

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

**MEJORA EN LA PRODUCTIVIDAD DE CARGUÍO Y ACARREO MEDIANTE EL
PRONÓSTICO DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS USANDO EL MODELO DE
REGRESIÓN LINEAL EN LABORES DE AVANCE EN G.M.I. S.A.C. 2023**

TESIS

Presentada por:

Bach. Sergio Max Tarquino Hurtado

Para optar al Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

TACNA-PERÚ

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

MEJORA EN LA PRODUCTIVIDAD DE CARGUÍO Y

ACARREO MEDIANTE EL PRONÓSTICO DE

TIEMPOS IMPRODUCTIVOS USANDO EL

MODELO DE REGRESIÓN LINEAL

EN LABORES DE AVANCE EN

G.M.I. S.A.C. 2023

Tesis sustentada y aprobada el día 11 de mayo del año 2026 estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE


.....
Dr. Dante Ulises Morales Cabrera

1re. MIEMBRO
SECRETARIO


.....
Dr. Julio Miguel Fernández Prado

2do. MIEMBRO
VOCAL


.....
Dr. Jorge José Segura Dávila

ASESOR


.....
Dr. Jorge José Segura Dávila

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Dr. Jorge Segura Dávila, en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N° 10366-2026-FAIN/UNJBG de la tesis titulada:

"Mejora en la productividad de carguío y acarreo mediante el pronóstico de tiempos improductivos usando el modelo de regresión lineal en labores de avance en G.M.I. S.A.C. 2023", presentada por el Bachiller **Sergio Max Tarquino Hurtado** con código N° 2015-101007, para optar título profesional de Ingeniero de Minas.

Que, habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajo de Investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del **software de similitud textual TURNITIN** cuenta con el **nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 05 %**; Por lo que, **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis enunciada líneas arriba, la cual está expedita para continuar con los trámites para la obtención de título profesional, según corresponda consiguientemente la publicación en el repositorio institucional.

Tacna, 19 de mayo del 2026



FIRMA ASESOR

Nombres y apellidos: Dr. Jorge Segura Dávila

ORCID: 0009-0005-4711-6371

DNI: 00505290



Huella digital



FIRMA TESISTA

Nombres y apellidos: Sergio Max Tarquino Hurtado

DNI: 70573580



Huella digital

DEDICATORIA

Para mis amados padres, quienes en el transcurso de mi vida me han inculcado con su cultura de esfuerzo y estudio. Esta tesis es la prueba de la dedicación y trabajo constante por brindarme la mejor educación, lo cual me hace sentir bendecido y me enorgullece honrarlos de esta manera. Gracias por ser una brújula en mi vida, por guiar el norte de mi conocimiento y mis experiencias de vida, cada éxito es una consecuencia de su amor y su guía.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradece a la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann por su gran aporte educativo en mi formación académica, también agradezco el profesionalismo y los conocimientos de mi asesor.

Por último, quiero transmitir mi agradecimiento a mis padres, a mi compañera de vida y a mi hermano por haber estado incondicionalmente en los buenos y malos momentos que me han impulsado a ser mejor cada día.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN ..	4
1.1 Antecedentes	4
1.2 Descripción y formulación del problema	5
1.2.1 Descripción del problema	5
1.2.2 Formulación del problema de investigación	6
1.3 Objetivos	6
1.3.1 Objetivo general.....	6
1.3.2 Objetivos específicos	7
1.4 Hipótesis de investigación.....	7
1.4.1 Hipótesis general.....	7

1.4.2	Hipótesis específicas	7
1.5	Justificación e importancia de la investigación.....	8
1.6	Variables	9
1.6.1	Variable independiente	9
1.6.2	Variable dependiente	9
1.6.3	Operacionalización de las variables	10
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO		11
2.1	Antecedentes	11
2.1.1	Antecedentes internacionales	11
2.1.2	Antecedentes nacionales	13
2.2	Bases teóricas	17
2.2.1	Regresión de tipo lineal simple	17
2.2.2	Ciclo de minado	23
2.2.3	Carga y acarreo	26
2.2.4	Tiempos improductivos.....	27
2.2.5	Disponibilidad mecánica.....	30
2.2.6	Tiempo operativo y demoras operativas	32
2.2.7	Minería mecanizada	34
2.2.8	Metodología lean six sigma	34
2.3	Definición de términos	43
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO		48
3.1	Tipo y diseño de investigación	48

3.1.1	Tipo de investigación	48
3.1.2	Diseño de la investigación	48
3.2	Población y muestra	49
3.2.1	Población.....	49
3.2.2	Muestra.....	49
3.2.3	Técnicas e instrumentos para recolección de datos.....	49
3.2.4	Procedimiento de la investigación	49
CAPÍTULO IV RESULTADO Y DISCUSIÓN.....		51
4.1	Datos generales	51
4.1.1	Definición de proceso	51
4.1.2	Programa de avances.....	53
4.2	Establecimiento de línea base	59
4.2.1	Demoras operativas y no operativas	62
4.2.2	Demoras operativas y no operativas por mes.....	63
4.2.3	Ejecutado por equipo.....	68
4.3	Desarrollo del modelo regresivo de tipo lineal	69
4.4	Discusión.....	78
4.5	Sugerencias e ideas para la mejora del proceso	79
4.5.1	Decrecimiento de tiempos que no nos generan valor en la actividad de acarreo y del carguío.....	81
CONCLUSIONES		86
RECOMENDACIONES		89

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
ANEXO 01: Matriz de consistencia.....	100
ANEXO 02: Reporte diario de operación – equipos mina.....	101
ANEXO 03: Cuadros y graficas comparativas	107
ANEXO 04: Utilización de la herramienta SPSS	109
ANEXO 05: Dimensionamiento de carguío y acarreo Nv. 20A	112
ANEXO 06: Glosario.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de las variables	10
Tabla 2 Operacionalización de mínimos cuadrados para Scoop de 4,1yd ³ de enero a marzo 2023.....	19
Tabla 3 Operacionalización de mínimos cuadrados para Scoop de 2yd ³ de enero a marzo.....	21
Tabla 4 Segmentación de horas trabajadas por guardia	29
Tabla 5 Tabla de conversión simplificada de sigma.....	39
Tabla 6 Programa de tonelaje en labores de preparación y desarrollo del mes de enero 2023	53
Tabla 7 Programa de tonelaje en labores de preparación y desarrollo del mes de febrero 2023	53
Tabla 8 Programa de tonelaje en labores de preparación y desarrollo del mes de marzo 2023.....	54
Tabla 9 Cumplimiento de programa en tonelaje	54
Tabla 10 Lista de equipos de acarreo y carguío	57
Tabla 11 Identificación actividades con mayor incidencia	58
Tabla 12 Demoras operativas, mecánicas y Stand by por equipos enero, febrero y marzo 2023.....	64

Tabla 13 Nivel de eficiencia y sigma enero, febrero y marzo para Sccop 4,1yd ³ y 2 yd ³	65
Tabla 14 Tonelaje ejecutado por equipo enero, febrero y marzo 2023	68
Tabla 15 Relación de Variables del Scoop 4,1 yd ³	70
Tabla 16 Relación de variables del Scoop 2 yd ³	72
Tabla 17 Resumen del modelo para Scoop de 4,1 yd ³ , con SPSS	73
Tabla 18 Resumen del modelo para Scoop 2 yd ³ , con SPSS	73
Tabla 19 Prueba de ANOVA para modelo Scoop 4,1yd ³	75
Tabla 20 Prueba de ANOVA para modelo Scoop 2yd ³	75
Tabla 21 Análisis de coeficientes para el modelo de scoop 4,1yd ³	76
Tabla 22. Análisis de coeficientes, para el modelo de scoop 2 yd ³	76
Tabla 23 Ciclo de preparación y desarrollo.....	80
Tabla 24 Cuadro de distribución de la flota de Sccop.....	83
Tabla 25 Reporte de indicadores de seguimiento diario de equipos de acarreo y carguío.....	84
Tabla 26. Cronograma de capacitación y entrenamiento para operadores junior ..	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Relación lineal de la ecuación	18
Figura 2 Ciclo de minado subterráneo	25
Figura 3 Clasificación de horas trabajadas guardia.....	28
Figura 4 La sinergia de la metodología lean six sigma.	35
Figura 5 Metodología lean manufacturing	36
Figura 6 Desviación estándar 6σ	37
Figura 7 Nivel de sigma.	38
Figura 8 Nivel de sigmas y rendimiento de proceso.	39
Figura 9 Etapas del ciclo de DMAIC	41
Figura 10 Las 5 etapas claves para el balance calidad y rentabilidad.	43
Figura 11 Diseño de la investigación	48
Figura 12 Diagrama de flujo para el proceso de acarreo y carguío.....	52
Figura 13 Diagrama de causa y efecto de tiempos improductivos en el acarreo y carguío	61
Figura 14 Demoras operativas mes enero a marzo 2023 (Scoop 4,1 yd ³)	62
Figura 15 Demoras operativas mes enero a marzo 2023 (Scoop 2 yd ³)	62
Figura 16. Informe de capacidad de proceso de demora Scoop 4,1 yd ³ y Scoop 2 yd ³	66
Figura 17 Diagrama de pareto de tiempos improductivos	67

Figura 18 Modelo de regresión-Scoop 4,1yd ³	70
Figura 19 Modelo de regresión-Scoop 2 yd ³	72
Figura 20 Coeficiente de Pearson	74
Figura 21 Modelado de datos en SPSS -Scoop 4,1 yd ³	77
Figura 22 Modelado de datos en SPSS -Scoop 2 yd ³	77
Figura 23 Clase de actividades relevantes que no nos generan valor	82
Figura 24 Formato de reporte de operaciones.....	101
Figura 25 Modelo de reporte de operaciones del mes de enero 2023	102
Figura 26 Modelo de reporte de operaciones del mes de febrero 2023	103
Figura 27 Modelo de reporte de operaciones del mes de marzo 2023.....	104
Figura 28 Modelo de reporte de operaciones del mes de abril 2023	105
Figura 29 Modelo de reporte de operaciones del mes de mayo 2023	106
Figura 30 Desmonte generado mensual mente vs el relleno.....	107
Figura 31 Incremento de rendimiento promedio de flota	107
Figura 32 Incremento de flota y rendimiento promedio	108
Figura 33 Importación de datos a la herramienta SPSS.....	109
Figura 34 Asignación de variables según características definidas en la operación	110
Figura 35 Resumen estadístico de las variables.....	110
Figura 36 Generación básica de línea de tendencia	111

