales y herramientas usadas en esta investigación

Materiales, herramientas y equipos	Uso
Esferos y libreta	Para la toma de apuntes.
EPP de minería	Para la protección personal
Brújula	Para tomar coordinas y puntos donde se está realizando el trabajo
Cronometro	Para tomar los tiempos
Distanciómetro	Toma de longitud o distancias en la mina

Realizado por: Morocho, 2024.

3.3.3.2 Materiales de gabinete

Tabla 3-3: Materiales de gabinete

Materiales, herramientas y equipos	Uso
<ul style="list-style-type: none">• Apuntes	Para la toma de apuntes.
<ul style="list-style-type: none">• Calculado	Para el cálculo de tiempos
<ul style="list-style-type: none">• Computadora	Para la digitalización de información

Realizado por: Morocho, 2024.

3.4 Infraestructura interna de la mina

Bocamina



Ilustración 3-1: Galería principal

Realizado por: Morocho, 2024.

La bocamina es la entrada a la mina, la misma que tiene una longitud horizontal de 21 y un pique aproximado de 20 metros hasta el primer nivel donde se encuentra ubicado el winche secundario y la tolva de almacenamiento.

Primer nivel

El primer nivel se encuentra a una profundidad de 20 metros de la bocamina, y tiene un frente de explotación con orientación SO. Dentro de este nivel, se halla una tolva subterránea, que tiene la capacidad de almacenar 20 toneladas, un winche con una potencia de 12hp, que se encarga del arrastre de los vagones, En esta sección el transporte del material recae en el primer winche, encargado de extraer los materiales del tercer y cuarto nivel hacia la galería principal.

Segundo nivel

EL segundo nivel se encuentra a una profundidad de 21,7 m del primer nivel y está enlazado con el pique 2 por donde el material asciende en vagones hacia la wincha principal, para luego ser depositado en la tolva. Presenta dos frentes de trabajo; el primero con dirección NE con 48 metros de avance, mientras que el segundo frente, con 71 metros con dirección SO.

Tercer nivel

El tercer nivel está a una profundidad de 20,83 m del segundo nivel. Cuenta con dos frentes activos dedicados a tareas de exploración y explotación. El primer frente, orientado hacia el NE, abarca una distancia de 43 metros, mientras que el segundo frente, con dirección SO, se extiende a lo largo de 56 metros. Este nivel está vinculado al segundo pique.

Cuarto nivel

El cuarto nivel se encuentra a una profundidad de 22 m del tercer nivel. Tiene dos frentes de trabajo. El primer frente se encuentra con dirección NE con una distancia de 35m y el segundo frente con dirección SO, con un avance de 67 metros. La extracción del Material se lo realiza a través de un vagón o burra la cual es jalada por el segundo winche hacia la tolva de descarga.

Quinto nivel

El quinto nivel se encuentra a 19 m del cuarto nivel. Tiene dos frentes de avance. El primer frente se encuentra con dirección NE con una distancia de 54 m y el segundo a 47 metros con dirección SO. Se usa el segundo winche para la extracción del Material.

Sexto nivel

El sexto nivel está a 21.30 m del quinto nivel. Cuenta con primer frente se encuentra con dirección NE con una distancia de 19 m y el segundo frente con dirección SO, con un avance de 27 metros. La extracción del material se lo realiza a través del segundo winche hacia la tolva de descarga.

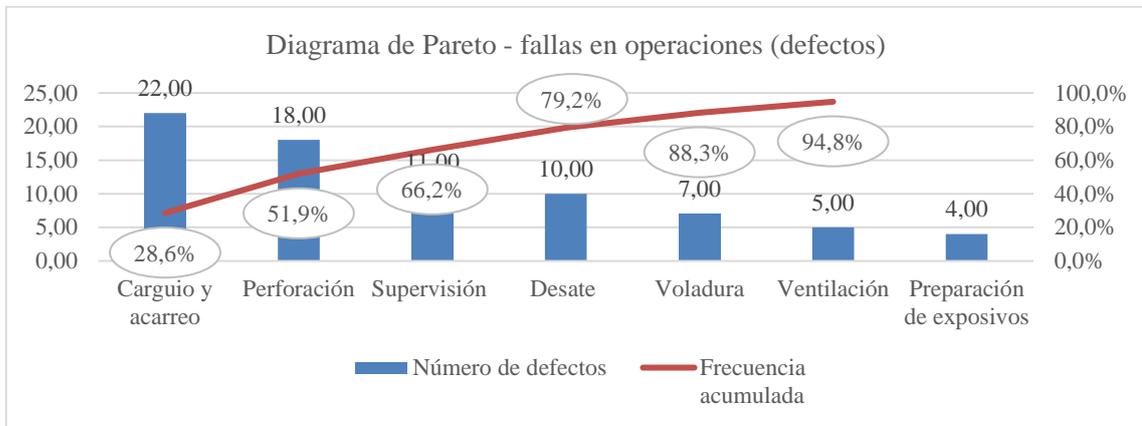
3.5 Operaciones en la mina



Ilustración 3-2: Flujograma de las actividades de la empresa

Realizado por: Morocho, 2024.

Para analizar los defectos o fallas en cada proceso se usó el diagrama de Pareto para poder identificar cual proceso se tomará en cuenta.



Gráfica 3-1: Fallas en operaciones

Realizado por: Morocho, 2024.

Como resultado se obtuvo que los procesos con mayores defectos o fallas es el proceso de carguío y acarreo con 28,6% problemas, perforación con 59,9% y supervisión con el 66%.

La mina cuenta con una producción mensual de 66, 44 dólares., con un costo de producción diario de \$ 300 en la jornada de 10 horas.

3.6 Diagrama de los procesos a estudiar

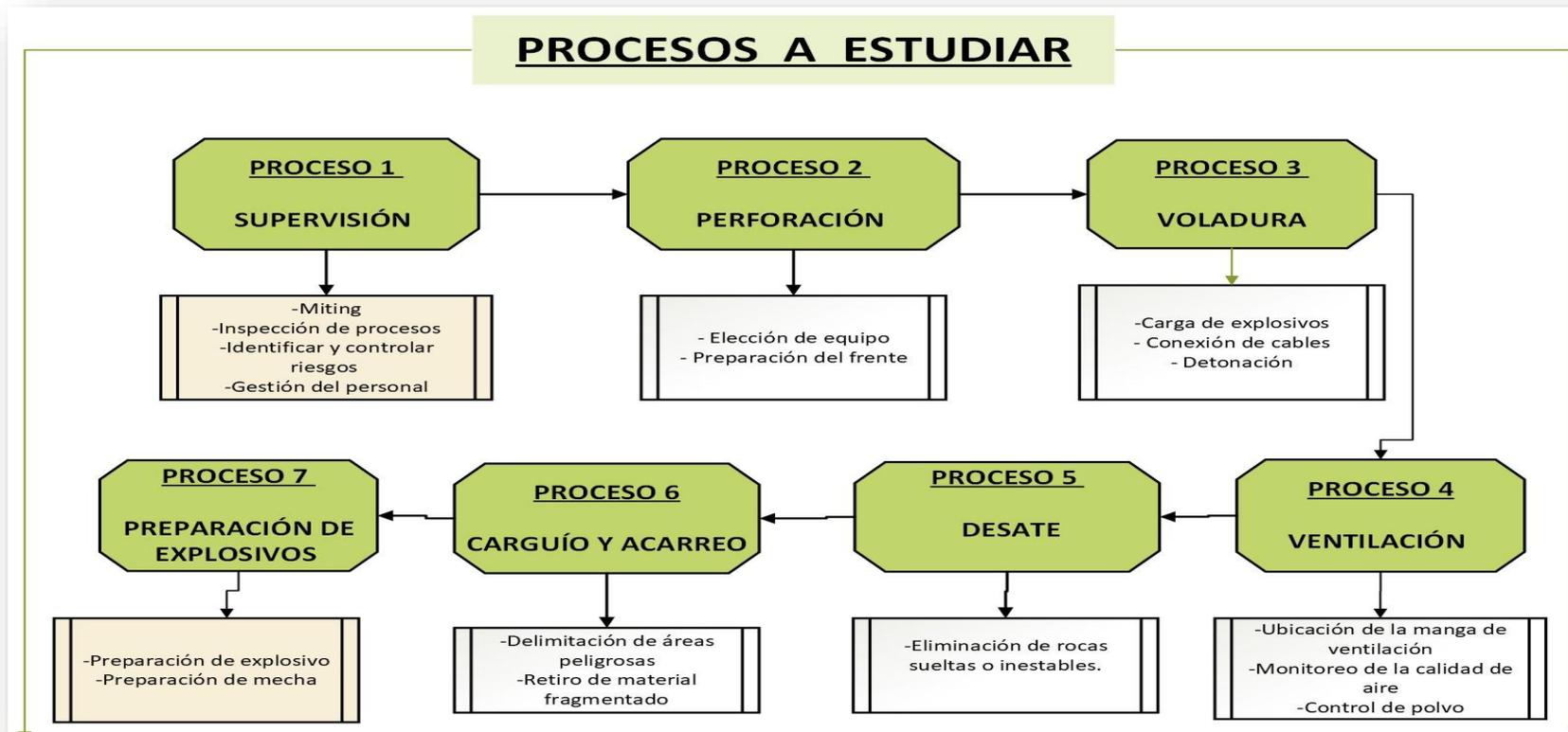


Ilustración 3-3: Procesos para el estudio

Realizado por: Morocho, 2024.

3.7 Detalle de cada uno de los procesos

3.7.1 Supervisión

Todas las operaciones en la mina Sociedad Minera Oro Inca, son supervisadas por el encargado de turno, el cual tiene la obligación de realizar la inspección, evacuación o bombeo de agua, verificación de ventilación y estado actual de todos los frentes, con el fin de que ingresen los trabajadores a la mina de forma segura. Después de la supervisión se debe esperar alrededor de 40 min, por tal motivo este trabajo se lo realiza con antelación.

A continuación, se presenta el flujograma del proceso de supervisión, con cada una de las actividades y procedimientos que debe a diario. Evalúa

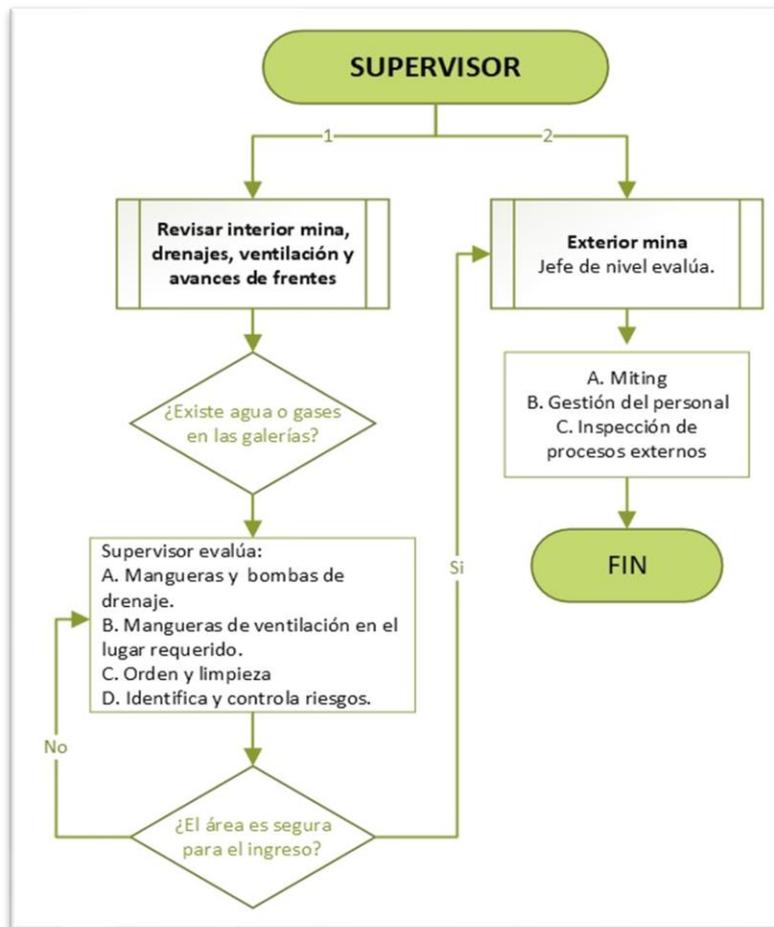


Ilustración 3-4: Flujograma del proceso de supervisión

Realizado por: Morocho, 2024.

La siguiente tabla muestra los equipos, herramientas y número de personas que laboran en este proceso y las deficiencias de estas.

3-4: Equipos y herramientas del proceso de supervisión

Personal		Deficiencia/o Problemas
<ul style="list-style-type: none"> Supervisor 	Encargado de supervisar las operaciones	<ul style="list-style-type: none"> No cuentan con hojas de registros impresas. Camino inadecuado para la circulación rápida y segura Acumulación de agua Difícil descenso y ascenso al nivel 4, 5 y 6
Equipos		
<ul style="list-style-type: none"> Distanciómetro 	Se utiliza para realizar mediciones de manera rápida.	Ninguna
<ul style="list-style-type: none"> Bomba de drenaje 	Son utilizadas para el drenaje y extracción de aguas subterráneas en operaciones mineras, especialmente en zonas áridas	Ninguna
Herramientas		
<ul style="list-style-type: none"> Brújula 	Se utiliza para medir ubicación de frentes y galerías en interior mina	Ninguna

Realizado por: Morocho, 2024.

3.7.1.1 Observación

De esta operación, se pudo observar que la deficiencia la presenta el personal de supervisión, ya que se tiene tiempos largos a la hora de supervisar cada uno de los frentes esto debido a los caminos empinados de los piques los cuales, al no contar con escaleras o

cuerdas de agarre para el ascenso y descenso, implica caminar con más cuidado y realizando distintas maniobras.



Ilustración 3-5: Camino de acceso para los trabajadores

Realizado por: Morocho, 2024.

Además, se observa el al personal se observa incumplimiento de los EPP. No llevan puestos los guantes para que de una forma u otra ayude a disminuir el riesgo de caídas, ya que con manos húmedas o mojadas es más probable que resbale al contacto con la superficie.

Se realiza la identificación las causas y los posibles efectos mediante la herramienta de mejora diagrama de Ishikawa.

3.7.1.2 Diagrama de Ishikawa

La siguiente imagen ilustra las causas y efectos en la demora del proceso de supervisión en los distintos frentes de trabajo por parte del supervisor encargado del turno.

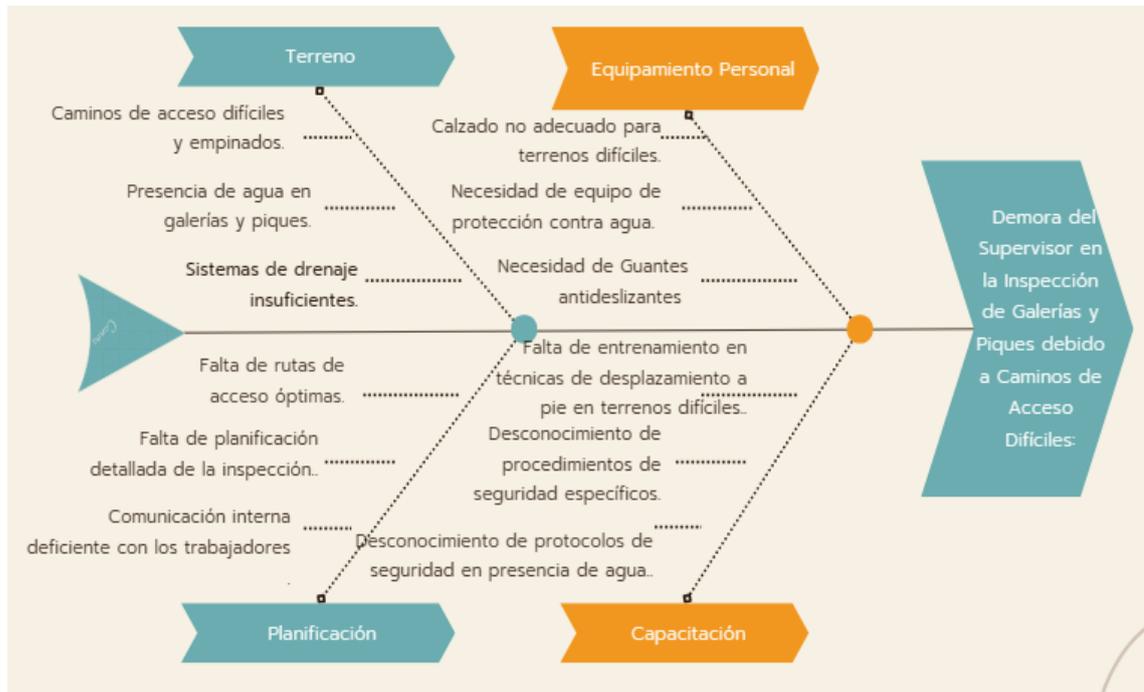


Ilustración 3-6: Ishikawa - Uso inadecuado de EPP

Realizado por: Morocho, 2024.

Se evidencia 4 causas y sus posibles efectos dando como resultado el problema de demora de supervisión en la inspección de galerías y piques debido a accesos difíciles para ascender y descender.

3.7.2 Perforación

El encargado de la perforación es responsable de supervisar y coordinar las operaciones de perforación destinadas a la exploración y extracción de minerales. (Fernanda et al., 2022) Su papel implica la planificación estratégica, la ejecución y el control de los trabajos de perforación, así como la gestión del equipo y de los recursos asociados con estas actividades. En este proceso el perforista identifica el frente de trabajo ordenado por el

supervisor, da la orden al ayudante para que solicite en el área de polvorín el número de explosivos, mientras que el verifica su EPP y herramientas que tiene en exterior mina e ingresan.

Una vez en el frente de perforación, verifican y evalúa el área de trabajo, realiza el diseño de cuña. Y realiza un breve chequeo de la perforadora YT27.

El ayudante es quien se encarga de la revisión del flujo de aire y agua, si esto se cumple proceden a ubicarse para la perforación de hoyos.

A continuación, se muestra un diagrama de flujo del proceso de perforación:

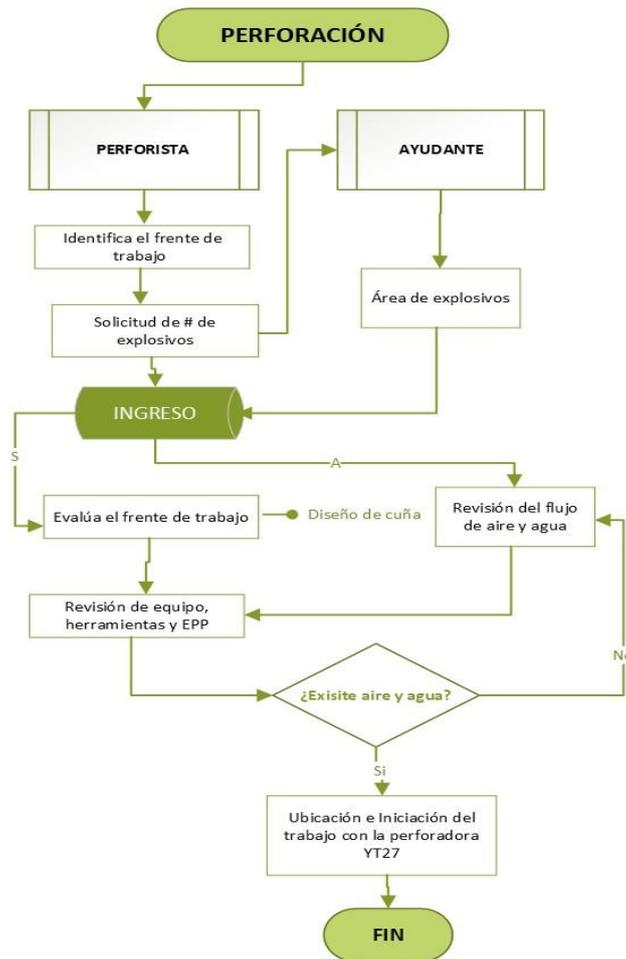


Ilustración 3-7: Flujograma del proceso de perforación

Realizado por: Morocho, 2024.

Equipos, herramientas y número de personas que laboran en el proceso de perforación y las deficiencias de estas.

Tabla 3-5: Equipos y herramientas del proceso de perforación

Personal		Deficiencias o Problemas
<ul style="list-style-type: none"> • Perforista • Ayudante 	El perforista es el encargado de manipular la perforadora. Ayudante es quién se encarga de guiar el barreno en la roca	<ul style="list-style-type: none"> • No cuentan con los EPP adecuado
Equipos		
<ul style="list-style-type: none"> • 2 perforadoras YT27 	Equipo con un martillo neumático de alta calidad profesional utilizado en trabajos de perforación en minería subterránea	<ul style="list-style-type: none"> • Apagado inesperados de la perforadora.
<ul style="list-style-type: none"> • Compresor de aire 	El aire comprimido se utiliza para el funcionamiento de la perforadora.	<ul style="list-style-type: none"> • Ninguna.
<ul style="list-style-type: none"> • Bomba de agua 	Suministra agua a la perforadora con el fin de mantener la lubricación del barreno.	<ul style="list-style-type: none"> • Ninguna
Herramientas		
<ul style="list-style-type: none"> • Barrenos de 1:20 cm. 	Son utilizados para perforar la roca	<ul style="list-style-type: none"> • Ninguno

Realizado por: Morocho, 2024.

3.7.2.1 Observación

El mayor inconveniente en este proceso se centra en la perforadora, ya que se tiende a pagarse, debido a la caída de electricidad. A medida que la corriente eléctrica viaja a lo largo de los cables, se encuentra con resistencia, lo que puede resultar en una disminución del voltaje a medida que la distancia aumenta. Esta pérdida de voltaje puede ser significativa, especialmente en distancias largas como 300 metros.

En la siguiente tabla se presenta las características principales de la perforadora yt27

Tabla 3-6: Características de la perforadora YT 27

DESCRIPCION	
Peso	27kg
Consumo de Aire	177 cfm
Presión de Aire	92PSI
Longitud	668 mm
Diámetro de pistón	80mm
Frecuencia de Impacto	39hz

Realizado por: Morocho, 2024.

La perforadora YT27 encarna la conjunción de innovación y rendimiento confiable, estableciéndose como una elección sólida para operadores y empresas que buscan optimizar sus procesos de perforación con una herramienta de calidad superior. (Jonyy Catamayo Barros, 2017, p. 56).

Pero en la empresa es una de las maquinas más usadas. La fórmula de potencia mecánica se expresa como:

$$P = \frac{T \cdot w}{n}$$

Los valores son:

P : potencia (en vatios),

T : es el torque (en newton-metros),

w : es la velocidad angular (en radianes por segundo),

n : es la eficiencia del sistema (generalmente un valor entre 0 y 1).

En la recolección de datos según la perforadora YT27, se obtuvieron los siguientes valores.

P :? w :300

T :19 n :0.8

Luego de la recolección de datos se procede a reemplazar los valores de las asignaciones.

$$P = \frac{19 * 300}{0,8}$$

$$P = \frac{5,700}{0,8}$$

$$P = 7,125$$

Dando como resultado qué, la potencia empleada de la perforadora Y27, es de 7,125 Vatios.

3.7.2.2 Diagrama de Ishikawa

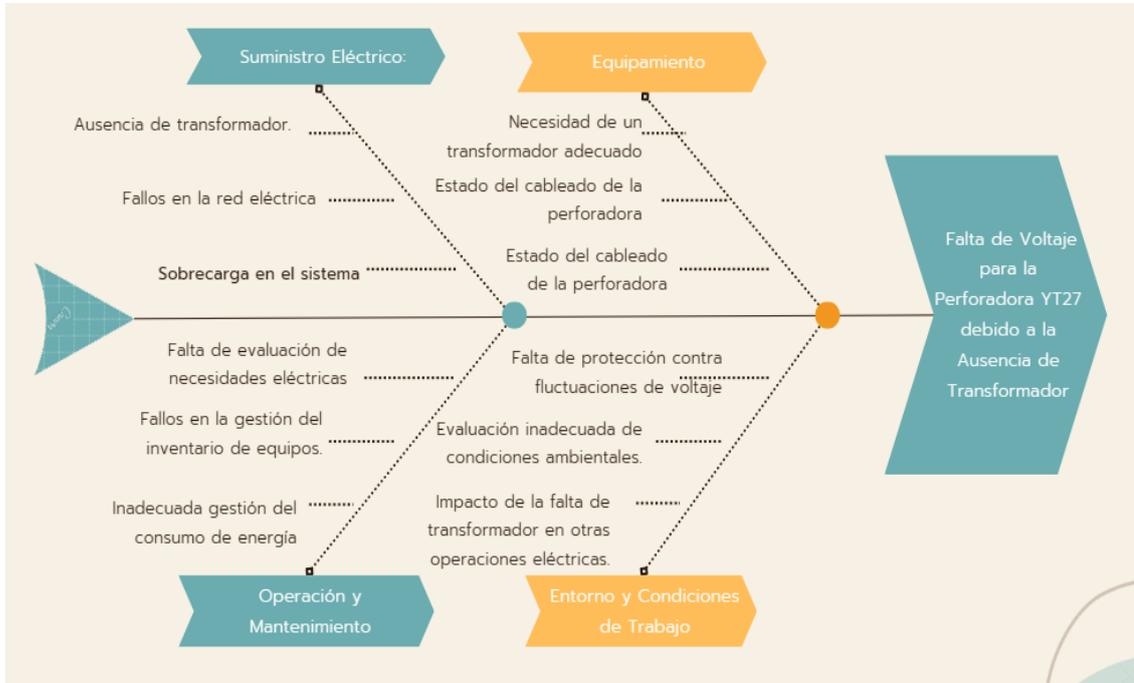


Ilustración 3-8: Diagrama de Ishikawa

Realizado por: Morocho, 2024.

3.7.3 Voladura

La voladura es el proceso que se realiza, posterior a la perforación y consiste en la introducción de explosivos y detonación, con el fin de fragmentar y levantar el material rocoso.

Para la manipulación del carguío de explosivos, los operadores deben estar capacitados. Después de la voladura se debe esperar como mínimo 30 minutos después de la voladura antes de ingresar de nuevo al área de trabajo.

En la siguiente ilustración se muestra el proceso de voladura:

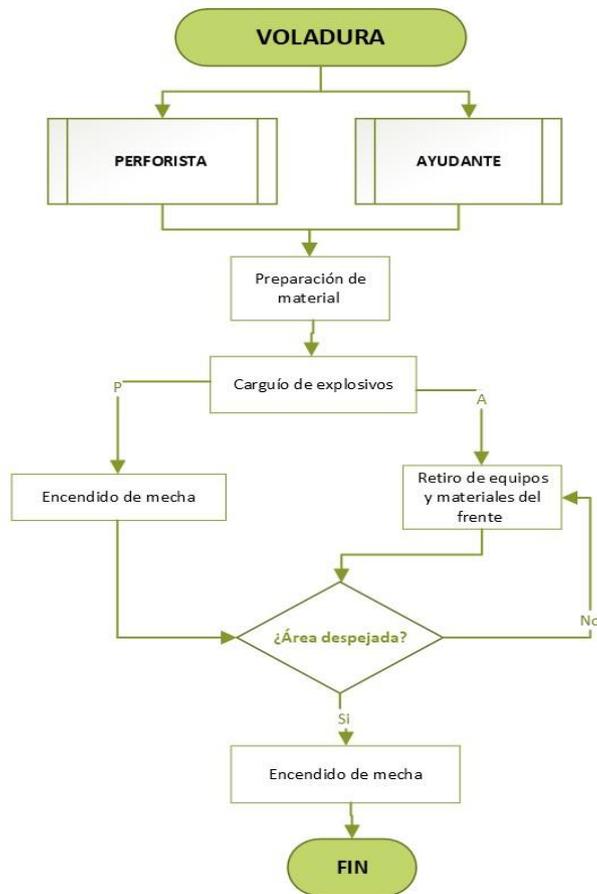


Ilustración 3-9: Diagrama de flujo del proceso de voladura

Realizado por: Morocho, 2024.

A continuación, se detalla los equipos, herramientas, materiales usados en este proceso y cuál es el problema que se identificó visualmente

Tabla 3-7: Equipos y herramientas del proceso de supervisión

Personal		Deficiencia o Problemas
<ul style="list-style-type: none"> Operador de voladura Ayudante 	<p>El perforista cumple la función de insertar el taco.</p> <p>El ayudante es el encargado de añadir la masilla y del taqueo. Además del encendido de mecha.</p>	<ul style="list-style-type: none"> En varias Instancias, se ha notado que el operador de voladura omite el uso de guantes durante el desarrollo de las operaciones. Deficiencias en las prácticas de almacenamiento de explosivos, en interior mina,

		dando como resultado que este se moje o humedezca.
Herramientas		
<ul style="list-style-type: none"> • Taqueador (Madera o metálico) • Fulminante • Mecha • Masilla 	Sirve para introducir el fulminante en el fondo del hoyo.	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas con el emulsor. • Explosivos de mala Calidad • Desperdicio del explosivo

Realizado por: Morocho, 2024.

3.7.3.1 Observación

Se identifica la utilización de emulsante de mala calidad que no se ajusta de manera adecuada a las características específicas del material rocoso. Por consecuencia nos da una voladura con tiros quedados, bajo material fracturado.