Figura 37 Modelamiento gráfico y ecuación de línea de tendencia.....	111
Figura 38 Ruta de carguío y acarreo de desmonte Nv.20A zona esperanza.....	112
Figura 39 Dimensiones de equipos Scoop y labor	112
Figura 40 Unifilar de carguío y acarreo Nv20A a tajo de relleno	113
Figura 41 Dimensionamiento de limpieza de cámara Auxiliar Nv20	113

RESUMEN

En la investigación titulada “Mejora en la productividad de carguío y acarreo mediante el pronóstico de tiempos que son improductivos usando el modelo de regresión de tipo lineal en labores de avance en G.M.I. S.A.C. 2023”, el objetivo de la presente investigación fue analizar y mejorar la productividad de acarreo y carguío mediante el pronóstico de tiempos improductivos por demoras operativas, stand by y por mantenimiento usando el modelo de regresión lineal en labores de avance en G.M.I. S.A.C. 2023. El planeamiento metodológico a utilizado se basa en el enfoque de forma cuantitativa, de tipo aplicativo y correlacional, un diseño de investigación no experimental basado en la relación de dos variables de estudio y mediante su influencia mejorar 1 de ellas. Dada la presentación de las hipótesis a medida que se disminuyen las demoras en 2 h. se garantiza un rendimiento a 70 t./h. promedio y en consecuencia aumentan la utilización efectiva (%). Esto se logró pronosticando los tiempos que son improductivos para equipos de 4,1 yd³ (R1300) Toneladas = $-13,969 \times (\text{horas improductivas})$ y 2 yd³ (LH-203) Toneladas = $-2,621 \times (\text{horas improductivas})$ y se mejoró la productividad aumentando de 696 t./día a 872 t./día promedio por equipo en la empresa GMI S.A.C.

Palabras clave: Tiempos improductivos, acarreo y carguío, regresión lineal, Lean Six Sigma, Productividad.

ABSTRACT

In the research entitled “Improvement in loading and hauling productivity through the forecasting of non-productive times using the linear regression model in advance work at G.M.I. S.A.C. 2023”, the objective of this present research was to analyze and improve the productivity of hauling and loading by forecasting non-productive times due to operational delays, standby and maintenance using the linear regression model in advance work at G.M.I. S.A.C. 2023. The methodological planning used is based on the quantitative approach, of an applicative and correlational type, a non-experimental research design based on the relationship of two study variables and through their influence improve 1 of them. Given the presentation of the hypotheses as the delays are reduced by 2 h. a performance of 70 t./h. on average is guaranteed and consequently the effective utilization (%). This was achieved by forecasting the times that are non-productive for equipment of 4,1 yd³ (R1300) Tons = -13,969 x (non-productive hours) and 2 yd³ (LH-203) Tons = -2,621 x (non-productive hours) and productivity was improved increasing from 696 t./day to 872 t./day average per equipment in the company GMI S.A.C.

Keywords: Non-productive times, hauling and loading, linear regression, Lean Six Sigma, Productivity.

INTRODUCCIÓN

La industria minera actual subterránea y cielo abierto pretende llegar a desarrollar procesos productivos continuos siendo la preparación y desarrollo una parte vital para garantizar la continuidad de estas operaciones, las actividades de acarreo y carguío de desmonte o material estéril son actividades importantes dentro de la preparación y desarrollo de labores que ayudan en gran medida a la habilitación de frente de avances para generar infraestructura, también los equipos deben garantizar una efectividad alta para ayudar a cumplir los objetivos diarios que requiere la empresa minera. Por lo tanto, para que los equipos de acarreo y carguío cumplan sus horas efectivas debe relacionarse varios factores que repercuten directamente a la utilización de los equipos y el cumplimiento del programa diario. En la presente investigación “Mejora en la productividad de carguío y acarreo mediante el pronóstico de tiempos improductivos usando el modelo de regresión lineal en labores de avance en G.M.I. S.A.C. 2023” se realiza el pronóstico y se analizan los tiempos que son improductivos dentro del proceso de acarreo y carguío de los equipos mediante el método de regresión lineal y lo asociaremos a los conceptos de la metodología Lean Six Sigma, permitiendo evidenciar y genera un cambio, ayudando a la visión de los líderes mineros para tomar las decisiones

operativas y el efecto que produce la relación de los distintos factores que producen tiempos improductivos con el tonelaje de desmonte movido.

La presente investigación fue realizada mediante la estructura siguiente:

Para el primer capítulo se realiza el planteamiento de problemas de investigación se hace referencia a la importancia del estudio, a la descripción y formulación del problema con respecto a la investigación planteada, al planteamiento de objetivos logrables a partir de la perspectiva del investigador, a la generación de hipótesis que serán que posteriormente demostradas o reevaluadas al concluir con el estudio en base a los objetivos y a la identificación de las variables que tomarán protagonismo dentro del estudio de la correlación dentro de las operaciones de minería.

Para el segundo capítulo el marco teórico se desarrolló mediante resúmenes descriptivos sobre el estado del arte nombrados como antecedentes nacionales e internacionales donde se detallarán las investigaciones realizadas como referentes al tema tocado en la presente investigación; así mismo también se toma en cuenta la base teórica necesarias para obtener un mejor comprensión, análisis y tratamiento del problema a estudiar.

Para el tercer capítulo en el marco metodológico se detallará la forma de realizar el estudio, mediante la especificación de los métodos, procedimiento y técnicas a utilizar para la recopilación, procesamiento, análisis e interpretación de los resultados obtenidos, todo ello con el fin de dar respuesta a las preguntas generadas en la investigación.

Para el cuarto capítulo los resultados y la discusión se especifican los resultados producto de la investigación utilizados los métodos, procedimientos y técnicas necesarias; así mismo la interpretación de los resultados mediante el análisis y el procesamiento de datos realizado, generando valor e importancia a los hallazgos realizados, se realiza la discusión respecto a los hallazgos realizados por otros autores y se presentan ideas de mejor producto de la presentación de hallazgos a la parte operativa.

Y por último se realizan la conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes

La minería en el Perú tiene una importancia significativa en el desarrollo de forma micro y macroeconómica, para ello las empresas buscan la mejora de sus operaciones en mineras de tal forma que el dinamismo requiere que se ponga atención al mejoramiento de la eficiencia del proceso productivo, en consecuencia, el reconocimiento y direccionamiento de los recursos que se tiene son pieza clave para hacer más eficientes las operaciones mineras. En la zona de estudio en cuestión está presente de forma constante un bajo rendimiento de los equipos de acarreo y carguío, debido principalmente a las fallas de índole mecánica o eléctrica. No permitiendo esto el cumplimiento de forma satisfactoria y regular de los programas de avance mensuales. Sumado a esto la capacidad saturada del pique de extracción para con la carga de los frentes.

1.2 Descripción y formulación del problema

1.2.1 Descripción del problema

Debemos tomar en cuenta que el acarreo dentro del proceso productivo tiene una injerencia significativa, no obstante, dentro de las operaciones existen detalles que no son analizados ni estudiados. Un punto muy importante para poner en consideración en la secuencia productiva, es la acumulado de los tiempos de trabajo que se pierden tanto como demoras operativas y no operativas; así como son algunas por falta de condiciones en las labores, paradas, traslados, fallas con el equipo entre otras, lo que influye directamente en no utilizar el equipo de forma efectiva. Haciendo que los recursos no sean aprovechados y por ende se genere un sobre costo y menor eficiencia en el ciclo de acarreo. La empresa contratista G.M.I. S.AC. presta servicios a la unidad minera Americana en todo el proceso operativo y se necesita identificar factores que nos permiten incrementar la productividad dentro de las actividades siendo un elemento importante el acarreo. La empresa G.M.I. S.AC. tiene un rendimiento a partir de 62m³ a una distancia mínima de 200 metros para poder hacer efectivo su precio unitario, siendo el acarreo por guardia en labores en avance de 190 m³ y diario de 390 m³, y dentro un programa mensual de 1500 metros lo que se puede calcular en 16 400 m³ a mover en labores de avance. En el presente estudio se pretende identificar los tiempos improductivos y realizar la formulación un modelo de regresión lineal que permita la predicción de estos para

poder facilitar la tomar decisiones dentro de las operaciones, el cual a su vez sirva de análisis y de punto de acción para disminuir los tiempos improductivos que merman la eficiencia de los equipos.

1.2.2 Formulación del problema de investigación

A. Problema general

¿De qué manera se mejorará la productividad de acarreo y carguío mediante el pronóstico de tiempos improductivos por demoras operativas, stand by y por mantenimiento usando el modelo de regresión lineal en labores de avance en G.M.I. S.A.C. 2023?

B. Problemas específicos

- ¿Es factible generar un modelo de regresión lineal de los tiempos improductivos por capacidad de equipo?
- ¿Es posible pronosticar los tiempos improductivos de los equipos de acarreo y carga de acuerdo con el modelo de regresión lineal generado?
- ¿En cuánto mejora la productividad de los equipos de acarreo y carguío después al pronóstico de tiempo que son improductivos?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Mejorar la productividad de acarreo y carguío mediante el pronóstico de tiempos improductivos por demoras operativas, stand by y por mantenimiento

usando el modelo de regresión lineal en labores de avance en G.M.I. S.A.C. 2023.

1.3.2 Objetivos específicos

- Generar un modelo de regresión lineal de los tiempos improductivos por capacidad de equipo.
- Pronosticar los tiempos improductivos de los equipos de acarreo y carga de acuerdo con el modelo de regresión lineal generado.
- Evaluar la mejora de la productividad de los equipos de acarreo y carguío después del pronóstico de tiempos que son improductivos

1.4 Hipótesis de investigación

1.4.1 Hipótesis general

La productividad del acarreo y carguío mejora mediante el pronóstico de tiempos improductivos por demoras operativas, stand by y por mantenimiento usando el modelo de regresión lineal en labores de avance en G.M.I. S.A.C. 2023.