Además de que el personal, no usa guantes o EPP a la hora del encendido de mecha y por consecuencia se tiene quemaduras en las extremidades superiores



Ilustración 3-10: Desperdicio de emulsante

Realizado por: Morocho, 2024.

3.7.3.2 Diagrama de Ishikawa

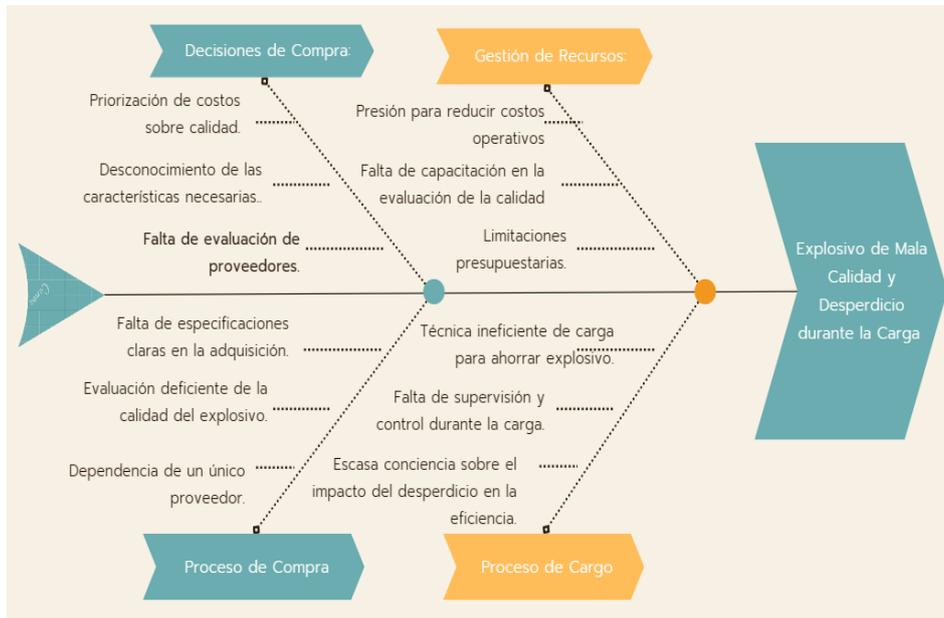


Ilustración 3-11: Diagrama de Ishikawa del proceso de voladura

Realizado por: Morocho, 2024.

El diagrama de Ishikawa muestra que uno de las causas con el explosivo es las decisiones de compra ya que se por ahorrar a la empresa, cometen errores de trabajar con explosivo de mala calidad.

3.7.4 Ventilación

Su labor abarca un proceso integral que comienza con la ventilación luego de la voladura con el fin de suministrar oxígeno con el fin de extraer gases, partículas suspendidas en el aire, también para que para la respiración de las personas. Evita la formación de mezclas explosivas. (Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2020)

A continuación, se muestra el proceso de ventilación.

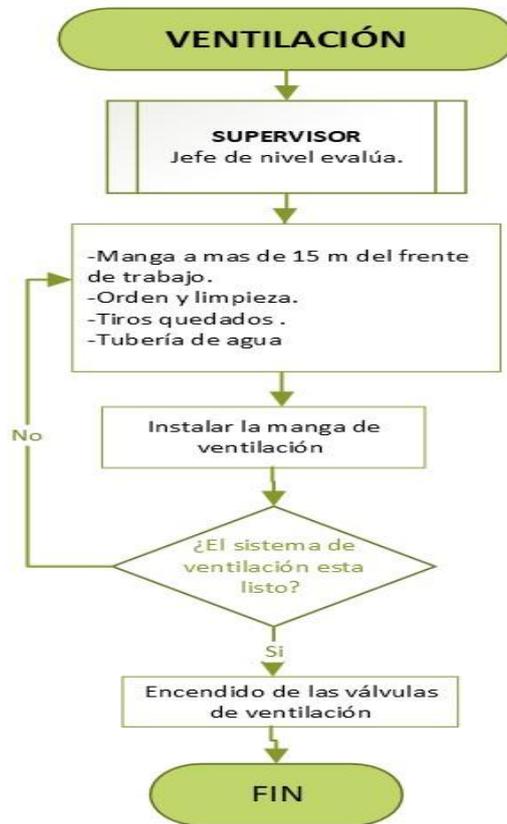


Ilustración 3-12: Diagrama de flujo del proceso de ventilación

Realizado por: Morocho, 2024.

El equipo, para cargar y transportar explosivos es esencial para la operación eficiente del proceso. Deben estar diseñado y mantenido adecuadamente para garantizar su funcionamiento seguro y confiable.

En cuanto a las herramientas de voladura, como los detonadores y los sistemas de retardo, desempeñan un papel fundamental para que la voladura se de manera secuencial y con un control preciso en ella.

En la siguiente tabla muestra los materiales, equipos usados en esta actividad.

Tabla 3-8. Personal, equipos, materiales y herramientas en el proceso de ventilación

Personal		Deficiencia/o Problemas
<ul style="list-style-type: none"> • Supervisor 	Es el encargado del diseño para sistemas de ventilación eficientes	
Equipos		
<ul style="list-style-type: none"> • Compresor o sistema de distribución de aire. 	Suministro de aire	<ul style="list-style-type: none"> • Ninguno
<ul style="list-style-type: none"> • EPP 		<ul style="list-style-type: none"> • No cuentan con mascarillas.
Herramientas		
<ul style="list-style-type: none"> • Mangueras 	Se usan para la ventilación	<ul style="list-style-type: none"> • No cuentan con mangas de ventilación y utilizan mangueras

Realizado por: Morocho, 2024.

3.7.4.1 Observación

Se observa una deficiencia al momento de la ventilación, por no contar con mangas de ventilación, usando a su vez mangueras dando como resultado poca ventilación en los frentes requeridos. Además, el personal de trabajo no cuenta con mascarillas para la filtración de polvos. Corriendo un grave riesgo para la salud de los trabajadores en la empresa.

3.7.4.2 Diagrama de Ishikawa

Para abordar el problema identificado, se elaboró un diagrama de Ishikawa con el fin de analizar las causas y efectos asociados a este. Este análisis se basó en las observaciones recolectadas durante el trabajo de campo realizado en la empresa.

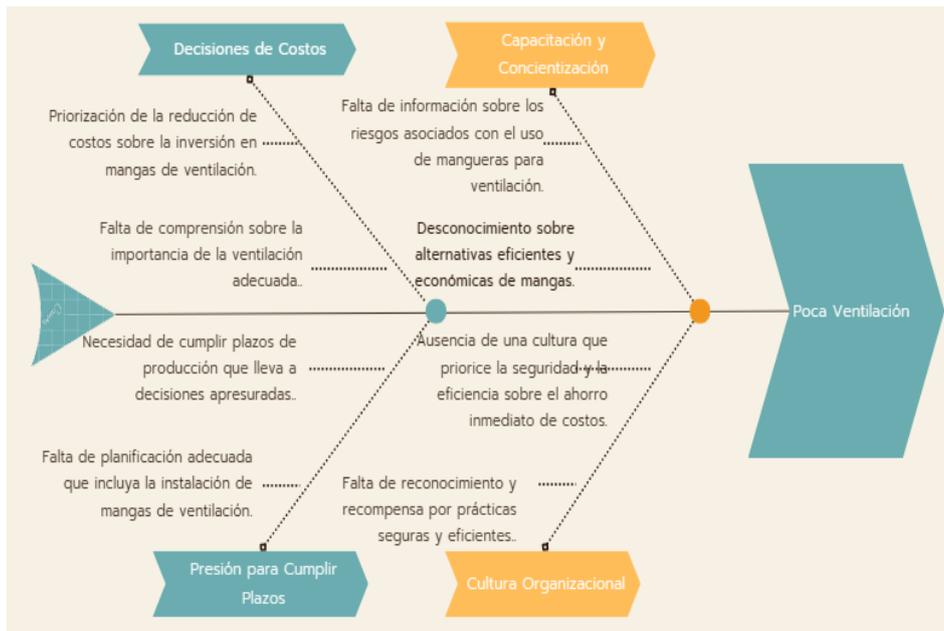


Ilustración 3-13: Diagrama de Ishikawa del proceso de ventilación

Realizado por: Morocho, 2024.

Una causa que se evidencia es la priorización de costos sobre la seguridad en la operación de ventilación, lo que lleva a utilizar mangueras convencionales en lugar de mangas de ventilación adecuadas.

Otra causa es la presión por cumplir con los plazos de entrega de material, por lo que se deja de lado el trabajo de ventilar el área.

3.7.5 Desate

El encargado de esta operación es el supervisor y el obrero, con el fin de desprender rocas sueltas o que no se desprendieron con la voladura, quedando fracturas y con riesgos de desprenderse.

El desate se lo realiza con el fin de tener un área segura para los operadores de la siguiente operación.

Tabla 3-9: Personal, equipos, materiales y herramientas en el proceso de desate

Personal		Deficiencia o Problemas
<ul style="list-style-type: none"> • Supervisor. • Obrero 	Encargado de realizar el desquinche, en muchos casos la persona que realiza el acarreo es quien realiza esta operación.	<ul style="list-style-type: none"> • Ninguno
Equipos		
<ul style="list-style-type: none"> • EPP 	Equipo de protección personal, para la seguridad del personal a cargo.	<ul style="list-style-type: none"> • No cumple
Herramientas		
<ul style="list-style-type: none"> • Barreta 	Se usa para el desquinche de la roca.	<ul style="list-style-type: none"> • Ninguno

Realizado por: Morocho, 2024.

3.7.5.1 Observación

En este proceso existe el incumplimiento con el EPP, por ende, se realiza adiestramiento de la importancia del uso del equipo de protección personal.

3.7.6 Carguío y Acarreo

En esa operación, el personal que labora se encarga de la supervisión y gestión de las operaciones vinculadas con la carga del material extraído de la mina y su traslado a la superficie.

El transporte del material desde el interior de la mina se lo realiza a través de burras, las cuales tienen capacidad de 2 toneladas. Estas son movilizadas con tres trabajadores uno en la parte delantera y dos en la parte posterior para empujarlo. El tiempo promedio que tardan en el trayecto desde el winche secundario hacia el exterior es de 10 min.

Tiempo que se podría mejorar al realizar limpiezas periódicas del camino y también al implementar un equipo eléctrico para el transporte como son las motonetas eléctricas mejorando el tiempo de transporte, disminuyendo consigo el personal obrero de 3-1 a 1 personas, el cual podría implementarse en otra actividad



Ilustración 3-14: Trabajo del carguío y acarreo

Realizado por: Morocho, 2024.

En la siguiente ilustración se muestra un diagrama del proceso de carguío y acarreo

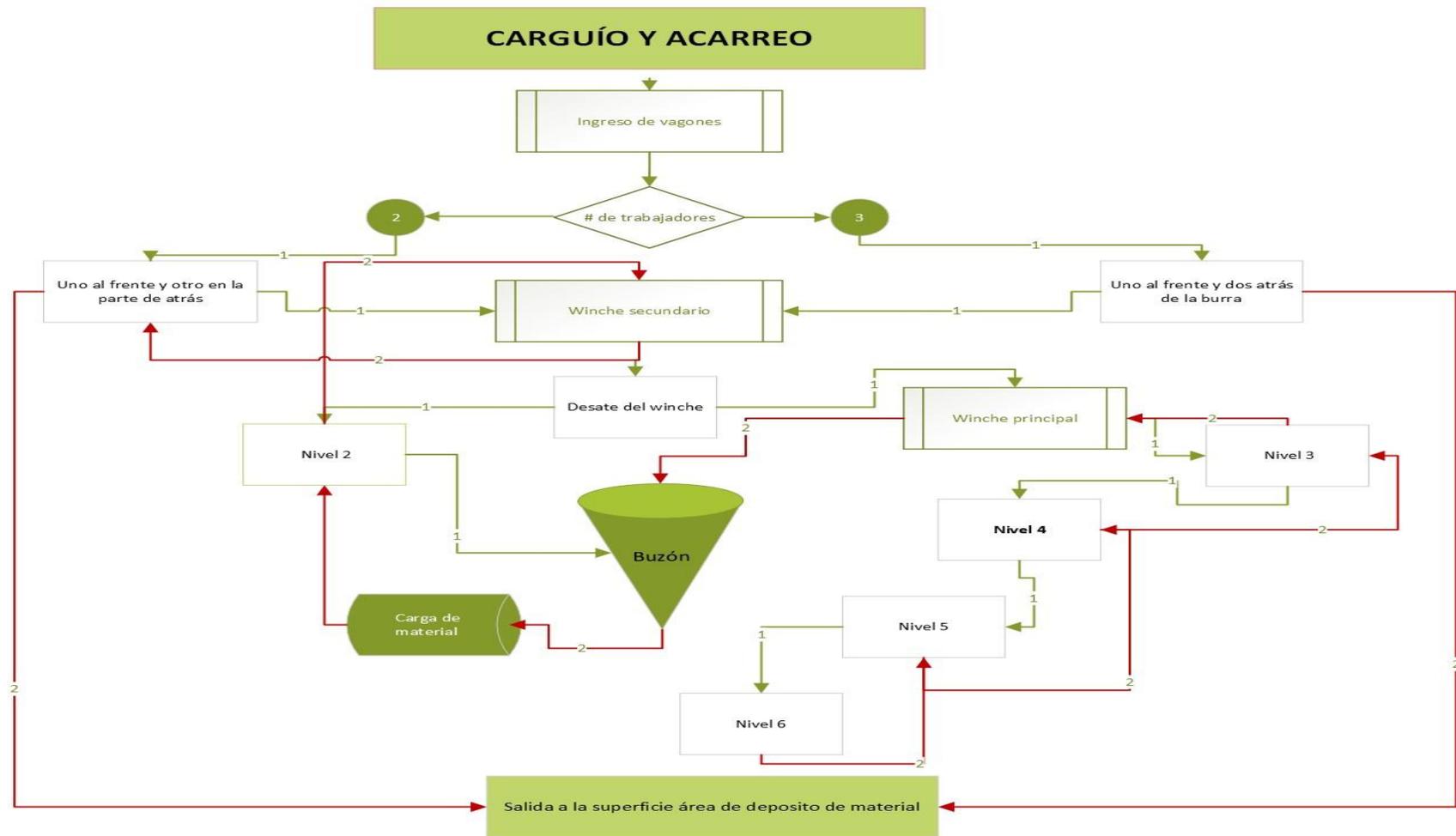


Ilustración 3-15: Diagrama de flujo del proceso de transporte y acarreo

Realizado por: Morocho, 2024.

El acarreo de material desde el interior de la mina Oro Inca, requiere de herramientas y equipos especializados, como winches, vagones, equipos de carga y descarga. En la siguiente tabla indica estos elementos en el proceso. Parte de atrás

Tabla 3-10: Personal, equipos, materiales y herramientas en el proceso de desate

Personal		Deficiencia o Problemas
• 1. Obrero	Es encargado del manejo de los winches controlando la velocidad de la elevación y descenso.	• Falta de comunicación con el obrero 2 y 3.
• 2. Obrero	Se encarga de la cargar el material en los carros mineros.	• Tiempos de demora en el traslado de material
• 3. Obrero	Cumple la misma función del obrero 2.	• Tiempos de demora en el traslado de material
Equipos		
• EPP	Equipo de protección personal, para la seguridad del personal a cargo.	• No cumplen
• 3. Winche	Equipo que utiliza cables o cuerdas para elevar las burras o contenedores cargados de material desde el interior de la mina hasta la primera galería	• Falta de mantenimiento
• 2. Vagones de 0.5 y 1 de 0.7 toneladas.	Usados para la deposición de material y posterior a su transporte.	• Atascamiento, debido al poco mantenimiento del camino principal
Herramientas		
• Palas	Se usan para levantar el material fragmentado y colocar en los vagones	• Algunas palas no están en buenas condiciones, teniendo como consecuencias, tiempos de demora.

Realizado por: Morocho, 2024.

3.7.6.2. Observación

El problema en este proceso radica en las herramientas inadecuadas para la carga de materia, al igual que el mantenimiento inadecuado del tramo 1, desde el primer nivel a la parte exterior de la mina. Los problemas que son atascamientos de los vagones, con ende mayor esfuerzo físico en los obreros.

También se tiene pérdida de tiempo en el ascenso y descenso de los obreros encargados de empujar los vagones ya que el camino por donde circulan está en medio del pique donde el winche arrastra a los vagones, y donde no existen cuerdas para poder sostenerse en caso de pérdida de equilibrio.

3.7.6.3. Diagrama de Ishikawa

En base a la observación en este proceso se realiza el diagrama de causa y efecto para encontrar posibles causas que originan este problema.

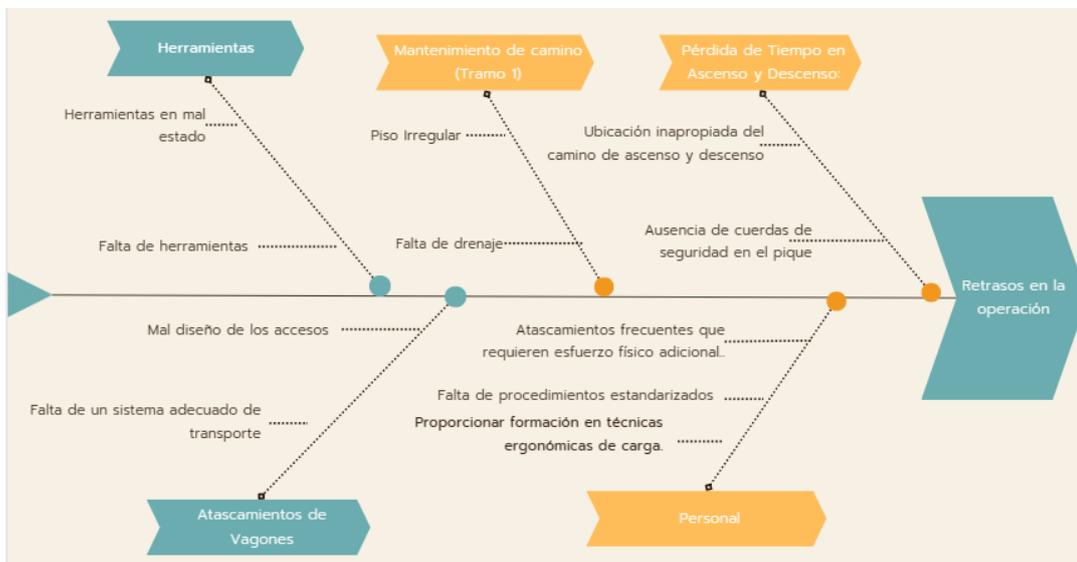


Ilustración 3-16: Diagrama de Ishikawa del proceso de carguío y acarreo

Realizado por: Morocho, 2024.

Las causas que genera el uso de herramientas inadecuadas, mal mantenimiento de caminos genera un retraso en la operación.

En la siguiente imagen se visualiza herramientas en mal estado que son usadas para el carguío de material.



Ilustración 3-17. Palas en mal estado

Autor: Morocho, 2024

3.8. Equipos de la Empresa

Tabla 3-11: Equipos de la mina S.M.O.I

NUMERO	EQUIPOS	CARACTERÍSTICAS	DEFECTOS
2	Perforadora neumática YT27	Peso: 27kg Velocidad de Perforacion:300-400 mm/min Profundidad de perforación: 5Mt Diámetro de orificio:34-45mm Frecuencia de impacto:50-70 J Presión de Trabajo: 4-063 MPa Presión Hidráulica: 0.3Mpa	Falta de mantenimiento
3	Winches	Modelo AQ-Jm Capacidad de carga: 5t Capacidad de cable: 20-3600 Velocidad de Trabajo 5-20 m/mm Fuente de alimentación 220v,50/60hz,3Phas	Falta de mantenimiento
4	Transformador trifásico tipo pedestal 23000v	Marca: PROLEC Voltaje YKV: 13200V Y 225KVA Capacidad:225KVA Fase: Trifásico Tipo: Pedestal Voltaje Primario: 13200 V.	Falta de mantenimiento
1	Bomba Centrifuga	Caudal Máximo: 450L/min Altura Máxima: 25m Potencia: 1.5 Kw 2HP 220V 50Hz 11.5Amp Diámetro Entrada 2" Diámetro Salida 2" Peso: 25kg	Falta de mantenimiento

Realizado por: Morocho, 2024.

Los equipos de la empresa son considerablemente antiguos y, lamentablemente, no han recibido el mantenimiento adecuado ni se les ha realizado un seguimiento con checklists. Esta situación ha resultado en daños, como quemas de fusibles, entre otros problemas. Como solución, se ha propuesto implementar checklists detallados y realizar mantenimiento continuo siguiendo la metodología TPM (Mantenimiento Productivo

Total). Esto permitirá mejorar la confiabilidad y la vida útil de los equipos, reducir los tiempos de inactividad y prevenir posibles averías.

Tras identificar un problema recurrente de apagones en la perforadora YT27, se realizó una investigación que reveló que el suministro eléctrico al compresor de aire y la bomba centrífuga estaba siendo afectado por una caída de voltaje a lo largo de un tramo de cable de 200 metros. Esta caída de voltaje resultaba en interrupciones en la operación de la perforadora. Para abordar este problema, se implementó la instalación de un transformador trifásico.

El transformador trifásico se utilizó para compensar la caída de voltaje, estabilizando así el suministro eléctrico y garantizando un nivel adecuado de energía para el funcionamiento continuo del compresor de aire y la bomba centrífuga. Como resultado de esta intervención, se logró eliminar las paradas no programadas de la perforadora YT27, asegurando una operación ininterrumpida y eficiente durante el proceso de perforación.

3.9. Implementación de la MCV

Para la lograr una adecuada implementación de la cadena de valor se sigue las siguientes etapas en los procesos de la Empresa Minera Sociedad Oro Inca: (Dubey et al., 2020, p. 88).



Ilustración 3-18: Etapas del mapa de cadena de valor

Realizado por: Morocho, 2024.

3.9.1. Adaptaciones al mapa de la cadena de valor

En esta etapa se elige el proceso a analizar y se identifica las unidades que fluyen dentro del proceso productivo. (Jonny Catamayo Barros, 2017, p. 48)

3.9.2. Diseño y simbología de los mapas

En esta figura se ilustra los pasos a seguir para definir el estado actual de la Cadena de Valor

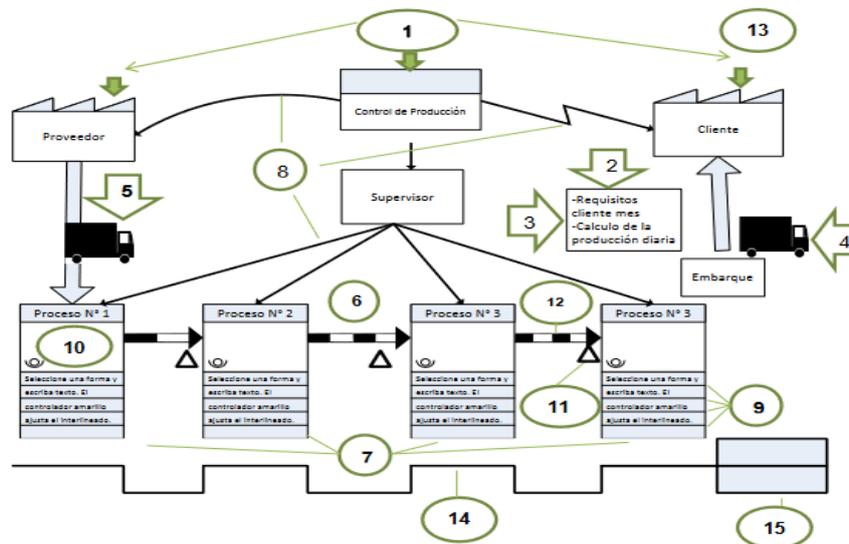


Ilustración 3-19: Pasos para realizar el estado Actual

Fuente : (Jonny Catamayo Barros, 2017)

1. Asignar los íconos correspondientes a los roles de cliente y proveedor.
2. Determinar los requisitos mensuales/diarios del cliente,
3. Calcular la producción diaria y los requisitos de producción.
4. Asignar íconos logísticos que indiquen la frecuencia de entrega
5. Identificar íconos relacionados con la recepción, vagones y la frecuencia de entrega, detallando los equipos, herramientas e insumos distribuidos para ejecutar cada actividad.
6. Organizar los procesos en secuencia, dispuestas de izquierda a derecha, presentando en orden los procedimientos realizados
7. Incluir información esencial debajo de cada proceso y la línea de tiempo debajo de las cajas.
8. Introducir flechas de comunicación e indicar métodos y frecuencia

9. Recopilar datos de los procesos y agregarlos a las cajas de datos; implica la información recolectada en el terreno sobre cada proceso, actividad y los equipos presentes en los frentes de avance.

10. Incorporar símbolos y el número de operadores; especificar los equipos y la cantidad de operadores asignados. (Hofstede & Minkov, 2013, pp. 4-17)

Tabla 3-12: Indicadores de productividad

NOMBRE	ABREC.	Un	SIGNIFICADO
Duración	D	min	El lapso necesario para llevar a cabo una tarea por cada unidad de flujo.
Porcentaje del tiempo productivo	PTC	%	Porción de tiempo sobre la duración de una actividad
Porcentaje del tiempo contributivo	PTC	%	Tiempo sobre la duración de una actividad, en la cual se está realizando trabajos preparativos.
Porcentaje del tiempo no contributivo	PTNC	%	Porción de tiempo sobre la duración de una actividad, en la cual no se realiza trabajo
Tiempo del ciclo total	TCT	h:mm	Tiempo de todo el proceso
Tiempo productivo	TP	h:mm	Es trabajo de las actividades que son necesarias y suficientes para dar avance
Tiempos contributivos	TCT	h:mm	Es el trabajo de las actividades que son necesarias, pero no suficientes para dar avance al proyecto
Tiempos no contributivos	TNC	h:mm	Es el trabajo de las actividades que son necesarias, pero no suficientes para dar avance al proyecto

Fuente:(Jonny Catamayo Barros, 2017)

Se realizaron cálculos de diversos indicadores para cada elemento supervisado en el lugar. Los indicadores finales se establecieron como el promedio derivado de todas las mediciones efectuadas. Se proporciona una descripción detallada del cálculo de los indicadores de productividad mencionados a continuación.

Tabla 3-13: Fórmulas que se pondrán en práctica.

Tiempo de ciclo total (TCT)	Se calcula como el porcentaje de tiempo que representa el tiempo productivo sobre el tiempo del ciclo total
Porcentaje de tiempo Productivo (PTP)	$PTC = \frac{TP}{TCT} * 100$
Porcentaje de tiempo contributivo (PTC)	$PTC = \frac{TC}{TCT} * 100$
Porcentaje de tiempo no contributivo (PTC)	$PTC = \frac{PNC}{TCT} * 100$

Fuente: (Jonny Catamayo Barros, 2017)

3.9.3. Recopilación de datos en campo

La recopilación de datos se realiza en función de cada proceso, de la empresa, identificando que y como medir, cantidad y tipos de equipos utilizados y cuál es la producción requerida por la empresa. Se realiza toma de información de los dos turnos en la mañana y tarde por 12 días.

Tabla 3-14: Formato ejemplo de toma de datos de los procesos constructivos

N	Descripción	Toma 1
	Fecha	_____
	Nivel de trabajo:	_____
	Labor:	_____
	Hora de inicio de la actividad	h:mm
	Hora final de la actividad	h:mm
1	Inspección del área a trabajar min	min
2	Registro check list min	min
3	Aislamiento del área a trabajar min	min
4	Limpieza	min
a	Tiempos productivos	h:mm
b	Tiempos contributivos	h:mm
c	Tiempos no contributivos	h:mm
Total, tiempo en minutos [min]		h:mm

Fuente: (Jonny Catamayo Barros, 2017)

Para los equipos se utilizó cronometro para medir el tiempo de ejecución de la actividad.

Tabla 3-15: Formato utilizado para la toma de % de cada proceso

% de los tiempos de carguío				
N	Actividad	TP%	TC%	TNT%
1	Nombre de la actividad			
2				
3				
4				
	Promedio global			

Fuente: (Jonny Catamayo Barros, 2017)

En la siguiente tabla se muestra el formato que se usó para la toma de tiempo no contributorios o tiempos que no aportan valor al proceso.

Tabla 3-16: Formato utilizado para la toma de datos que no agregan valor al proceso

Tiempo no contributorio			
Actividad	N estudio	Tiempo no contributorio	T. (Min)
Nombre de la actividad	1		min
	3		min
	4		min
			min
Tiempo promedio (min)			min

Fuente: (Jonny Catamayo Barros, 2017)

Para el cálculo del tack time se tomó en cuenta la siguiente matriz

Tabla 3-17: Cálculo del Tack time

VARIABLE	SIMBOLOGÍA	OPERACIÓN	RESULTADO	MEDIDA
Jornada labora	JL		8,3	Hora
Tiempo de almuerzo (TI)	TI		1	Hora
Numero de Turnos	NT		1	Hora
Días H. por mes	DH		22	Días
Demanda Mensual	DM		88	Ton/mes
Tiempo disponible	TD	JL-TI	7,3	Horas

Tiempo disponible	TD	TD*60min	454	min/día
Tiempo disponible	TD	TD*60 s	27240	seg/día
Demanda diaria	DD	DD=DM/DH	4	Ton/día
Tiempo tack seg	TKT (s)	TKT(s)	6810	seg/ton
Tiempo tack min	TKT (min)	TKT(s)*4t	113,5	min/ton

Realizado por: Morocho, 2024.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Para la toma de tiempo, se realizó en todos los procesos en la empresa “Oro Inca”, en el mes de diciembre y febrero del 2023-2024. En el lapso de este tiempo se analiza la situación actual de la empresa, las actividades en los que se debe enfocar, además se realiza un análisis minucioso de cada uno de las actividades descritos anteriormente.