1.4.2 Hipótesis específicas

- Para los tiempos improductivos se puede generar un modelo de regresión lineal
- Con el modelo de regresión lineal es posible pronosticar los tiempos improductivos de los equipos de acarreo y carga

- Mejora la productividad de los equipos de acarreo y carguío después del pronóstico de tiempos que son improductivos.

1.5 Justificación e importancia de la investigación

La empresa al ser una minera subterránea tiene diversos puntos de análisis dentro del proceso de minado uno de ellos es el estudio debido a las pérdidas de tiempos dentro del ciclo de carga y acarreo en las labores de avance; donde es importante identificar y examinar las razones relevantes que contribuyen a generar los tiempos improductivos que desfavorecen la productividad e incrementan el costo operativo.

Realizar el pronóstico de tiempos observados como improductivos genera una visión más clara de la productividad y un aporte más consistente para la toma de decisiones operativas en unidad minera americana. Un modelo de regresión lineal tiene la capacidad de generar un aporte significativo a los pronósticos de tiempos en la empresa, el aprovechamiento de los recursos ayudara a la proyección de los supervisores y jefes de guardia para distribuir de mejor manera su flota y al análisis para disminuir los tiempos improductivos dentro del proceso.

La base de datos con los reportes de operaciones de los equipos de carguío y carreo, pueden ser utilizadas como base para la construcción de modelos que

permitan asegurar el pronóstico de tiempos improductivos y su impacto en los resultados de la operación.

El estudio realizado pretende apoyar y aportar al conocimiento para las futuras generaciones interesada en estudiar un tema similar o relacionado, también a la contrata GMI S.A.C. en la identificación de variantes del proceso que pueden conllevar a oportunidades de mejor en temas productivos como en temas de venta y de igual forma aporta a la empresa empleadora generando un mejor dinamismo de las operaciones para la preparaciones de labores así como el cumplimiento de la metas de acuerdo al LOM.

1.6 Variables

1.6.1 Variable independiente

Modelo de regresión lineal de los tiempos improductivos de equipos de carga y acarreo

1.6.2 Variable dependiente

Mejora de la productividad de los equipos de acarreo y carga en frentes de avance.

1.6.3 Operacionalización de las variables

Tabla 1

Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO
Modelo de regresión lineal de los tiempos improductivos de equipos de acarreo y carga	Técnica de modelamiento estadístico que se utilizada para describir un variable resultante con el diseño de una función. Capaz de ayudar a la comprensión y pronosticar el comportamiento de un proceso o aportar al análisis de datos experimentales.	-Coeficiente de intercepción -Pendiente de regresión -Error aleatorio o residual -Variable dependiente -Variable independiente	-Relación entre variable predictora y de respuesta (r^2). -Tiempos improductivos (h./día) -Porcentaje de tiempos improductivos (%)	-Estadística descriptiva -Hoja de cálculo
Mejora de la productividad de equipos de acarreo y carga en frentes de avance	Indicador que determina la relación entre factores medibles que el equipo genera en sus actividades para el control, análisis y el aprovechamiento de recursos.	- Capacidad de cuchara estándar - Volumen de acarreo y carguío por día - Tiempo trabajado por día	-Capacidad de equipo (yd^3) - Toneladas promedio por día (t. /día) -Utilización efectiva (%)	- Hoja técnica de equipo - Reporte diario de equipos mina

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes internacionales

Seifullina et al. (2018). En el Artículo titulado “Enfoque de aplicación de Lean en la industria minera”, El autor tiene el objetivo poner en el contexto la utilización de la metodología Lean-Six Sigma en la industria minera, con un enfoque sistemático para realizar la revisión de la bibliografía que se tiene hasta el momento con el fin de mejorar la productividad y llenar una necesidad que tiene la industria minera para obtener Eficiencia en sus operaciones. Con el análisis de sus alcances, oportunidades y limitaciones. Se pone en evidencia por los resultados la limitada utilización de Lean y la falta de enfoque para obtener modelos que funcionen y conceptualicen la inclusión de Lean en el sector minero. No obstante, la investigación y la conceptualización del análisis propone una oportunidad de Implantación de Lean en minería.

Barrientos Gonzáles (2014). En la tesis titulada “Análisis de factores operacionales en detenciones y productividad de sistema de carguío y transporte en minería a cielo abierto”, el autor tiene el objetivo análisis de factores operacionales en detenciones y productividad de sistema de carguío y transporte en minería a cielo abierto. La metodología del estudio corresponde a una limpieza de los datos disponibles siguiendo restricciones físicas, luego un análisis exploratorio descriptivo y analítico modelando la relación entre las detenciones en estudio y la productividad diaria. Luego se realiza un modelo de simulación dinámica de eventos discretos que emula la realidad del sistema en estudio, el cual es validado y calibrado con la información que se tiene del sistema real. Al concluir se obtuvo como resultados que aquellos días de aumento de productividad son los que poseen una disminución en la duración de los tiempos no-productivos en estudio, como son otros factores. El modelo permite la construcción de nuevos escenarios basados en el caso base, donde se agregan cambios operativos para aumentar la probabilidad de que un camión pueda realizar un cambio de turno con carga, la ubicación del parqueo cambia en función con la chancadora y cambios en las características de camión. Estos escenarios aumentaron la productividad diaria y redujeron el número total las detenciones estudiadas. Los resultados del escenario que combinan ambas estrategias dieron como resultado un aumento del 4,2 % en la productividad diaria y una reducción del 10,6 % en el tiempo de inactividad. Esto representa un incremento a favor de 4,07 MUS\$ mensuales.

Martínez B. (2010). En la tesis titulada “Análisis de fallas aplicados a los equipos de carga tipo scoop de la mina Isidora – Valle Norte pertenecientes a la empresa minera Venrus c.a., el Callao – estado Bolívar.”, El objetivo principal del autor es analizar el estado actual del equipo y determinar en mayor medida la confiabilidad, la capacidad de mantenimiento y disponibilidad de los Scoops. El estudio, realizado durante un período de seis meses, fue considerado descriptivo y exploratorio, de diseño en campo y también no-experimental. El resultado final es que la capacidad de mantenimiento más baja es el Scoop 35, con 7,29 h. Para las actividades de mantenimiento, la más larga fue de 13,29 h. para Scoop 116 para volver a estar operativo. En cuanto a la disponibilidad, el equipo menos disponible es el Scoop 3,5, que representa solo el 3 % de las operaciones diarias, y el más confiable es el Scoop 116, que representa el 5,5 %. Aunque es el más confiable, el porcentaje es menor en relación a la disponibilidad que presenta el Scoop 116 que es de 0,41 h. disponibles diariamente y se han tomado medidas para desarrollar un plan de mantenimiento preventivo regular que, si se implementa de manera efectiva.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Agüero y Ramírez (2024). En la tesis titulada “Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para reducir el tiempo improductivo en las etapas de acarreo y transporte en mina Canta” se tiene como objetivo realizar la depreciación de tiempos improductivos de las actividades de acarreo y transporte, Utilizando la

metodología Lean Six Sigma para enfocarse en la mejora continua y aplicando el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar Y Controlar). Este inicia encontrando oportunidades para la mejora de desde que comienza las actividades de carguío hasta la parte antes del transporte, basándose en utilizar indicadores como la capacidad, el grado Sigma y el rendimiento en operaciones. Después, se diferenciaron los tiempos que dan Valor y aquellos que no. Como consecuencia de los resultados se dieron y efectuaron alternativas para la mejorar midiendo su impacto en el procedimiento de transporte y acarreo. Como resultado se tuvo un incremento del nivel de sigma de 0,77 a 3,44, también se incrementó el rendimiento de 3,7 t/h. a 3,9 t/h. No obstante, en el procedimiento de transporte el nivel de sigma aumento de 1,31 a 3,34 con llevando al crecimiento en el tonelaje promedio de mineral que fue movido de 361 t. a 385 t. y finalmente se redujo en 7 % los tiempos improductivos del ciclo.

Pineda Estrada (2023). En la tesis titulada “Implementación de la metodología Lean Six Sigma para el cumplimiento de las metas de producción en minería” tiene como objetivo demostrar mediante la metodología Lean Six Sigma que se puede lograr mejorar en la producción y reducción en los costos, demostrándonos cuales son las mejores herramientas de que puede utilizar para mejorar el proceso. El analizar el alcance que representan las ideas de mejora productiva como lo son la metodología en reducción de costos, aumentar la productividad por el enfoque de reducción de tiempos improductivos en el proceso

operativo, las malas praxis operativas, mejora de planeamiento de mina y de mantenimiento. El método explica que todo Proceso productivo y servicio permite muchas oportunidades para la mejora trabajando en identificar y eliminar o reducir pérdidas.

Cueva Chávez (2022). En la tesis titulada “Control de los tiempos no-productivos mediante un modelo de regresión de tipo lineal para mejorar productivamente el proceso en el acarreo de la empresa OPEMIP S.A.C. – U.M.- San Rafael”, la principal meta del autor es aumentar la productividad mediante la formulación y aplicación de modelos de regresión de tipo lineal. Los métodos utilizados fueron investigación aplicada, descriptiva y de diseño experimental. Al final, el resultado fue un mejor control del tiempo no productivo y un aumento de la producción de casi 1 500 t./día.

Díaz y Medina (2020). En la tesis titulada “Reducción de los tiempos no-productivos para la mejorar de la productividad en la actividad de Carguío y Acarreo-tajo Pampa Verde de la minera la Zanja”, El objetivo principal para los autores es disminuir los tiempos que son improductivos y también el fin es aumentar gradualmente la producción de los equipos de carga y acarreo de tajo en Minería Pampa Verde-La Zanja. El método utilizado fue un estudio cuantitativo con un diseño descriptivo de tipo transversal, no-experimental ya que los datos fueron recolectados en un solo momento en el tiempo. El resultado final expresó que lo

tiempos no-productivos representaron una carga de 65 185 t. de pérdidas que no pudieron ser movidos en 78,6 h., por otra parte, que dentro del transporte se produjeron 22 323 t. de pérdidas que no pudieron se movilizadas en 180,80 h. Una vez finalizado el estudio, el tiempo no productivo se redujo en un 10,52 % para los equipos de carga y un 11,07 % para los equipos de transporte.