En la siguiente tabla se muestra los tiempos tomados en los distintos procesos de la mina.

Tabla 4-1: Tiempos promedios sin las herramientas Lean en los procesos de la mina S.M. Oro Inca.

Tiempos promedios del proceso del ciclo de minado en minutos [min]												Tiempo promedio
N	Procesos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	
1	Supervisión	165,0	149,0	135,0	151,0	145,0	146,0	133,0	142,0	147,0	146,0	145,9
2	Perforación	184,0	152,0	165,0	168,0	156,0	161,0	168,0	169,0	176,0	160,0	165,9
3	Voladura	47,2	35,8	34,6	57,5	34,7	33,5	41,5	41,4	52,5	39,4	41,8
4	Ventilación	165,0	149,0	135,0	151,0	145,0	146,0	133,0	142,0	147,0	147,0	146,0
5	Desate	22,0	16,0	17,0	20,0	12,0	18,0	22,0	12,0	13,0	12,0	16,4
6	Carguío y acarreo	68,0	58,0	65,0	65,0	62,0	71,0	72,0	57,0	62,0	52,0	63,2
7	Preparación de explosivos	49,0	58,0	60,0	54,0	48,0	51,0	59,4	54,3	54,0	44,0	53,2
Tiempo promedio de minado												632,38
												10,54 horas

Realizado por: Morocho, 2024.

Se tiene un promedio de 10 horas con 54 min en todos los procesos estudiando, debido a que no se cuenta con procedimientos estandarizados, no se da mantenimiento de equipos, accesos inadecuados, ausencia de una cultura de orden y limpieza.

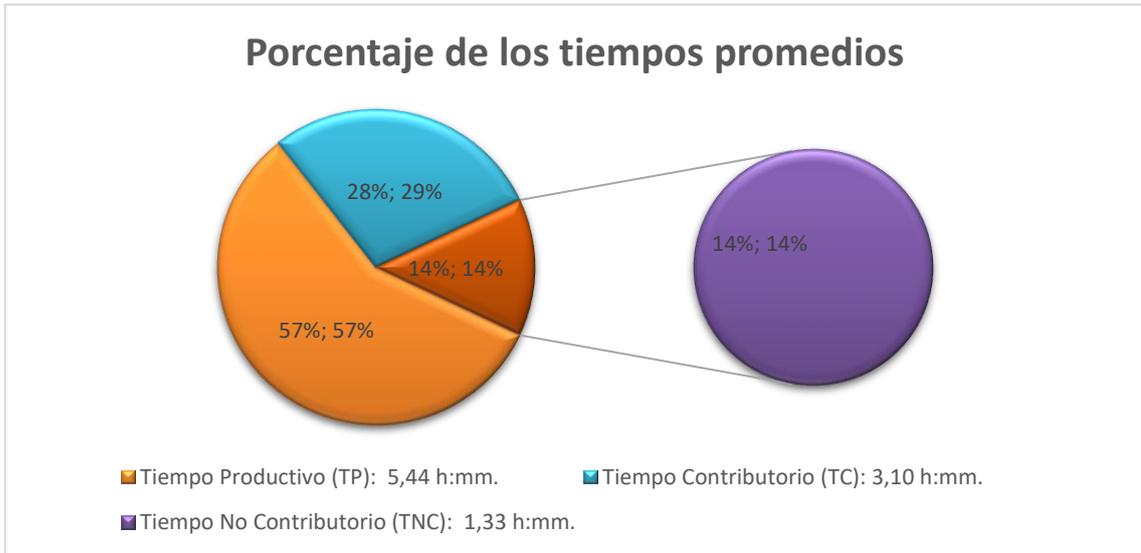
Tabla 4-2: Tiempos promedios totales.

Tiempos promedios de cada toma en cada proceso [min]					
N	Procesos	TP	TC	TNC	TCT
1	Supervisión	73,0	48,6	24,3	145,9
2	Perforación	85,5	50,0	30,4	165,9
3	Voladura	23,8	13,0	5,0	41,8
4	Ventilación	81,0	44,8	20,0	145,8
5	Desate	11,0	3,0	2,4	16,4
6	Carguío y acarreo	37,0	16,2	10,0	63,2
7	Preparación de explosivos	33,0	16,0	4,0	53,0

Realizado por: Morocho, 2024.

Se muestra que el TNC más largo es de Perforación con 165,9 (min), seguido de Supervisión con 145,43 (min).

En la siguiente figura, presenta los resultados de los tiempos promedios del promedio total de las 10 mediciones tomadas en campo.



Gráfica 4-1: Porcentajes promedio de total de los procesos

Realizado por: Morocho, 2024.

Se obtiene un tiempo no contributivo de 1 hora con 33 minutos, por ende, se podría minimizar este tiempo, identificando donde se ocasiona la pérdida de tiempo en el proceso

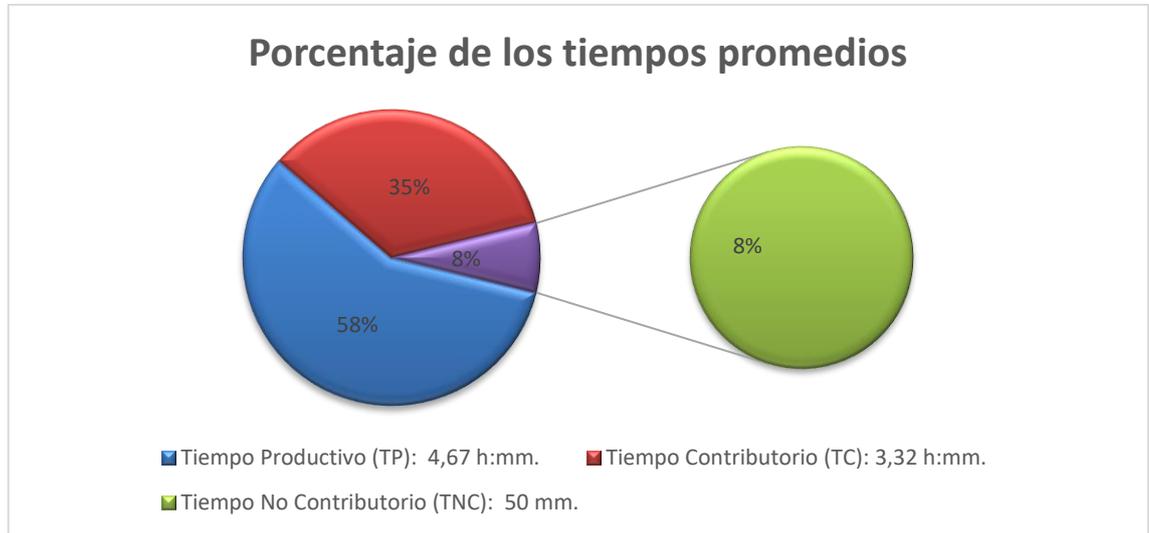
Tabla 4-3: Tiempos promedios con las herramientas Lean en los procesos de S.M. Oro Inca

Tiempos promedios del ciclo de minado en minutos [min]											Tiempo Promedio	
N	Procesos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	
1	Supervisión	118,0	110,0	90,0	79,0	100,0	119,0	118,0	104,0	127,0	107,0	107,2
2	Perforación	239,0	232,0	108,0	205,0	261,0	245,0	221,0	265,0	298,0	252,0	232,6
3	Voladura	26,0	14,0	17,0	17,0	19,0	29,0	15,0	17,0	16,0	14,0	18,4
4	Ventilación	120,0	125,0	81,0	95,0	97,0	61,0	100,0	65,0	23,0	22,0	78,9
5	Desate	15,0	18,0	14,0	9,0	6,0	7,0	7,0	12,0	10,0	12,0	11,0
6	Carguío y Acarreo	25,0	30,0	30,0	33,0	28,0	25,0	25,0	25,0	22,0	19,0	26,2
7	Preparación de Explosivos	16,0	20,0	20,0	18,0	18,0	17,0	17,0	18,0	15,0	18,0	17,7
Tiempo promedio de minado											492,0	
											8,2 horas	

Realizado por: Morocho, 2024.

Luego de la implementación de metodologías se tiene un tiempo promedio del ciclo de 8 horas con 20 min en todos los procesos estudiando.

A continuación, se muestra los tiempos totales, tiempos productivos (TP), tiempos contributorios (TC) y tiempos no contributorios (TNC).



Gráfica 4-2: Porcentajes de los tiempos promedios futuros

Realizado por: Morocho, 2024.

El resultado es un tiempo productivo de 4 horas, tiempo contributorio de 3 horas y no contributorio de 50 minutos.

4.9. Mapa del estado actual de la cadena de valor (VSM)

En esta sección se desarrolla los mapas del Value Stream mapping los procesos de todos los procesos de la empresa (Rafael Carlos Cabrera Calva, s. f., pp. 42-59)

Mapa de la cadena de valor actual (VSM)

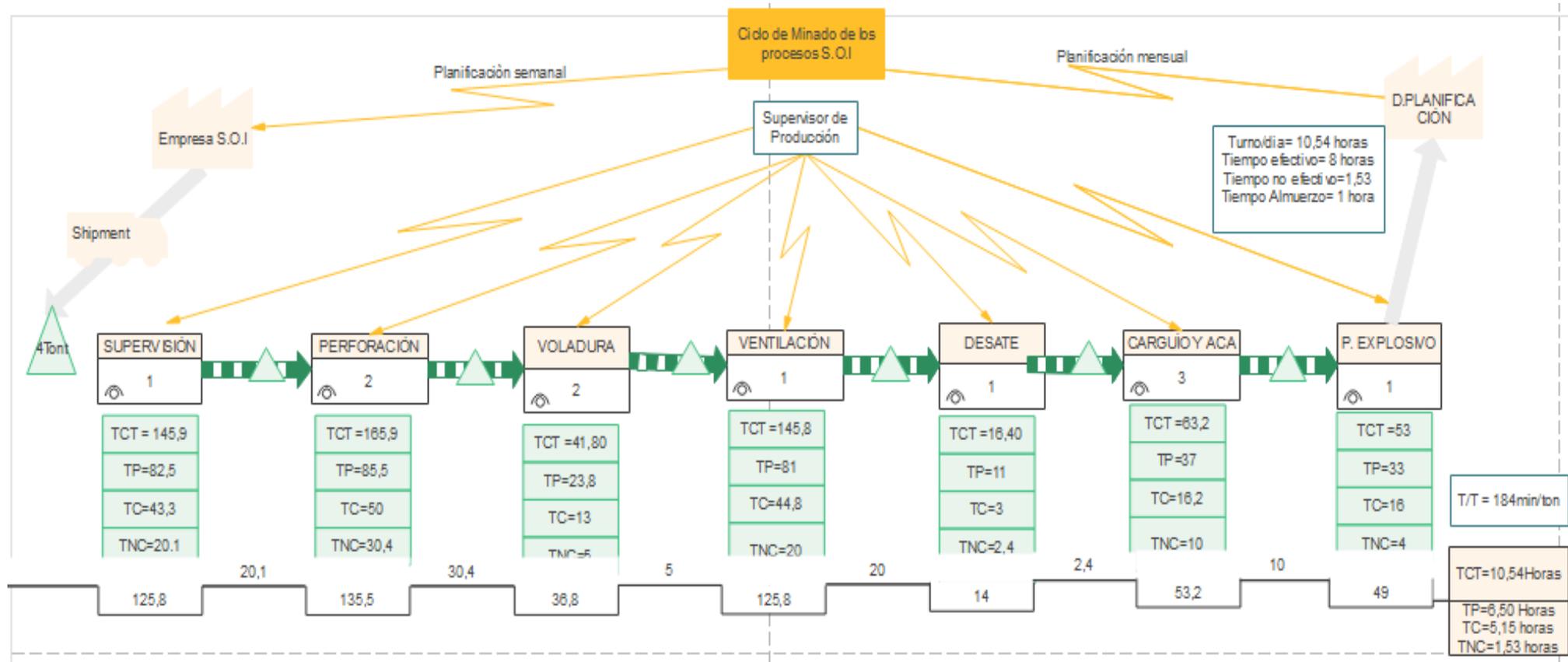


Ilustración 4-1: VSM Actual de los procesos de la empresa

Realizado por: Morocho, 2024

Al elaborar el mapa actual se identifica que para la realización de las actividades se requiere largos lapsos de tiempo. el tiempo del ciclo total es de 10 horas con 54 minutos. Un tiempo productivo de 5,44 y tiempo contributivo de 3 horas y un tiempo que no contribuye a la cadena de valor de 1.33.

Por ende, en este trabajo se tratará de disminuir este tiempo, ya que según el ministerio de trabajo la jornada laboral es de 8 horas diarias, Para mejorar este tiempo se deberá enfocar en los procesos, revisando equipos defectuosos, actividades innecesarias, entre otros.

4.9.1. Tack time actual

Tabla 4-4: Tiempo del Tack time actual

VARIABLE	SIMBOLOGÍA	OPERACIÓN	RESULTADO	MEDIDA
Jornada labora	JL		10,54	Hora
Tiempo de almuerzo (TI)	TI		1	Hora
Numero de Turnos	NT		1	Hora
Días H. por mes	DH		22	Días
Demanda Mensual	DM		88	Ton/mes
Tiempo disponible	TD	JL-TI	9,54	Horas
Tiempo disponible	TD	TD*60min	594	min/día
Tiempo disponible	TD	TD*60 seg	35640	seg/día
Demanda diaria	DD	DD=DM/DH	4	Ton/día
Tiempo tack seg	TKT (s)	TKT(s)=TD (seg)/día/DD	8910	seg/ton
Tiempo tack min	TKT(min)	TKT (min)=TKT(s)*4t	148,5	min/ton

Realizado por: Morocho, 2024.

En la situación actual, el tiempo de ciclo, o "tact time", se ha calculado en 148,5 minutos por tonelada, lo que significa que se requieren 2 horas con 47 minutos para producir una tonelada. Este cálculo se basa en la distribución del tiempo disponible en la jornada laboral y la cantidad de producción esperada, lo que proporciona una medida precisa del rendimiento del proceso en términos de tiempo(Liseth Andrea Ríos Vallejo, 2021, pp. 18-19)

4.10. Propuesta e implementación de las herramientas Lean

Se realiza la implementación, de las herramientas en Lean Manufacturing de acuerdo a cada proceso de la Mina S. A Oro Inca.

4.10.1. Supervisión

4.10.1.1. Propuesta

- Implementation de Value Stream Mapping (VSM):
- Kaize
- 5s.

4.10.1.2. Implementación

Puede aplicar Value Stream Mapping (VSM) como una herramienta clave de Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia y la visibilidad en el flujo de trabajo. (Rodríguez, 2020).

A través de la implementación del VSM, el supervisor pudo mapear visualmente todas las etapas del proceso. Identificar cada paso en el proceso, los tiempos de espera, las actividades que agregan o no valor, y los posibles cuellos de botella, es decir puede visualizar de manera clara y detallada cómo se desarrollan las operaciones. (Pérez Rave, 2011)

La implementación esta herramienta aborda la situación en la que un supervisor debe caminar por piques empinados sin cuerdas de agarre, para reducir el tiempo y mejorar la seguridad, promueve la organización y limpieza del lugar de trabajo. (Cristian Paul Bolimbo Palga, 2022, p. 24)

- Seiri (Clasificación):
Evalúa la necesidad de llevar solo lo necesario al pique empinado, reduciendo el peso y la carga innecesaria, facilitando el ascenso y descenso.
- Seiton (Orden):
Se encarga de la organización de equipo y las herramientas de manera que sean fácilmente accesibles, además de que implementa sistemas para que el supervisor pueda ubicar rápidamente lo que necesita, reduciendo así el tiempo perdido buscando.
- Seiso (Limpieza):
Mantiene limpios y despejados los caminos por los que el supervisor camina, elimina obstáculos innecesarios que podrían aumentar el riesgo de accidentes.

- Seiketsu (Normalización):
Establece procedimientos y normas para la gestión eficiente del recorrido, Implementa señalizaciones visuales para indicar rutas seguras y áreas de precaución.
- Shitsuke (Disciplina):
Fomenta la disciplina en la aplicación de las normas y procedimientos establecidos. Proporciona entrenamiento y concienciación sobre la importancia de seguir las pautas de seguridad.

El enfoque de Kaizen implica realizar pequeñas mejoras de manera constante para alcanzar progresos significativos en el proceso. La implementación de cuerdas de agarre se considera como una iniciativa de mejora continua para optimizar la seguridad y la eficiencia en el transporte de los trabajadores en un pozo empinado. (Carlos & Lezama, 2012, p. 46; Fuentes Pérez, 2021, p. 47; Herrera et al., 2021, p. 3)

Estas herramientas en Implementadas en este proceso, contribuyo a mejorar los desplazamientos del supervisor por los piques empinados al reducir el desorden, facilitar la ubicación de herramientas y equipos, y mejorar la visibilidad y la seguridad en el entorno. Además, podría considerarse el uso de dispositivos de seguridad personales y la formación en técnicas seguras de ascenso y descenso para abordar directamente los desafíos específicos asociados con las condiciones empinadas del pique.

4.10.2. Perforación

4.10.2.1. Propuesta

- TPM

4.10.2.2. Implementación

Mejora la eficiencia de la perforación ya que persigue que todos los obreros participen en el mantenimiento diario de equipos. Dando como resultado producir sin errores ni problemas, eliminar el tiempo de inactividad imprevisto. (Suarez-Martha & Martinez-Lydia, 2015, p. 55)

4.10.2.3. *Mejora continua*

En este caso, la aplicación de principios de mejora recae en la implementación del transformador eléctrico (Ilustración 9).



Ilustración 4-2: Transformador trifásico

Autor: Morocho, 2024.

Durante el proceso de mapeo de la cadena de valor, se detectó un problema recurrente de apagones en la perforadora YT27. Tras una investigación exhaustiva, se identificó que el suministro eléctrico al compresor de aire y la bomba centrífuga estaba siendo afectado por una pérdida de voltaje a lo largo de un cable de 200 metros. Esta disminución de voltaje causaba interrupciones en la operación de la perforadora. (PROLEC, s. f., p. 1)

La causa principal de esta pérdida de voltaje radica en la resistencia encontrada por la electricidad a medida que viaja a lo largo de una distancia tan extensa, como en este caso, de 300 metros. Esta resistencia resulta en una disminución del voltaje, lo que provoca que el suministro eléctrico en la perforadora no sea suficiente para su funcionamiento adecuado.

Para resolver este problema, se optó por la instalación de un transformador trifásico. Este dispositivo se utilizó para compensar la caída de voltaje, estabilizando así el suministro eléctrico y garantizando un nivel adecuado de energía para el funcionamiento continuo del compresor de aire y la bomba centrífuga. (Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2020, p. 2)

Como resultado directo de esta intervención, se logró eliminar las paradas no programadas de la perforadora YT27, asegurando una operación ininterrumpida y eficiente durante el proceso de perforación, lo que contribuyó a evitar cualquier otro posible desperdicio de tiempo o recursos.

4.10.3. Voladura

4.10.3.1. Propuesta

- Implementación de Valor Stream Mapping (VSM)
- Implementación de Kaizen

4.10.3.2. Implementación

La implementación de esta herramienta VSM proporciona una base sólida para la mejora continua, visualiza el flujo de información, facilitando la coordinación y la toma de decisiones.

Se sigue el mismo proceso detallado en el proceso anterior . (Suarez-Martha & Martinez-Lydia, 2015, p. 55)

Al implementar esta herramienta se propuso fomentar una cultura de mejora continua donde los trabajadores estén incentivados a identificar y solucionar problemas en el proceso de voladura. Así como a contribuir a tener lugares más limpios, organizados a no tener que dejar en las galerías el material que no se usó. (Añaguari Yarasca & Gisbert Soler, 2016, p. 67)

4.10.4. Ventilación

4.10.4.1. Propuesta

- 5S

4.10.4.2. Implementación

Con Seiri de las 5s, se retiró cualquier obstrucción que pueda dificultar el flujo de aire en el sistema de ventilación. (Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2020, pp. 45-120)



Ilustración 4-3: Antes (Derecha) y después (Izquierda) la implementación de 5S

Autor: Morocho, 2024.

En la figura anterior se observa como este proceso se va de tener la herramienta de ventilación por el piso obstaculizando el paso a tener un lugar más elevados sin obstaculizar el paso del personal y los vagones de carga.

4.10.5. Desate

4.10.5.1. Propuesta

- Genchi Genbutsu (Ir y Ver)

4.10.5.2. Implementación

En la implementación de Genchi Genbutsu en el desate de rocas, se llevaría a cabo el principio de "ir y ver" para comprender los problemas y desafíos en el lugar de trabajo. Permitiría identificar áreas de mejora y tomar decisiones informadas para mejorar los

procesos y la seguridad, aumentando la eficiencia en el desate de rocas.(Caparachín Flores & Santa Cruz Tineo, 2019, pp. 66-67)

4.10.6. Carguío y acarreo

4.10.6.1. Propuesta

- VSM
- 5S
- Kaizen

4.10.6.2. Implementación

Al implementar las 5S en el transporte de carguío y acarreo, se lograría eliminar obstáculos, optimizar el espacio, mantener la limpieza y establecer estándares claros, lo que resultaría en un flujo de carga más eficiente, reducción de atascamientos y mejora general en la productividad(Andy Heinson Cobenas Campos, 2018, p. 30).

Con Kaizen, se adiestra al personal con reuniones periódicas donde se discute y se implementen soluciones para los problemas identificados, como el desarrollo de mejores prácticas para el manejo de los vagones, mantenimiento de caminos o rutas de transporte.(Edgar David Rodríguez García & Mario Cano Gorra D, 2006, p. 76)

Además, se propuso implementar un motovolquete, para disminuir personal y por ende el esfuerzo físico de los trabajadores.

4.10.7. Proceso de explosivos

4.10.7.1. Propuesta

- 5S (Clasificación, Organización, Limpieza, Normalización, Sostenibilidad)

4.10.7.2. Implementación

La metodología 5S, compuesta por Clasificación, Organización, Limpieza, Normalización y Sostenibilidad, ofrece una estrategia integral para optimizar el espacio de trabajo en el área de preparación de explosivos. La "Organización del Espacio de Trabajo" se convierte en un pilar esencial al implementar un sistema metódico que asigna ubicaciones específicas para cada tipo de explosivo, herramientas y equipo. (Seifullina et al., 2018, p. 8)

Esta disposición ordenada no solo mejora la eficiencia operativa al reducir la búsqueda y el tiempo de preparación, sino que también minimiza los riesgos asociados con la manipulación incorrecta de materiales. (Yeny Yanina De la Cruz Castillo & Miguel Angel Reyes Quijada, 2020, pp. 33-45)



Ilustración 4-4: Área de preparación de Explosivos

Autor: Morocho, 2024.

Esta estrategia no solo transforma la dinámica del espacio físico, sino que también promovió una cultura organizacional donde la optimización continua y la seguridad son prioridades fundamentales.

Para finalizar se propone un mapa de la cadena de valor con procesos ya estandarizados y tiempos de todos los procesos.

4.11. Mapa del estado Futuro de la cadena de valor (VSM)

En base a todos los cambios e implementaciones que se realizó se tiene el siguiente mapa de la cadena de valor.

Mapa de la cadena de valor futura (VSM)

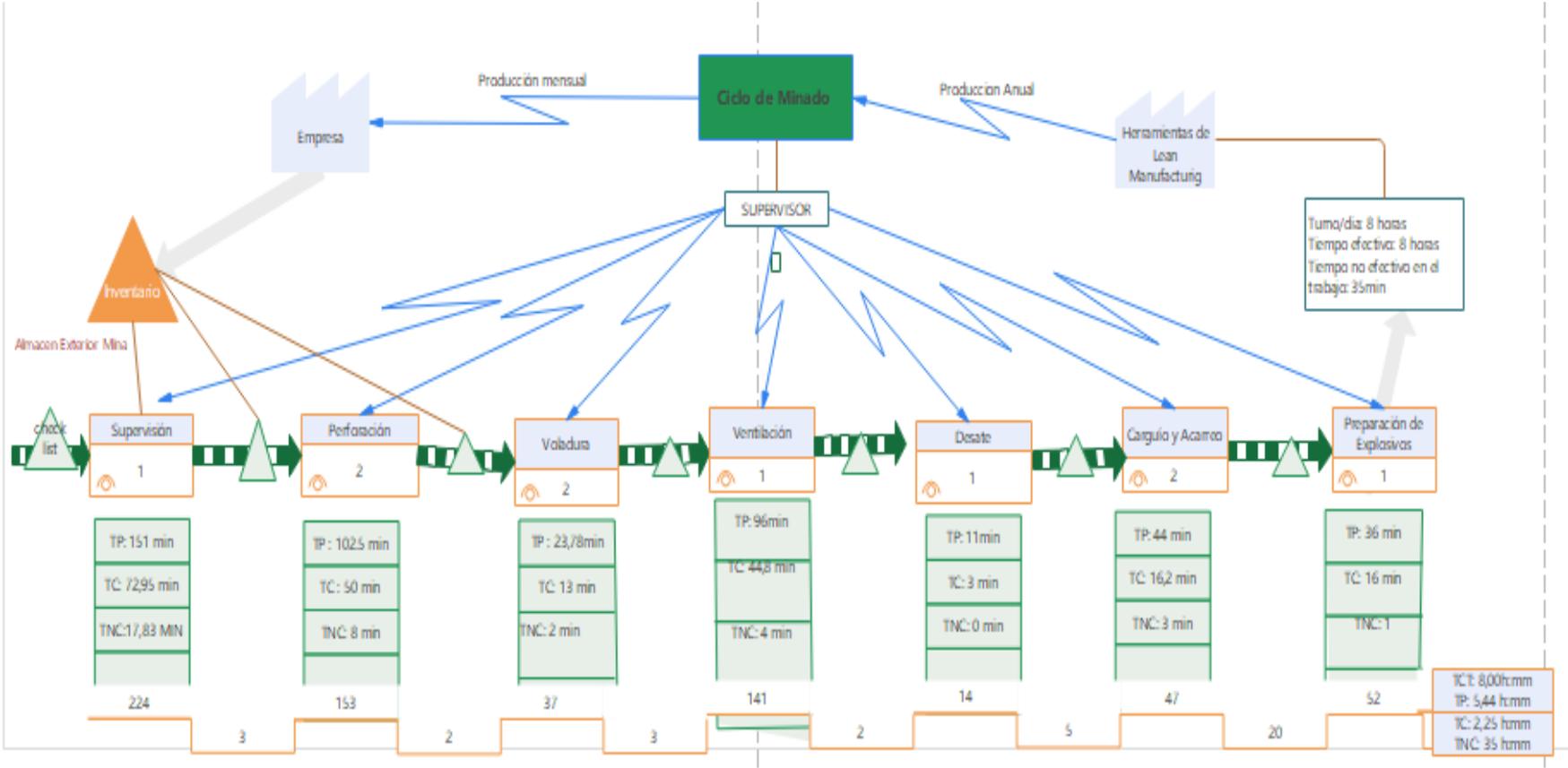


Ilustración 4-5: VSM futuro

Autor: Morocho, 2024.

En la ilustración anterior se obtiene un tiempo de ciclo de 8 horas con 30 minutos y un tiempo no contributivo de 35 min.

A continuación, se detalla el tack time luego de la implementación de las herramientas de lean manufacturing.

4.11.1. Tack time Futuro

Tabla 4-5: Tiempo del tack time futuro.

VARIABLE		OPERACIÓN	RESULTADO	MEDIDA
Jornada labora	JL		8,3	Hora
Tiempo de almuerzo (TI)	TI		1	Hora
Numero de Turnos	NT		1	Hora
Días H. por mes	DH		22	Días
Demanda Mensual	DM		88	Ton/mes
Tiempo disponible	TD	JL-TI	7,3	Horas
Tiempo disponible	TD	TD*60min	454	min/día
Tiempo disponible	TD	TD*60 seg	27240	seg/día
Demanda diaria	DD	DD=DM/DH	4	Ton/día
Tiempo tack seg	TKT (s)	TKT(s)=TD (seg)/día/DD	6810	seg/ton
Tiempo tack min	TKT(min)	TKT (min)=TKT(s)*4t	113,5	min/ton

Realizado por: Morocho, 2024.

Con una demanda diaria de 4 toneladas, que debe ser cumplida dentro de una jornada laboral de 8 horas y 30 minutos, se observa un significativo avance en la eficiencia del proceso en comparación con el Tack time anterior. Anteriormente, se requerían 2 horas y 47 minutos para producir una tonelada. La diferencia entre este tiempo anterior y el actual es de 18 minutos por cada una de las 4 toneladas, lo que equivale a una reducción total de 1 hora y 12 minutos en el tiempo total de producción diaria. Este logro demuestra una mejora sustancial en la eficiencia del proceso, permitiendo cumplir con la demanda diaria en un período de tiempo más corto, lo que resulta en una mayor productividad y potencialmente en costos reducidos.