Calua Infante (2019). En la tesis nombrada “Propuesta para disminuir los tiempos no-productivos para el aumento de producción en el carguío y acarreo en Minera Coimolache S.A.”, el objetivo principal del autor es analizar y crear una idea para reducir los tiempos no-productivos y así aumentar la producción en las actividades de acarreo y carguío. La evaluación se llevó a cabo durante la guardia de día y se direccionó en los KPIs de operaciones. Esto ayudó a identificar los picos más relevantes de demora tanto en carguío como en acarreo. Por último, el resultado permitió aumentar la productividad diaria y mensual, lo que resultó en una recuperación económica de \$174,20 en equipos de acarreo y carguío, y S/. 14,60 en el jornal de operadores.

Yarleque Yarleque (2018). En la tesis nombrada “Análisis e identificación de los tiempos no-productivos en equipos de la Unidad De Operaciones Salinas-Inkabor S.A.C.”, El objetivo general del autor es encontrar y estudiar los tiempos no-productivos para la mejora del proceso de explotación y a su vez ayudar en la toma de decisiones sobre cómo mejorar estos procesos. Se utilizó una base de datos

alimentada por la reportaría de operaciones que fue completada en campo por los operadores por zonas y diferentes turnos. Los datos fueron tratados y representados en tablas como también en gráficos, en donde se evidencian los tiempos no-productivos con mayor protagonismo durante la actividad. Finalmente, como resultado del decrecimiento de las casusas más relevantes de los tiempos no-productivos, se registró un aumento del tonelaje de extracción de 2 111,71 t/día a 2 502,94 t/día en la región de Santa Lucía y de 3 010,83 t./día a 3 518,75 t./día en la zona-Huito; con el aumento de forma diaria de \$ 13 717,00 y \$ 21 055,00 en la zona Santa-Lucia y también en la Zona-Huito.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Regresión de tipo lineal simple

Es caracterizado como un método de predicción, conceptualizado como un proceso estadístico para el estudio de la correlación que existen en dos variables: una de ella llamada predictora o covariable y otra variable considerada de respuesta o dependiente (Szretter Noste, 2017).

Por otro lado, Carollo Limeres (2012), sostiene que este modelo es empleada para predecir la relación entre las variables (variable dependiente Y con m variables regresoras X_j , con $j=1, 2, \dots, m$ convirtiéndose en un análisis que estima una ecuación lineal, ya que se ajusta a una línea recta, donde:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \cdots + \beta_m X_m + \varepsilon \quad (1)$$

$$Y = \alpha + \sum_{j=1}^m \beta_j X_j + \varepsilon \quad (2)$$

Siendo:

Y : Variable dependiente

$X_1, X_2, \dots, X_m$: Variables Regresoras o Independientes

α : Intercepto o constante

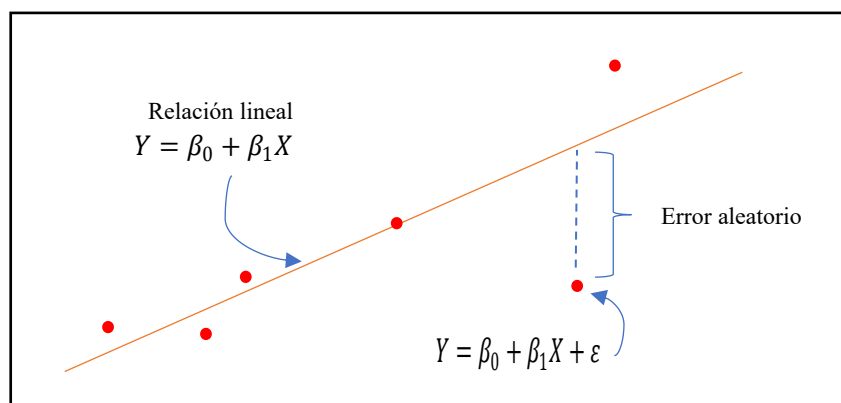
$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$: Pendiente o coeficiente angular de regresión

ε : Variable aleatoria o Error aleatorio

La variable de tipo aleatoria es el conjunto de información de todas las características que pueden ser observadas y no pueden ser controladas, por ello se relacionan aleatoriamente tomado en cuenta en el modelo una cualidad estocástica o también definido como el error aleatorio que ajusta cada punto de dispersión a la realidad y representa la distancia que debe describir para muestra a la recta ideal.

Figura 1

Relación lineal de la ecuación



A continuación, Molina y Rodrigo (2010), comparten el concepto que el modelo para la regresión es el más usado para ser empleado en investigaciones predictivas que representen el valor para una variable cuantitativa partiendo de un variable de tipo explicativas, la que nombraremos como regresión de tipo lineal de forma simple

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \quad (3)$$

No obstante, dentro de nuestro estudio se considera por variable-independiente (X) a la suma de horas de Demora Mecánica, Demora Operativa y Stand by en horas que presenta el equipo y como variable dependiente “Y” las toneladas de desmonte movidas por equipo.

Tabla 2

Operacionalización de mínimos cuadrados para Scoop de 4,1yd³ de enero a marzo 2023

FECHA	Y _i	X _i	X _i Y _i	X _i ²	Y _i ²
20-dic	1 793	126	225 730	15 858	3 213 063
21-dic	1 656	136	225 730	18 572	2 743 553
22-dic	1 781	127	225 730	16 058	3 173 126
23-dic	1 952	116	225 730	13 377	3 809 002
24-dic	1 786	126	225 730	15 974	3 189 717
25-dic	1 759	128	225 730	16 461	3 095 453
26-dic	1 775	127	225 730	16 175	3 150 213
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
12-mar	1 559	145	225 730	20 958	2 431 199
13-mar	1 904	119	225 730	14 049	3 626 778
14-mar	1 702	133	225 730	17 580	2 898 385
15-mar	1 699	133	225 730	17 646	2 887 486
16-mar	1 488	152	225 730	23 010	2 214 439
17-mar	1 543	146	225 730	21 407	2 380 288
18-mar	1 523	148	225 730	21 975	2 318 712
19-mar	1 503	150	225 730	22 551	2 259 494
SUMATORIA	164 190	11 469	20 541 407	1 456 530	298 401 114

Determinamos β_1 que es la pendiente representativa del modelo calculado: $n = 91$

$$\beta_1 = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} = -13,97$$

Así mismo ya obtenido β_1 hallamos β_0 la ordenada que representa el coeficiente constante en la ecuación:

$$\beta_0 = \bar{Y} - \beta_1 \bar{X} = 3\,564,95$$

Obteniendo el siguiente modelo como efecto teórico:

$$Y = -13,97X + 3\,564,95 + \varepsilon$$

A continuación, hallamos el error aleatorio (ε) que ajusta cada punto a la relación lineal:

$$S_{xx} = \sum X^2 - \frac{1}{n}(\sum X)^2 = 10\,939,39; \quad S_{yy} = \sum Y^2 - \frac{1}{n}(\sum Y)^2 = 2\,154\,821,07 ;$$

$$S_{xy} = \sum XY - \frac{1}{n} \sum X \sum Y = -152\,815,52$$

$$\text{Si la suma de cuadrados de } \varepsilon, \quad SC_{\text{error}} = S_{yy} - \frac{(S_{xy})^2}{S_{xx}} = 20\,096,70$$

$$\text{Entonces, } \varepsilon = \sqrt{SC_{\text{error}}} = 141,76$$

$$Y = -13,97X + 3\,564,95 \pm 141,76$$

Hallamos también el Correlación de los datos con respecto a la recta (r^2) y la desviación estándar que presenta el conjunto de datos con respecto a la recta.

$$r^2 = \frac{(S_{XY})^2}{S_{XX}S_{YY}} = 0,99 \quad S_{\sigma} = \sqrt{\frac{SC_{\text{error}}}{n-2}} = 15,03$$

Tabla 3

Operacionalización de mínimos cuadrados para Scoop de 2yd³ de enero a marzo

FECHA	Y_i	X_i	$X_i Y_i$	X_i^2	Y_i^2
20- dic.	426	104	44 413	10 885	181 216
21- dic.	350	127	44 413	16 137	122 237
22- dic.	332	134	44 413	17 921	110 065
23- dic.	346	128	44 413	16 435	120 016
24- dic.	335	133	44 413	17 609	112 014
25- dic.	345	129	44 413	16 571	119 030
26- dic.	309	144	44 413	20 635	95 588
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
13- mar.	337	132	44 413	17 395	113 395
14- mar.	341	130	44 413	16 973	116 215
15- mar.	310	143	44 413	20 498	96 230
16- mar.	322	138	44 413	19 077	103 396
17- mar.	318	140	44 413	19 555	100 868
18- mar.	301	148	44 413	21 815	90 418
19- mar.	312	142	44 413	20 215	97 575
SUMATORIA	30 527	12 127	4 041 563	1 626 351	10 311 210

Determinamos β_1 que es la pendiente representativa del modelo calculado: $n = 91$

$$\beta_1 = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} = -2,62$$

Así mismo ya obtenido β_1 hallamos β_0 la ordenada que representa el coeficiente constante en la ecuación:

$$\beta_0 = \bar{Y} - \beta_1 \bar{X} = 684,73$$

Obteniendo el siguiente modelo como efecto teórico:

$$Y = -2,62X + 684,73 + \varepsilon$$

A continuación, hallamos el error aleatorio (ε) que ajusta cada punto a la relación lineal:

$$S_{xx} = \sum X^2 - \frac{1}{n}(\sum X)^2 = 10\,173,55; \quad S_{yy} = \sum Y^2 - \frac{1}{n}(\sum Y)^2 = 70\,707,63 ;$$

$$S_{xy} = \sum XY - \frac{1}{n}\sum X \sum Y = -26\,663,26$$

$$\text{Si la suma de cuadrados de } \varepsilon, \quad SC_{\text{error}} = S_{yy} - \frac{(S_{xy})^2}{S_{xx}} = 827,43$$

$$\text{Entonces, } \varepsilon = \sqrt{SC_{\text{error}}} = 28,77$$

$$Y = -2,62X + 684,73 \pm 28,77$$

Hallamos también el Correlación de los datos con respecto a la recta (r^2) y la desviación estándar que presenta el conjunto de datos con respecto a la recta.

$$r^2 = \frac{(S_{xy})^2}{S_{xx}S_{yy}} = 0,99$$

$$S_{\sigma} = \sqrt{\frac{SC_{\text{error}}}{n - 2}} = 3,05$$

2.2.2 Ciclo de minado

El ciclo de minado en minería subterránea es el conjunto de actividades requeridas para preparar o explotar un yacimiento. En la zona esperanza se detectan cuerpos de tipo veta formados por procesos geológicos intrusivos y con un tipo de rocas promedio de tipo III medianamente competentes.

El principio del ciclo esta tomado por la perforación teniendo primeros parámetros como la sección de la perforación, tipo de roca, la longitud, tipo labor, espaciamiento, diámetro de taladros y burden; en la Zona Esperanza se tiene longitudes de perforación de 10ft y 12 ft con un rendimiento de avance promedio de 2,7 y 3,1 respectivamente utilizando equipos jumbo frontonero. Para realizar una correcta perforación se tiene que tomar criterios específicos como diseño de perforación, paralelismo y el control de perturbación de las cajas.

Posterior y dependiente de la perforación se realiza el carguío de taladros y el secuenciamiento de salida de la carga explosiva que corresponde al proceso de voladura, tomando en cuenta el tipo de explosivo, factor de carga promedio de 0,75kg/m³, carga de fondo, distribución de carga de columna, accesorios de retardo y la secuencia de salida. En la voladura se analizan los resultados como la fragmentación (P80) y proyección de las rocas, lo cual determinara si los parámetros tomados son los adecuados o se requiere un reajuste del método.

Continuando con el ciclo se realiza la ventilación del lugar mediante mangas y ventiladores secundarios o auxiliares dependiendo de la capacidad del sistema de ventilación para la disipación, disminución de gases y conservación de la cantidad de oxígeno recomendado como mínimo 19,5%. El desatado de rocas resulta imprescindible para comenzar las actividades de limpieza, muchas veces es manual mediante el uso de 2 juegos de barretillas por estándar, pero si la sección de la labor sobre pasa el 4,0x4,0 se empleará equipos Scailier para un desate mecanizado y eficiente.

Asegurando la calidad de aire y el desatado correcto se continua con la limpieza de desmonte, denominada carguío y acarreo. Teniendo como referencia a los equipos R1300 con una capacidad de 4,1 yd³ cuyo rendimiento mínimo es de 52 t./h. realizando acumulación de carga en cámaras y carguío de volquetes o dumper para el traslado del desmonte a zonas de relleno. Y concluyendo el ciclo se realiza el sostenimiento de acuerdo a recomendaciones geomecánica tomando en consideración el tipo de roca, sección, fragmentación y perturbaciones de la labor, teniendo en cuenta esto se opta por un sostenimiento puntal (solo perno), combinado (perno y malla) o shotcrete utilizando equipos como jumbos empernadores, mixers y robots lanzadores.

Figura 2

Ciclo de minado subterráneo



Perforación. – Es la actividad requerida para generar huecos en el macizo rocoso el cual se les denomina Taladros que tienen una longitud, un diámetro, dirección y distribución adecuada y calculada (Ventura Aycachid, 2008).

Voladura. – Es la actividad realizada para fragmentar el macizo rocoso con el uso de explosivos para generar una infraestructura con una sección definida cuidando la secuencia de salida y el impacto para no perturbar la estructura.

Ventilación. – Es la actividad realizada para evacuar el polvo y los gases generados por las actividades en las labores mineras, ya sea por voladura, combustión, limpieza, etc. y así mismo brindar una atmosfera adecuada para realizar los trabajos requeridos.

Desatado de rocas. – Es la actividad realizada para prevenir la caída de rocas que genera la mayoría de accidentes en minería subterránea, esa puede ser manual o mecanizada (Ventura Aycachid, 2008).

Limpieza. – Es la actividad por la cual se carga material mineral o estéril por consecuencia de la voladura y es movido a otros lugares mediante el uso de equipos.

Sostenimiento. – Tiene el propósito de estabilizar los espacios abierto generados en el proceso de minado generando seguridad tanto a labores de infraestructura como de preparación y desarrollo, este tiene que ser adecuado para el tipo de roca que se presente y evaluado constantemente (Ventura Aycachid, 2008).

2.2.3 Carga y acarreo

El carguío y acarreo es un proceso del minado que se define por utilizar equipos de gran dimensión para transportar o cargar los fragmentos de material generado por las actividades mineras a un lugar definido. (INACAP, 2014).

Consecuentemente, Barreto Taipe (2017), propone que el carguío y acarreo es una de las partes importantes en las actividades de la minería, porque tiene la función de movilizar el material fragmentado a un lugar determinado. Para concluir con la importancia de los equipos es importante considerar el tipo de método de

minado, por esta razón se consideran el lugar y la forma, las características operativas, las dimensiones y lo que se requiere para la extracción y/o habilitación.

No obstante, también, Barreto Taipe (2017) especifica las características siguientes carguío y acarreo:

- El acarreo y carguío tiene la tarea de mover los materiales estériles y mineralizados en formade fragmento producto de la voladura.
- Es relevante un modelo de diseño con una alta capacidad operativa para sistematizar el acarreo y carguío para que trabajen conjuntamente con los demás equipos de manera eficiente.
- El acarreo y carguío son tareas que dependen una de otra
- El acarreo y carguío es usado en la mayoría de operaciones del rubro de la minería especializado en la extracción de minerales porque garantiza mayor versatilidad.

2.2.4 Tiempos improductivos

Los tiempos no productivos son periodos de tiempos que no permiten la realización de las actividades de producción o beneficio y en esto los tiempos serán significativos si ascienden a más de 10 min. (Calua Infante, 2019).

Así mismo, Yarleque Yarleque (2018), Es crucial para las compañías mineras detectar y examinar los periodos improductivos; dado que estos

representan el uso de los recursos. Por lo tanto, medirlos y cuantificarlos ayudara en gran medida a la optimización de los procesos operativos orientados a incrementar la productividad de las empresas.

Figura 3
Clasificación de horas trabajadas guardia

HORAS TRABAJADAS GUARDIA (HTG)			
HORAS DISPONIBLES (HD)		HORAS INOPERATIVAS	
			
OPERATIVO (HO)	DEMORAS OPERATIVAS (DO)	STAND BY (STB)	DEMORAS MECÁNICAS (DM)
TIEMPOS PRODUCTIVOS (TP)	TIEMPOS IMPRODUCTIVOS (TI)		

Los tiempos improductivos se definen como tiempos de Demora Operativa donde el equipo ejerce una actividad que no es productiva para la operación siendo otro tipo de trabajo menores que desvían el tiempo efectivo del equipo, así también tenemos dentro de este grupo al tiempo de demoras por stand by que engloba a las actividades donde el equipo no está encendido pero si tiene disponibilidad mecánica muchas veces por actividades rutinarias como ingreso de personal hasta falta de condiciones en las labores, y finalmente las demoras Mecánicas producto de los desperfectos que se generan en el equipo y que requieren un manteamiento

correctivo y a la larga un mantenimiento programado para evitar que estas fallas sean intempestivas pero de igual puede quitar hasta una guardia o dos de trabajo.

Tabla 4
Segmentación de horas trabajadas por guardia

TIPO ACTIVIDAD	DESC. ACTIVIDAD	# ACTIVIDAD
DEMORAS OPERATIVAS	CHEQUEO DE EQUIPO (PRE-USO)	203
	CAPACITACIÓN Y CHARLA EN INT. MINA	207
	OPERADOR REALIZA OTRO TRABAJOS DE APOYO	208
	EQUIPO PARADO POR FALTA DE OPERADOR	209
	LLENADO DE COMBUSTIBLE	210
	TRASLADO DE SCOOP DE LABOR A OTRA LABOR	211
	EQUIPO EN STAND BY	226
	ORDEN Y LIMPIEZA Y/O ESTANDARIZACIÓN	234
	CARGA Y DESCARGA DE MATERIALES	236
	OTRAS DEMORAS OPERATIVAS	239
	COMPLETADO DE HERRAMIENTAS DE SEGURIDAD	274
	ASEO DE EQUIPO AL FIN DE GUARDIA	275
	INSPECCIÓN DE LABOR	284
DEMORAS MECANICAS	FALLA MECÁNICA	301
	MANTENIMIENTO PROGRAMADO	303
	ACONDICIONAMIENTO PARA EQUIPOS	304
	FALLA EN EL SISTEMA ELECTRICO DEL EQUIPO	305
	CORRECTIVOS POR MANTENIMIENTO	308
	TRASLADO DE EQUIPO A TALLER	315
STAND BY	REPARTO o REUNION DE GUARDÍA	201
	PERSONAL TRASLADANDOSE INT. MINA / INGRESO	202
	DE PERSONAL	
	REFRIGERIO / ALMUERZO	204
	SALIDA DE PERSONAL	205

Como se representa en la Tabla 4 se describen los tiempos improductivos más representativos dentro de las guardias trabajadas teniendo una codificación que identifica a cada una de las actividades y permite que se genere un base de datos detallada para el análisis de desvíos que puede presentarse en una guardia.