En relación a esta disminución de horas en el ciclo de los procesos se obtiene que en las 8 horas se tiene un costo de producción diaria de \$240, mientras que en la jornada de 10 horas se tenía un costo de producción diaria de 300 y la diferencia entre los dos son de \$ 60 y \$30 en 1 hora, este valor por la jornada laboral de 22 día, se tiene un costo de producción de \$660 mensual, y \$ 7, 920 al año.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La aplicación de Herramientas Lean Manufacturing nos permitió identificar, mejorar y disminuir los ciclos de tiempos, en los procesos y operaciones que presentan defectos (Desperdicios, tiempos muertos, actividades repetitivas, herramientas deficientes, procedimientos inadecuados), los mismos que afectan directamente al ciclo de las operaciones, traduciéndose esto en retrasos en la línea de producción
- El diagrama de causas y efectos permitió de analizar diversas categorías de causas que están relacionadas con los desperdicios, como las causas relacionadas con el trabajo humano, los métodos de producción, los materiales utilizados, los equipos y las condiciones del entorno con el fin tomar medidas correctivas y preventivas adecuadas para reducir o eliminar los desperdicios en los procesos del ciclo de minado
- La implementación de herramientas como el Value Stream Mapping (VSM), las 5S, Genchi Genbutsu, Poka-Yoke y el Kaizen Blitz en los procesos de minado en la mina han permitido mejorar los procedimientos esto reflejado en una reducción en el tiempo de ciclo, teniendo al inicio un ciclo de 10 horas y luego de la implementación un ciclo de minado de 8 horas. Por tal razón se redujo el ciclo de minado en la mina S. M. Oro Inca de 2,3 horas. Además, se obtuvo un costo de producción anual con respecto a este tiempo de 7,920 dólares.
- Al final de nuestro estudio podemos decir que aplicar herramientas como metodologías, técnicas y estrategias, permiten mejorar los procesos, aumentar la productividad en la línea de producción traduciéndose esto en un beneficio económico, bienestar para los trabajadores y obtener procesos seguros y amigables con el medio ambiente que hoy en día debe buscar todas las Industrias mineras por el nivel de contaminación que presentan estas.

5.2. Recomendaciones

- Recomendaría explorar el impacto de las herramientas de Lean Manufacturing en la eficiencia operativa y la gestión de recursos en una mina subterránea. Enfocarse en una herramienta específica, como Kanban o 5S, y analizar cómo su aplicación ha contribuido a la reducción de desperdicios, tiempos de inactividad y mejoras en la productividad.
- Además, se recomienda la investigación del cambio cultural dentro del equipo y la adaptación a las prácticas lean ya que proporcionaría una perspectiva valiosa sobre cómo las herramientas de Lean Manufacturing que pueden ser efectivas en la minería, con implicaciones prácticas para el mejoramiento de procesos y la gestión eficiente de recursos.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ABANTO VERGARA, Piero Javier. & GUZMAN ARANA, Carlo Enriquez.** *"Diseño y propuesta de un modelo para la reducción de desperdicios mediante la técnica Lean Manufacturing y mantenimiento preventivo en el sector Manufacturero de minería no metálica en Lima Metropolitana"*. Trabajo de Titulación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima-Perú. 2022. Págs. 66-34.
2. **AÑAGUARI, Miluska A. & SOLER, Victor G.** *"Lean Manufacturing como herramienta de competitividad en las pymes españolas"*. 3C Tecnología, vol.5, nº3, (2016), (España), págs. 20-29. Disponible en: <https://doi.org/10.17993/3ctecno.2016.v5n3e19.20-29>
3. **ARRIAGADA, Pablo A.** *"Incorporación de metodologías de Lean Management en la etapa de construcción de la mina Recursos Norte"*. Chile, 2018, págs. 4-10.
4. **AZIZA, SEIFULLINA; et al.** n Implementation Framework for the Mining Industry". [en línea]. 2018, Vol. 51 (No. 11), págs. 1149-1154. [Consulta: 12 de junio de 2024]. ISSN No especificado. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.435>
5. **BOLIMBO, Cristian, P.** *"Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en una empresa metalmecánica"*. (Trabajo de Titulación). Universidad Privada del Norte. Lima-Perú. 2022. págs. 80-20.
6. **CAPARACHÍN, Flor M, & SANTA CRUZ, Edgar.** *"Propuesta para mejorar la eficiencia en el servicio de reparación de averías de vehículos ligeros del sector automotriz, utilizando herramientas Lean Manufacturing"*. Trabajo de titulación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería. Lima-Perú. 2019.
7. **CATAMAYO, Johnny.** *"Aplicación de filosofía Lean en la preparación minera"*. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad de Chile; Facultad de ciencias Físicas y Matemáticas. Santiago de Chile 2017, págs. 11-34. [Consulta: 12 de junio de 2024].
8. **CARLOS, I., & LEZAMA, F.** *"Aplicación de herramientas Lean Manufacturing para incrementar la productividad de procesamiento de mineral en la planta de chancado secundario de la mina Lagunas Norte - Barrick"*. [en línea], 2012. [Consulta: 12 de junio de 2024].
9. **CAVALCANTE, Milca, TSUKUI, Anna. & ESTUMANO, Diego C.** *"Aplicação das ferramentas Lean Manufacturing na indústria de mineração / Application of Lean*

- Manufacturing tools in the mining industry". *Brazilian Journal of Development* [en línea], 2020, (Brasil) Vol. 6 (No. 9), págs. [Consulta: 12 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-100>
10. **COBEÑAS, Andy H.** "Implementación de herramientas Lean para mejorar la gestión de inventarios de existencia de una empresa minera", Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería. Lima-Perú. 2018. págs. 5-8.
 11. **DOBRA, Peter. & JÓSVAI, János.** "Enhance of OEE by hybrid analysis at the automotive semi-automatic assembly lines". *Procedia Manufacturing*, 2020, Vol. 54, págs. 20-22. [Consulta: 12 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.07.028>
 12. **DUARTE D, Raúl.** *Glosario Minero: Colección de termino técnicos y vocablos propios de los trabajadores que laboran en la mina elTeniente.* [en línea]. 2^{da} ed. Rancagua-Chile, 1993. [Consulta: 12 de junio de 2024]. Disponible en: <file:///C:/Users/user/Downloads/MC0047730.pdf>
 13. **DUBEY, Kumar. & RESHMA, Gill.** Value chain mapping: A novel approach for market dynamics analysis in tomato (*Solatum lycopersicum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 2020, (India) Vol. 90 (No. 5), págs. 3-8. [Consulta: 12 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.56093/ijas.v90i5.104362>
 14. **FUENTES, Iván.** "Propuesta de mejora para disminuir los reprocesos del producto en una refinería de zinc utilizando herramientas lean manufacturing". (Trabajo de titulación). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, facultad de Ingeniería. Lima-Perú. 2021, págs. 57-88.
 15. **GARCÍA, Alcaraz; et al.** "Effect of lean manufacturing tools on sustainability: the case of Mexican maquiladoras". *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, (No especificado) Vol. 29 (No. 26), págs. 1-16. [Consulta: 12 de junio de 2024]. ISSN 39622–39637. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18978-6>.
 16. **GLOSARIO TÉCNICO MINERO**, Ministerio de Minas y Energías. Bogotá-Colombia, 2003, págs. 17-89- [Consulta: 12 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/glosariominero.pdf>
 17. **HERRERA H, Juan.** *Introducción al drenaje de Explotaciones mineras* [en línea]. España: Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía, 2020. [Consulta: 12 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.20868/upm.book.62726>

18. **HOFSTEDE, Geert, & MINKOV, Michael.** "VSM 2013 Values Survey Module 2013 Manual Contents Page". *No especificado* [en línea], 2013, [Consulta: 12 de junio de 2024]. Disponible en: www.geerthofstede.eu
19. **INGENIERÍA.** "*Ingeniería Industrial & Lean Manufacturing*". [blog]. 2014, [Consulta: 12 de junio de 2024]. Disponible en: <http://ingenieriaylean.blogspot.com/2014/09/7-desperdicios-o-mudas.html>
20. **INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICO Y ENERGÉTICO.** "*Guía de seguridad en actividades mineras subterráneas para pequeña minería y artesanal*", [en línea], Ecuador. 2020, [Consulta: 12 de junio de 2024]. Disponible en: www.mctecuador.com
21. **JÁCOME, Juana; et al.** "Evaluación del sector minero y su incidencia en el PIB del Ecuador, periodo 2019 -2021". *593 Digital Publisher CEIT*, 2023, (en línea) Vol. 8 (No. 2-1), págs. 45-48. [Consulta: 12 de junio de 2024]. ISSN 2588-0705. Disponible en: <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.2-1.1792>
22. **LAMA, Orlando & ALAYO , Josué.** "*Modelo de implementación de mantenimiento lean para incrementar la Eficiencia Global de los Equipos mineros de acarreo través del Mantenimiento Productivo Total y mejora continua*". [en línea], (Trabajo de titulación). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima-Perú. 2021, págs. 22-67. [Consulta: 12 de junio de 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/655656>
23. **LAWRENCE, Mero & CLARK, George.** "*Mining*". *Encyclopedia Britannica*, (en línea). Inglaterra-Gran Bretaña, 2023. [Consulta: 12 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.britannica.com/technology/mining>
24. **LOOW, Joel.** "*Lean Production in Mining*", [En línea], 2015, págs.121-136. [Consulta: 12 de junio de 2024]. ISSN. Disponible en: <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1011574&dswid=6684>
25. **MALPARTIDA G, Jorge & TERMEÑO, Luís.** "*Implementación de las herramientas del Lean Manufacturing y sus resultados en diferentes empresas*". *Alpha Centauri*, 2020, (España) Vol. 1 (No. 2), págs. 51-59. [Consulta: 12 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.47422/ac.v1i2.12>
26. **MARTINEZ, Roberto; et al.** "*El avión de la muda: herramienta de apoyo a la enseñanza-aprendizaje práctico de la manufactura esbelta*". *Revista Facultad de Ingeniería*, 2011, [Consulta: 12 de junio de 2024].
27. **MONJA C, Jessica & PANTA Talía.** "Propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing para incrementar la productividad en la empresa Insumex

- S.A." Línea de Investigación". [En línea]. (Trabajo de Titulación). Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo-Perú. 2021. págs. 46-48. [Consulta: 12 de junio de 2024]. Disponible en: <https://orcid.org/0000-0002-4250-5619>.
28. **PINEDA M, Karla**. "*Manufactura esbelta. Manual y herramientas de aplicación*". 2004. [blog] [Consulta: 12 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/manufactura-esbelta-manual-y-herramientas-de-aplicacion/>
 29. **PROLEC**. "*Transformador Pedestal Trifásico*", [blog]. Chile. 2018. [Consulta: 12 de junio de 2024]. ISSN. Disponible en: www.prolecge.com
 30. **Rafael Carlos Cabrera Calva**. "*VSM Value Stream Mapping*". [en línea]. Perú, 2016. [Consulta: 12 de junio de 2024]. Disponible en. <file:///C:/Users/user/Downloads/MC005670.pdf>
 31. **REAL ACADEMIA ESPAÑOLA**. "*Diccionario de la lengua española . Edición del Tricentenario*". [blog]. [Consulta: 12 de junio de 2024]. ISSN No especificado. Disponible en: <https://dle.rae.es/bocamina>
 32. **RÍOS V, Liseth A**. "*Propuesta de implementación de la herramienta de mejora continua 5S en la empresa 'Ferretería LA 13' orientada a la optimización del tiempo de servicio y la mejora de los niveles de venta por medio del servicio al cliente*", 2021 Universidad del Valle Sede Zarzal, págs. 23-65. [Consulta: 12 de junio de 2024]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/cfeefd8a-0951-4ded-833b-f0dc611df1aa/content>
 33. **RODRÍGUEZ, Eduardo. & CANO M**. "*Optimización de recursos en una microempresa de manufactura utilizando algunas de las herramientas de Lean Manufacturing*". [en línea], 2006, [Consulta: 12 de junio de 2024]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/496>
 34. **RODRÍGUEZ P, José**. "*Metodología SMED*". [En línea], 2018.[Consulta: 12 de junio de 2024]. Disponible en: [TECNICA-SMED.pdf \(3ciencias.com\)](#)
 35. **Sistemas OEE**. "*Lean Manufacturing: definición, origen y evolución*". *Technology To improve*, 2019, [en línea], [Consulta: 12 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.sistemasoe.com/lean-manufacturing/#:~:text=E1%20Lean%20Manufacturing%2C%20o%20tambi%C3%A9n,tipo%20de%20valor%20al%20proceso>
 36. **SUAREZ, Martha & MARTINEZ, Lydia**. "Mejora en la eficiencia mediante la técnica TPM en una empresa del ramo minero". *Revista de Tecnología e Innovación*

[en línea], 2015, Vol. 2 (No. 2), págs. 22-36. [Consulta: 12 de junio de 2024].
Disponible en: [Tecnologia-e-Innovacion-178-185.pdf \(ecorfan.org\)](#)

37. **WESTREICHER, Guillermo.** "*Proceso*". *Economipedia* , 2024. [Consulta: 12 de junio de 2024]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/proceso.html>
38. **ZAPATER, Silvia.** "*Value Stream Mapping, ¿cuál es la aplicación del VSM?*". *Hiberus*, 2023, [en línea], [Consulta: 12 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/vsm-value-stream-mapping/>



ANEXOS

Anexo A: Defectos en los procesos de la empresa.

Línea de Producto (LP)	LP	Número de defectos
Supervisión	SUP-H	25,00
Perforación	PERF-HM	15,00
Voladura	V-H	20,00
Ventilación	H-M	10,00
Desate	H-H	30,00
carguío y acarreo	H-M	35,00
Preparación de explosivos	H-H	5,00
Total		140,00

Realizado por: Morocho, 2024.

Anexo B: Tiempos de Supervisión

SUPERVISIÓN (Min)											
#	Actividad	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 5	Toma 6	Toma 7	Toma 8	Toma 9	Toma 10
1	Preparación del equipos, materiales y herramientas	15	9	12	12	18	13	14	12	13	16
2	Ingreso	20	15	15	14	14	17	10	13	12	14
3	Supervisión del winche secundario	10	10	8	10	10	11	12	10	12	16
3	Descenso	15	14	13	12	17	19	18	17	12	18
4	Supervisión del winche principal y mangueras de agua	20	18	14	22	22	20	16	15	12	14
5	Supervisión de bombas de frentes de trabajo	18	17	15	18	22	23	22	21	22	21
6	Supervisión frentes de trabajo	23	20	23	22	16	16	19	17	21	17
7	Supervisión de tolvas y vagones	22	15	15	22	9	10	14	13	17	13
a	Tiempo Productivo	93	80	75	94	79	80	83	76	84	81
b	Tiempo Contributorio	50	38	40	38	49	49	42	42	37	48
c	Tiempo no Contributorio	22	31	20	19	17	17	8	24	26	17
	Total, de tiempos en minutos (min)	165	149	135	151	145	146	133	142	147	146

Realizado por: Morocho, 2024.