2.2.5 Disponibilidad mecánica

Cuando al tiempo programado de uso operativo, se le aplica la diferencia de horas con el tiempo en mantenimiento resultan como resultado las horas del tiempo de disponibilidad efectiva.

$$T_D = T_{TP} - T_M \quad (4)$$

T_D : Tiempo disponible Operativamente

T_{TP} : Tiempo Total Utilización Programada

T_M : Tiempo en Mantenimiento

Como se expuso anteriormente, a menos horas de mantenimiento se tendrá un aumento de horas disponibles de equipo; lo cual se conoce por Disponibilidad operativa y es definida de la siguiente manera (Vilar, 2019).

$$\text{Índice de la disponibilidad operativa} \rightarrow D = \frac{T_{\text{Disponible}}}{T_{\text{Total}}} \times 100\%$$

$$\text{Expresado también como: } \rightarrow D = \frac{(T_{\text{Total}} - T_{\text{Mant}})}{T_{\text{Total}}} \times 100\%$$

$$D = \left(1 - \frac{T_{\text{Mant}}}{T_{\text{Total}}}\right) \times 100\% \text{ pero el término, } \frac{T_{\text{Mant}}}{T_{\text{Total}}} \text{ define el:}$$

$$\text{Índice de Mantenimiento} \rightarrow M = \frac{T_{\text{Mant}}}{T_{\text{Total}}} \times 100\%$$

A continuación, se ejemplificará con datos promedio de los tiempos de sccop 4,1 yd:

- a) Índice de disponibilidad Scoop 4,1yd $\rightarrow D = \frac{2150,13-209,54}{2150,13} \times 100\% = 90\%$
- b) Índice de Mantenimiento Scoop 4,1yd $\rightarrow M = (1 - \frac{209,54}{2150,13}) \times 100\% = 10\%$

Las horas en mantenimiento, son aquella en que el equipo esta inmovilizado por averías o fallas o también producto del seguimiento de un plan de mantenimiento. (Vilar, 2019).

Entonces el tiempo de mantenimiento:

$$T_M = T_{\text{Mant. Progr.}} + T_{\text{Mant. Fallas}} \quad (5)$$

$T_{\text{Mant. Progr.}}$ =Tiempo programado o de planificación para realizar un servicio de mantenimiento oportuno dando condiciones para la operación como el cambio de filtros y aceites, limpieza, entre otros. (Vilar, 2019)

$T_{\text{Mant. Fallas}}$ = Tiempo de mantenimiento por fallas mecánicas y/o eléctricas; representa el tiempo en el que se solucionan los problemas del equipo con la reparación para volverá garantizar la funcionalidad operativa. (Vilar, 2019).

El mantenimiento en la actualidad es un proceso muy valorado, porque repercute de manera frontal en la capacidad del proceso para cumplir las metas

físicas planteadas; para aminorar las horas que presentan paradas de equipo por fallas o correctivos, es primordial mejorar la resolución preventiva de problemas mediante un sistema de respuesta preventiva. (Vilar, 2019).

2.2.6 Tiempo operativo y demoras operativas

El tiempo operativo, corresponde al tiempo en que el equipo realiza la función para la que fue diseñado (Vilar, 2019).

El tiempo de demoras operativas, corresponde al tiempo en que el equipo no está realizando su función debida básicamente a dos causas; a las demoras operativas planificadas; que consideran los cambios de turno y operador, refrigerios o descansos de turno; y a las demoras operativas por interferencia, como la ubicación de trabajo, impedimentos para trasladarse, etc. (Vilar, 2019).

$$\text{Entonces: } T_D = T_O + T_{DO} \text{ Y } T_{DO} = T_{DO \text{ Prog.}} + T_{DO \text{ Interf.}} \quad (6)$$

Donde:

T_O : Tiempo operativo

T_{DO} : Tiempo demora operativa

$T_{DO \text{ Prog.}}$: Tiempo demora operativa programada

$T_{DO \text{ Interf.}}$: Tiempo demora operativa por interferencia

Cuando se relaciona el tiempo de operación y el tiempo de disponibilidad

mecánica cada como resultado una respuesta definida como:

$$\text{Utilización} \rightarrow U = \frac{T_{\text{Operativo}}}{T_{\text{Disponible}}} \times 100\% \quad (7)$$

$$\text{Índice de utilización Scoop 4,1 yardas} \rightarrow U = \frac{944,85}{2150,13-209,54} \times 100\% = 49\%$$

Podemos definir como utilización, al tiempo que el equipo tiene un uso efectivo dentro de tiempo disponible que se garantiza mantenimiento para realizar sus tareas. (Vilar, 2019).

Cuando el tiempo de la demora se relaciona con el tiempo de la disponibilidad se obtiene representativamente las demoras del equipo en términos porcentuales (Vilar, 2019) definido como:

$$\text{Índice demoras operativas} \rightarrow DO = \frac{T_{\text{Demoras Oper.}}}{T_{\text{Disponible}}} \times 100\% \quad (8)$$

$$\text{Índice demoras operativas S-108} \rightarrow DO = \frac{423,81}{2150,13-209,54} \times 100\% = 22\%$$

El índice expuesto, nos permite medir las demoras en las operaciones o también dicho de otra forma el tiempo perdido dentro de la operación; el cual debe ser disminuido para llegar la máxima utilidad posible de los equipos. (Vilar, 2019).

2.2.7 Minería mecanizada

La minería mecanizada es la minería que emplea maquinarias pesadas para la explotación, preparación y desarrollo. La característica más notable en este tipo de minería es el rendimiento, que da paso a una mayor productividad. Se puede utilizar en tajo abierto como en subterráneo, donde solo variara el tamaño, la potencia y la versatilidad del equipo.

Los equipos más usados en minería subterránea son los equipos scoop, dumper, Jumbo, scailer, robot y mixer.

La mecanización de la minería mejora la productividad reduce la exposición del personal a los riesgos y ayuda a acceder a los recursos en condiciones más complicadas. Aunque el costo inicial para adquirir estos equipos es alto, se ve compensada a largo plazo cuando mejoramos el dimensionamiento y las horas efectivas de trabajo dentro de nuestro proceso productivo.

2.2.8 Metodología lean six sigma

Lean six sigma es un apoyo alternativo al mejoramiento de gestión de equipos de acarreo y transporte. Es una herramienta de mejora para el proceso que busca el aumento de la productividad y a su vez la rentabilidad mediante la mejora continua. Six sigma está basada sobre la estadística tomado como referencia principal a la desviación estándar, con esta medida estadística se busca el análisis

de los datos resultados del proceso. Los datos se recopilan para buscar falla o inconvenientes que pueden presentarse en el proceso. A partir se puede se puede utilizar la metodología six sigma para la optimización en minería subterránea para eliminar y reducir los defectos en el proceso. El principal objetivo de optimizar la gestión de los equipos LHD es fomentar la productividad y reducir los costos.

La metodología lean six sigma, es la combinación de dos métodos lean manufacturing y el six Sigma; reconocidos y utilizados internacionalmente en la industria y empresa. Tiene un enfoque con un gran potencial que puede ser aplicada diversos tipos de Industrias para mejorar el proceso productivo (Seifullina et al.,2018).

Figura 4

La sinergia de la metodología lean six sigma.



Nota. La figura representa la sinergia de la metodología lean six sigma. Tomado de *Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para reducir el tiempo improductivo en las etapas de acarreo y transporte en mina Canta* (p.34), por F. J. Agüero y G. Ramírez, 2024.

El enfoque que presenta este método es sistémico y es adecuado para optimizar la calidad, el tiempo y los costos operativos. Herramienta fundamentalmente basada en mejorar los resultados, reducir y eliminar actividades que contribuyen y brindar un mejor servicio a los clientes.

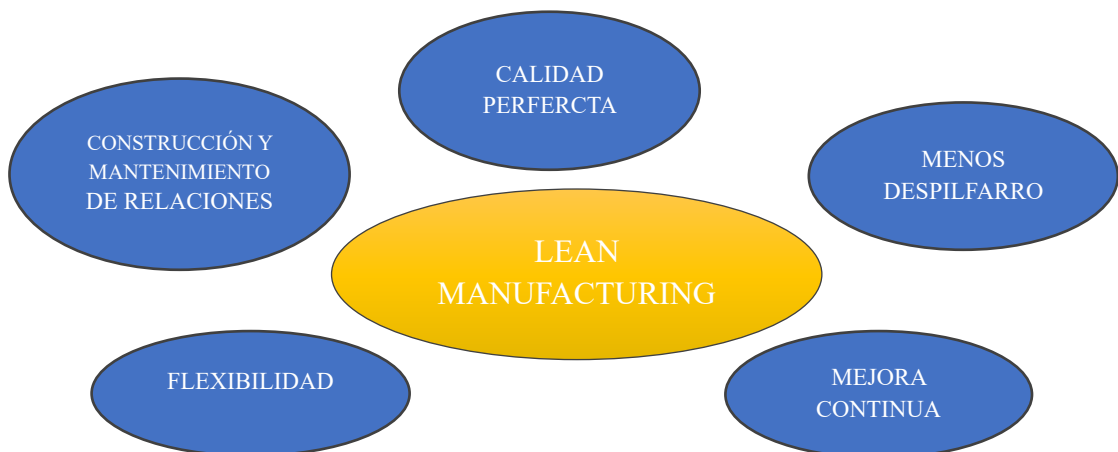
Lean Manufacturing

Es capaz de mejorar los procesos, con la eliminación de las pérdidas que pueden ser temporales, materiales y de procesos. Su principal objetivo es aumentar la productividad mediante la eliminación de factores que condicionan la capacidad de la empresa para ser más eficiente y competitiva.

Mediante un análisis de secuencia de valor organizacional, la adaptación de herramientas que tiene calidad e indicadores a nivel macro y con la mejora continua se propone mejorar los procesos.

Figura 5

Metodología lean manufacturing



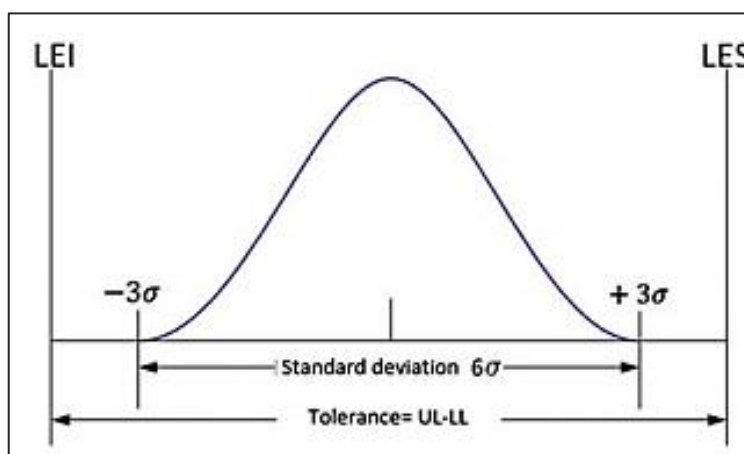
Método six sigma

Metodología dirigida a optimizar cada proceso con un grupo de recursos que se entran en disminuir la variación, Reduciendo o eliminando fallas al realizar o entregar un producto resultante.

La desviación estándar (Variación) es la principal herramienta estadística que se utilizara en la investigación de los procesos, y por eso se llama así este método, porque sigma es la desviación típica y consiste en tener de 3,4 defectos para cada millón de las oportunidades de un proceso como límite máximo.

Figura 6

Desviación estándar 6σ

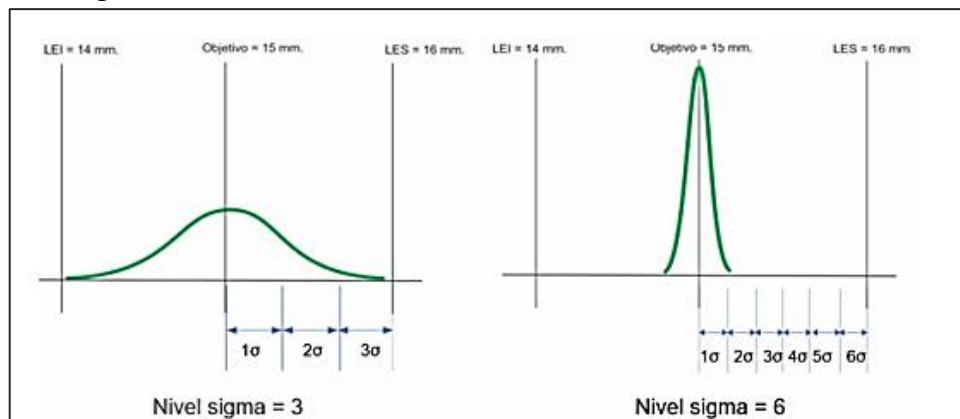


Nota. La figura representa la desviación estándar 6σ . Tomado de *Lean six sigma fleet management model for the optimization of ore transportation in mechanized underground mines in Peru* (p.433), por J. Huaira, O. Llerana, H. Pehóvaz, H. Solis, V. Aramburu & C. Raymundo, 2021.

Se puede representar con más claridad los niveles de sigma relacionando la distribución de datos que tiene un variable de nivel de 3 sigma con un de nivel de 6 sigma, de la metodología Six sigma se espera que el proceso se encuentre siempre dentro del rango establecido que requiere el cliente.

Figura 7

Nivel de sigma.



Nota. La figura representa el nivel de sigma. Tomado de *Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para reducir el tiempo improductivo en las etapas de acarreo y transporte en mina Canta* (p.36), por F. J. Agüero y G. Ramírez, 2024.

La tabla siguiente se indican los niveles sigma, como a la calidad de los defectos que se tiene en un millón oportunidades (DPMO) y con el porcentaje de calidad logrado.

Tabla 5

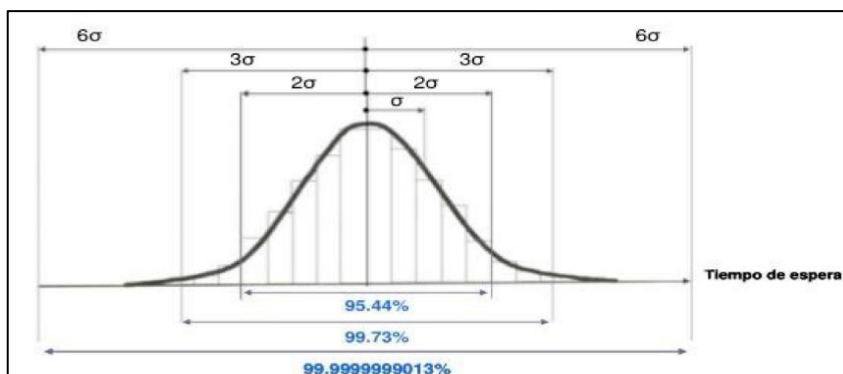
Tabla de conversión simplificada de sigma

Nivel Sigma	DPMO	Rendimiento de proceso
1	690 000	30,90%
2	308 000	69,20%
3	66 800	93,30%
4	6 210	99,40%
5	233	99,98%
6	3,4	99,99%

Presenta un fundamento estadístico, fundamental para alcanzar la calidad y mejora de la capacidad de los procesos a estudiar, reduciendo la variación en proceso.

Figura 8

Nivel de sigmas y rendimiento de proceso.



Nota. La figura representa el nivel de sigma y rendimiento de proceso. Tomado de *Impulsando organizaciones hacia la eficiencia: Lean Six Sigma y la Productividad Bancaria* (p.6), por Expertos Integrales Expertia, 2009.

Nos permite relacionar directamente la variabilidad que presenta el proceso y lo resultados que generan en el proceso productivo.

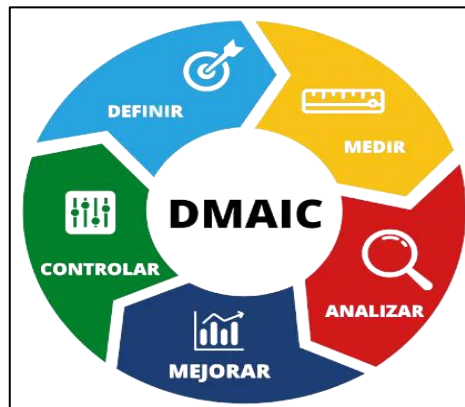
Ciclo DMAIC

Se tienen distintos modelos utilizados en Lean six sigma, así como el CQDFSS (Commercial, Quality, Design, Fox and Six) usado para la búsqueda y asegurar un servicio o producto; si se requiere el desarrollo de un producto o un proceso nuevo y no se tiene como se evaluado se utilizará el IDOV (Identify, Design, Optimize and Validate). Si se da el caso que un proceso que ha pasado por un mejora no está cumpliendo sus objetivos, se utilizará un método para rediseñar con la herramienta DMADV (Define, Measure, Analyze, Design and Verify).

Sin embargo, para la mejora de los procesos existentes en una empresa se utilizará como enfoque el DMAIC, debido a que los resultados no son capaces de cumplir los objetivos definidos que tiene la actividad operativa. DMAIC tiene una secuencia y una lógica que permite formular una estructura organizada. Se puede visualizar la secuencia y una breve definición de las partes de este enfoque.

Figura 9

Etapas del ciclo de DMAIC



Nota. La figura representa el nivel de sigma y rendimiento de proceso. Tomado de *Impulsando organizaciones hacia la eficiencia: Lean Six Sigma y la Productividad Bancaria* (p.4), por Expertos Integrales Expertia, 2009.

Definir: escoger procesos o proyectos que tengan objetivos que apunten a la mejora, Se determinan estándares y selecciona el equipo para el desarrollo de la tarea.

Medir: en esta parte se realiza la recopilación datos significativos en el proceso también se programa el alcance que tendrá el proyecto y se evalúa con objetividad el cumplimiento de objetivos presente. Se utilizan técnica para recopilar datos y métodos estadísticos para tener un visualiza la oportunidad que se tiene de mejora.

Analizar: Se realizar un análisis de la muestra de datos que fueron recopilados es decir evaluar los resultados anteriores y actuales. Se afianza el análisis con herramientas estadísticas y técnicas para el análisis de la causalidad de

los problemas y la variación en el proceso. En esta parte también se busca como se relacionan las variables entre sí y se determinan los factores capaces de afectar el rendimiento del proceso.

Mejora: Es esta parte se llega a la Mejora, se producen soluciones las oportunidades de mejoras y se realizan cambios que abarcan las casusas identificadas en el análisis, Se aplican técnicas de diseño experimental y prueban diversas soluciones con un enfoque distinto para encontrar la mejor. Se propone un plan para la implantación y se lleva a cabo las mejoras.

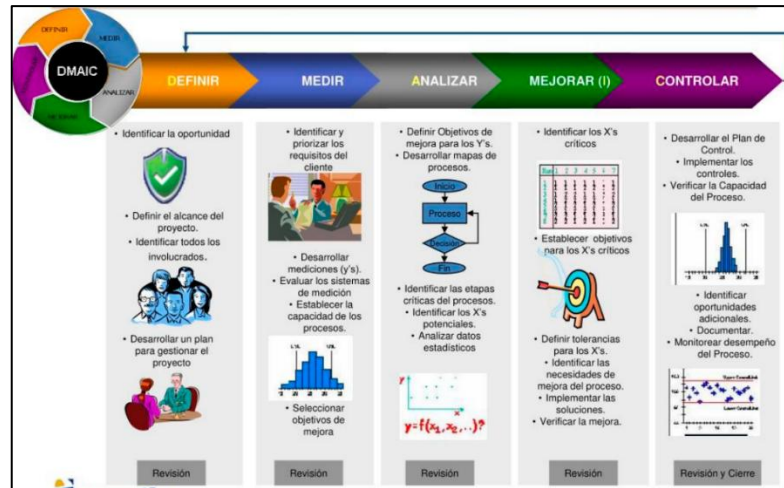
Controlar: en esta etapa se monitorea y controla el desempeño después de realizar las mejoras; Se definen kpis e implementan sistemas de control que garanticen la continuidad de los beneficios obtenidos y que se mantengan a largo plazo.

Herramientas principales para el control del método Len Six sigma:

- Reportes de verificación
- Gráficas de datos
- Diagrama de dispersión

Figura 10

Las 5 etapas claves para el balance calidad y rentabilidad.



Nota. La figura representa el nivel de sigma y rendimiento de proceso. Tomado de *Impulsando organizaciones hacia la eficiencia: Lean Six Sigma y la Productividad Bancaria* (p.9), por Expertos Integrales Expertia, 2009.

2.3 Definición de términos

- **Scoop (Lhd):** Equipo de bajo perfil que es utilizado para carga y acarreo en minería subterránea, diferencias por su capacidad y energía utilizada.
- **Productividad:** Es el control y la medición de la relación que existe entre los datos de campo que se obtienen analizando los procesos y actividades de impacto económico en la minería subterránea.
- **Labores de avance:** Son labores desarrolladas para generar accesos y vías, con el fin de dividir y preparar las zonas mineralizadas para su explotación.
- **Avance:** Es el desarrollo que se describe en una dirección y sentido.