Anexo C. Tiempos no Contributorios en el proceso de Supervisión

Actividad	#	Actividad no contributorio	Tiempo (min)
Supervisión	1	Caminos de difícil acceso	22
	2	Presencia de agua en los piques	31
	3	Sistema de drenajes insuficientes	20
	4	Falta de planificación	19
	5	Ausencia de check list	17
	6	Comunicación deficiente con los trabajadores	17
	7	Calzado inadecuado para terrenos difíciles	8
	8	Ausencia de guantes antideslizantes	24
	9	Desconocimiento de protocolos de seguridad	26
	10	Falta de equipo de protección contra agua	17
			Tiempo total(min)

Realizado por: Morocho, 2024.

Anexo D: Tiempos de Perforación

FERFORACIÓN (Min)											
#	Actividad	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 5	Toma 6	Toma 7	Toma 8	Toma 9	Toma 10
1	Preparación el Equipos, materiales y herramientas	18	17	15	13	18	13	14	18	13	10
2	Traslado y /o Ingreso del equipo de perforación al frente de trabajo	14	15	15	14	18	14	15	13	16	15
3	Supervisión del área de trabajo	8	8	4	4	3	3	3	4	2	3
3	Diseño de malla	6	4	5	5	3	5	4	3	5	4
4	Preparación de la YT27	15	13	10	9	10	11	10	12	10	11
5	Ubicación y perforación Yt27	116	30	36	45	35	44	48	34	56	37
6	Apagones de la yt27	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2
a	Tiempo Productivo	122	34	41	50	38	49	52	37	61	41
b	Tiempo Contributorio	40	40	34	31	39	30	32	35	31	28
c	Tiempo no Contributorio	37	31	34	29	31	27	30	32	21	32
	Total, de Tiempos en minutos (min)	184,0	152,0	165,0	168,0	156,0	161,0	168,0	169,0	176,0	160,0

Realizado por: Morocho, 2024.

Anexo E: Tiempos de voladura

VOLADURA (Min)											
#	Actividad	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 5	Toma 6	Toma 7	Toma 8	Toma 9	Toma 10
1	Preparación del área	3	5	8	9	4	6	8	7	6	4
2	Transporte de explosivo	17	0	0	16	0	0	0	0	15	0
3	Carga y emplazamiento del explosivo	20	22	18	23	23	20	25	27	23	29
4	Encendido de mecha	0,6	0,8	0,6	0,5	0,7	0,5	0,45	0,4	0,5	0,4
a	Tiempo productivo	15	16	14	16	18	15	14	14	16	14
b	Tiempo contributorio	6	8	8	9	7	7	8	7	8	6
c	Tiempo no contributorio	17	0	0	16	0	0	0	0	15	0
	Total, de Tiempos en minutos (min)	38	24	22	41	25	22	22	21	39	20

Realizado por: Morocho, 2024.

Anexo F: Tiempos de carguío y acarreo

CARGA Y ACARREO (Min)											
#	Actividad	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 5	Toma 6	Toma 7	Toma 8	Toma 9	Toma 10
1	Carga del material	15	13	15	18	18	15	18	14	13	15
2	Transporte del material	20	24	20	19	18	22	21	20	22	13
3	Atascamientos	10	4	5	10	0	6	8	0	3	4
4	Descarga	3	2	3	3	2	2	2	2	3	2
5	Espera de equipos.	10	2	4	5	13	15	10	2	3	5
a	Tiempo productivo	20	22	19	20	24	22	18	24	25	27
b	Tiempo contributorio	10	13	18	10	11	11	13	19	18	13
c	Tiempo no contributorio	10	4	5	10	0	6	8	0	3	4
	Total, de tiempos en minutos (min)	40	39	42	40	35	39	39	43	46	44

Anexo G: Tiempos promedio de reparación de explosivos

PREPARACIÓN DE EXPLOSIVO (Min)											
#	Actividad	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 5	Toma 6	Toma 7	Toma 8	Toma 9	Toma 10
1	Selección de explosivos y accesorios	10	12	10	12	11	12	13,4	10,3	12	12
2	Mezcla de nitrato y masilla	20	24	20	19	18	22	21	20	22	13
3	Sellado de detonante con la mecha	2	2	3	2	3	2	3	2	2	3
4	Movimientos innecesarios por falta de nitrato	1	0	5	1	0	0	4	0	0	0
5	Espera de material	6	7	4	10	5	4	5	3	0	3
a	Tiempo Productivo	31	36	35	32	29	34	38,4	30,3	34	25
b	Tiempo contributivo	10	13	18	10	11	11	13	19	18	13
c	Tiempo no contributivo	8	9	7	12	8	6	8	5	2	6
	Total, de tiempos en minutos (min)	49	58	60	54	48	51	59,4	54,3	54	44

Realizado por: Morocho, 2024.

Anexo H: Tiempos promedios actuales de la empresa

Tiempos promedios en los procesos de la empresa S.M “ORO INCA” en minutos [min]												Tiempo Promedio
N	Procesos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	
1	Supervisión	165,0	149,0	135,0	151,0	145,0	146,0	133,0	142,0	147,0	146,0	145,9
2	Perforación	184,0	152,0	165,0	168,0	156,0	161,0	168,0	169,0	176,0	160,0	165,9
3	Voladura	47,2	35,8	34,6	57,5	34,7	33,5	41,5	41,4	52,5	39,4	41,8
4	Ventilación	165,0	149,0	135,0	151,0	145,0	146,0	133,0	142,0	147,0	147,0	146,0
5	Desate	22,0	16,0	17,0	20,0	12,0	18,0	22,0	12,0	13,0	12,0	16,4
6	Carguío y Acarreo	68,0	58,0	65,0	65,0	62,0	71,0	72,0	57,0	62,0	52,0	63,2
7	Preparación de Explosivos	49,0	58,0	60,0	54,0	48,0	51,0	59,4	54,3	54,0	44,0	53,2
Tiempo promedio total (min)												632,38
												10,54

Realizado por: Morocho, 2024

Anexo I: Tiempos promedios Promedio del ciclo total de los procesos

Tiempos Promedios de cada toma en cada Proceso [min]					
N	Procesos	TP	TC	TNC	TCT
1	Supervisión	72,9	48,6	24,3	145,9
2	Perforación	85,5	50,0	30,4	165,9
3	Voladura	23,7	13,0	5,0	41,78
4	Ventilación	81,0	44,8	20,0	145,8
5	Desate	11,0	3,0	2,4	16,40
6	Carguío y Acarreo	37,0	16,2	10,0	63,2
7	Preparación de Explosivos	33,0	16,0	4,0	53,0

Realizado por: Morocho, 2024.

Anexo J: Tiempos promedios luego de la Mejora y costos de producción luego de la mejora

Tiempos Promedios de cada toma en los procesos de la mina Oro Inca [min]											Tiempo Promedio
N	Procesos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T8	T9	10	
1	Supervisión	123	120,2	120,1	120,3	122	120	118	104	127	107,426
2	Perforación	240	232,3	245,4	225,4	260	280	275	266	299	232,3
3	Voladura	25,5	15,4	18	17,4	22	28,5	19,3	18	18,5	18,3
4	Ventilación	120	125,3	80,5	95,2	97	60,5	99,5	79	23,4	78,00
5	Desate	15	18,5	14,6	9,4	7,4	7,6	8,4	12	10,6	10,39
6	Carguío y Acarreo	25	30	35,4	38,5	28	26,7	25,4	29	22,4	26,03
7	Preparación de Explosivos	15,6	20	19	20	18	17,4	34,5	19	14,7	17,81
Tiempo promedio total de los procesos											490,258
											8,17097

Mineral	Producción	Formula	Unidad
Au	Producción mensual		88 ton
	Producción Au.		6 g/ton
	Precio		50 \$
	Total, Oro Producido	Producción mensual*Producción Au	528 g
	Valor de Au producido	Total, de Au Producido* precio	26400 \$
Ag	Producción mensual		
	Producción Au.		13 onz/ton
	Precio Ag		35 \$
	Total, Ag Producido	Producción mensual*precio Ag	1144 onz
	Valor de Ag producido	Total, de Ag producido * Precio	40040 \$
Ingreso Au			26,000 \$
Ingreso Ag			40,000 \$
Ingreso total			66,000 \$
Detalle		horas	\$
Costo producción diaria Actual		10	300
Costo producción diaria Mejorado		8	240
Diferencia de tiempo Actual vs Mejorado		2	60

Diferencia de tiempo Actual vs Mejorado	1	30
Costo de producción por jornada	22 días	660
Costo de producción Anual		7,9200

Realizado por: Morocho, 2024.

Anexo K: Bocamina de la Mina Oro Inca



Autor: Morocho, 2024.

Anexo L: Esperas por desate



Autor: Morocho, 2024.

Anexo M: Sobrecarga de vagón a un solo obrero



Autor: Morocho, 2024.

Anexo N: Personal descendiendo por el camino dentro del carril de los vagones



Autor: Morocho, 2024.

Anexo O: Mayor Orden luego de la Aplicación 5S



Autor: Morocho, 2024.

Anexo P: Desechos de bolsas en las galerías



Autor: Morocho, 2024.

Anexo Q: Paradas en el proceso de perforación



Autor: Morocho, 2024.

Anexo R: Recopilación de datos.



Autor: Morocho, 2024.

Anexo S: Piques Inseguros sin cuerdas de agarre para el desplazamiento del personal



Autor: Morocho, 2024.

Anexo T: Escaleras y cuerdas de agarre en los piques sector winche principal



Autor: Morocho, 2024.

Anexo U: Herramientas en mal estado



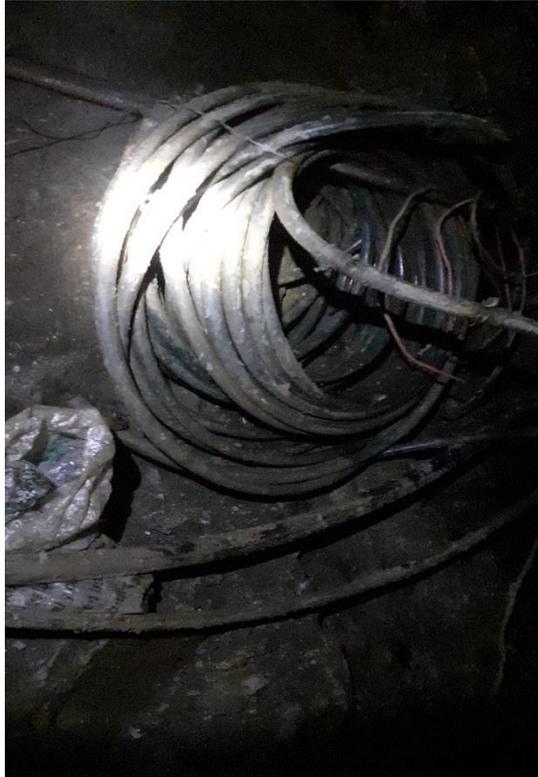
Autor: Morocho, 2024.

Anexo V: Obstaculización en las galerías



Autor: Morocho, 2024.

Anexo W: Stand donde queda recogido la manguera y no obstaculiza el paso



Autor: Morocho, 2024.

Anexo X: Perforadora YT27



Autor: Morocho, 2024.

Anexo Y: Desperdicio y desorden de insumos de voladura



Autor: Morocho, 2024.

Anexo Z: Caminos por donde se produce el atascamiento de vagones



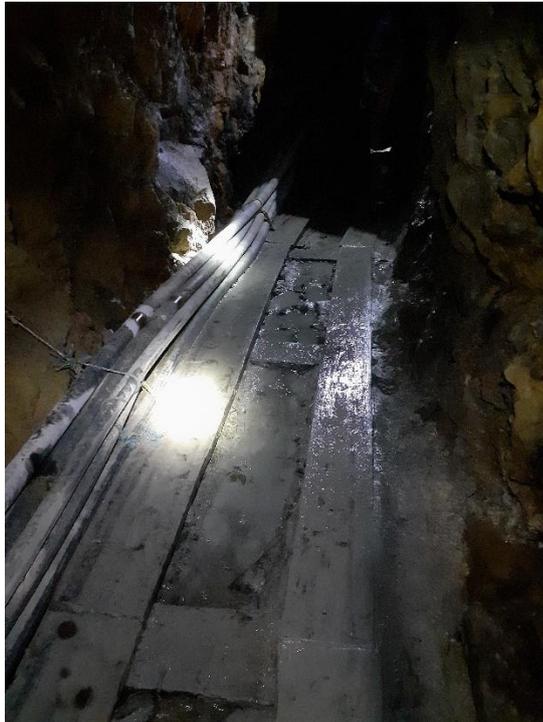
Autor: Morocho, 2024.

Anexo AA: Camino mejorado con tablonces para evitar atascamientos



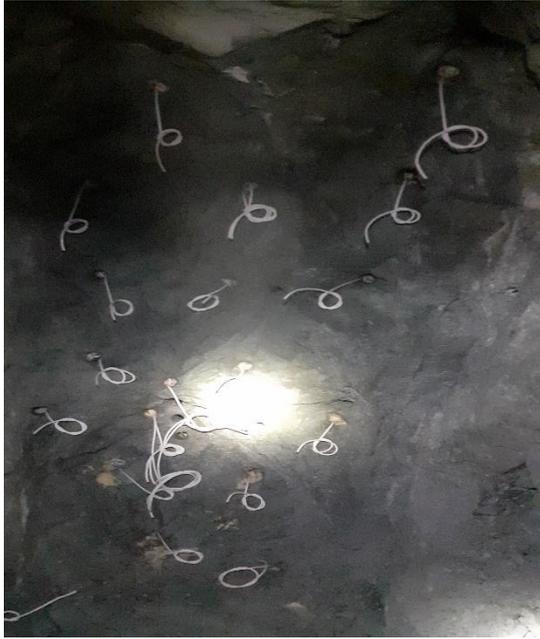
Autor: Morocho, 2024.

Anexo BB: Caminos mejorados y en orden.



Autor: Morocho, 2024.

Anexo CC: Voladora



Autor: Morocho, 2024.

Anexo DD: Orden y limpieza en las galerías



Autor: Morocho, 2024.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 12/ 07 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Mabel Abigail Morocho Cabrera
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Minas
Título a optar: Ingeniera en Minas
 Ing. Luis Patricio Tierra Pérez, Mgs Director del Trabajo de Titulación  Ing. Eduardo Santiago Cazar Rivera, Mgs Asesor del Trabajo de Titulación