- **Utilización:** Es el porcentaje de horas en la que el equipo ha sido aprovechado para realizar la tarea para la cual es diseñada.
- **Demora no programada:** es el tiempo de demora que no se encuentra en un programa.
- **Demora programada:** es el tiempo de demora que se toma de acuerdo con un programa, previamente evaluado.
- **Variable:** es algo que se puede medir, controlar y analizar dentro de una investigación. Es decir, es la consecuencia de medir una característica importante para nuestro estudio, y que se encuentra en una población definida.
- **Labores de preparación y desarrollo:** son aquellas labores diseñadas para generar accesos, vías principales y secundarias que sirven de infraestructura adecuada para garantizar la realización de las actividades como la exploración y explotación, muchas de ellas se encuentran en material estéril, pero ayudan a generar continuidad al proceso de minado.
- **Unidad Minera:** Unidad económica que se concentra en la explotación, el aprovechamiento de los minerales y el dinamismo comercial que este representa mediante la comercialización de materia primas extraídas de subsuelo.
- **Observación planeada:** Es aquella observación que se planifica para observar el comportamiento de una población. Así mismo es la recolección

de evidencia o tomar registro y analizar para tomar acciones correctivas o establecer un proceso definido que involucra a toda la muestra.

- **Recopilación de datos:** Es el procedimiento para recopilar datos y medir la información de una forma sistemática y ordenada para resolver las preguntas, las hipótesis y realizar la evaluación de estos resultados.
- **Pronostico:** nos ayuda anticiparnos a los resultados operativos, proceso que nos permite el uso de datos para poder predecir eventos aleatorios
- **Programa de trabajo:** Documento que disgrega por actividades y los pasos con una secuencia planeada en un determinado tiempo para alcanzar los objetivos trazados de un proyecto
- **Optimización:** es la mejora de un proceso realizando primero la identificación de sus limitaciones y debilidades para luego encontrar posibles oportunidades de mejora con el propósito de controlar y maximizar el ciclo productivo de dicho proceso.
- **Recursos:** son las personas, máquinas, herramientas e infraestructura necesarios para realizar una actividad para un proceso productivo o un proyecto. Estos se distinguen por sus capacidades, diseño y destreza.
- **Adherencia:** Es el porcentaje de cumplimiento de los objetivos de una actividad, el cual se determina comparando los parámetros establecidos y las cifras logras en un determinado tiempo.

- **Versatilidad:** Capacidad de adaptación rápida al cambio para asumir distintos roles o tareas en un entorno laboral cambiante.
- **Habilitación de labores:** Cumplimiento de mejora de condiciones en las labores mineras para garantizar la continuidad del proceso. La limpieza, el sostenimiento y ventilación son condiciones que deben tenerse para seguir cumpliendo los objetivos trazados.
- **Soporte Técnico:** Se define como los servicios y actividades relacionadas a garantizar la funcionalidad y mantenimiento preventivo y/o correctivo de los equipos en minería, estos equipos pueden ser maquinarias pesadas de bajo perfil en el caso de minería subterránea.
- **Dimensionamiento de equipos:** Proceso en minería que es fundamental para determinar la cantidad y capacidad de equipo necesarios para las operaciones mineras que se requieren realizar. Este proceso se realiza para mejorar la eficiencia y el costo operativo.
- **Infraestructura:** Conjunto de servicios, instalaciones y sistemas que se requieren para realizar las actividades operativas. La infraestructura es importante para garantizar que se realice la actividad extractiva, preparativa y de desarrollo de forma eficiente, rentable y segura.
- **Sección:** Dimensión que presenta una labor minera; está representada por la altura, el ancho y el arco de la corona de una labor. La sección en minería

subterránea depende directamente de las dimensiones del equipo más grande a utilizar.

- **Incidencia:** es cualquier situación o inconveniente que afectaría directamente el rendimiento, la disponibilidad y la utilización efectiva dentro del ciclo de minado.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

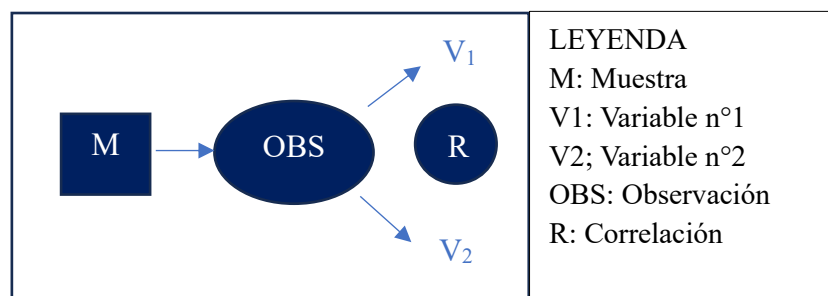
La presente investigación es de tipo aplicada de nivel correlacional.

3.1.2 Diseño de la investigación

El diseño corresponde a un tipo no experimental a la toma de una muestra y a buscar la relación entre las dos variables de estudio para mejorar 1 de ellas con respecto a la otra.

Figura 11

Diseño de la investigación



3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Los datos del proceso de carga y acarreo de unidad minera Americana del año 2023.

3.2.2 Muestra

Los datos del proceso de carga y acarreo de las labores de avance de la zona Esperanza de la unidad minera Americana de enero a marzo de 2023.

3.2.3 Técnicas e instrumentos para recolección de datos

Las técnicas por utilizar será la documental y la observación. Que para este caso será a través del Formato diario de operación de los equipos mina, Anexo 2.

3.2.4 Procedimiento de la investigación

- Recolección de datos históricos de los meses de enero, febrero y marzo respecto al carguío y acarreo de los avances la zona de Esperanza.
- Procesar y ordenar por fecha y equipo de acuerdo con el programa de avances y los reportes históricos.
- Aplicar estadística inferencial para obtener el modelo de regresión de tipo lineal por semana para obtener la ecuación de pronóstico.

- Probar los pronósticos para ajustar semanalmente el modelo según la evolución de los datos en cada mes.
- Aplicar la función pronóstico al mes de abril para obtener pronósticos semanales para el mes de abril.
- Usar los pronósticos del mes de abril para incrementar y asegurar la productividad del carguío y acarreo en las labores de avance.
- Recolectar los datos de pronóstico y datos productivos reales del carguío y acarreo para procesarlos.
- Comparar los datos resultantes del carguío y acarreo post pronóstico y pre pronóstico.
- Los programas informáticos por utilizar serán Microsoft Excel y SPSS 30.0.0

CAPÍTULO IV

RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1 Datos generales

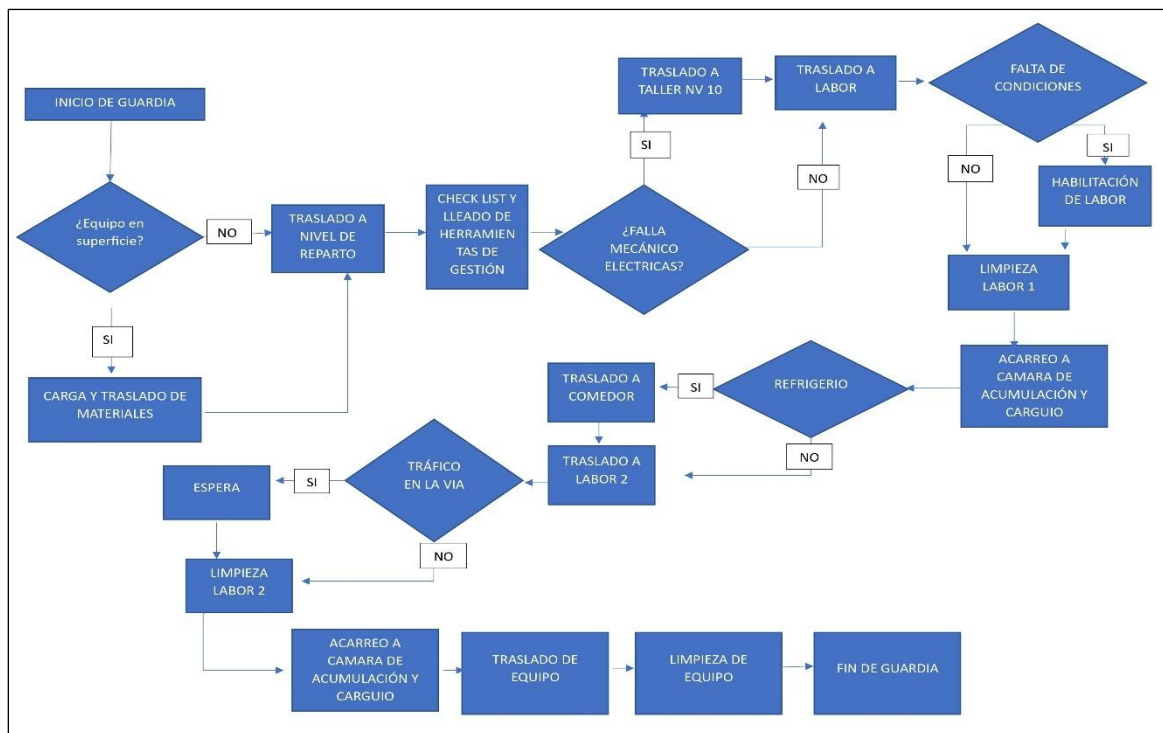
4.1.1 Definición de proceso

En la minería subterránea se generan una secuencia de pasos para realizar las actividades propias de cada equipo en el ciclo de preparación y desarrollo en este caso se toma como estudio los equipos de acarreo y carguío, que son cargadores de bajo perfil LHD, con un alto rendimiento que va de la mano con el nivel de utilización; Como se ve en la Figura 12 podemos observar que la alta productividad de los equipos scoop es dependiente del número de horas donde el equipo presenta inconvenientes como paradas. Esto quiere decir, que si se tiene un escenario en donde el equipo presenta numerosas paradas se verá comprometida la productividad porque no se genera una continuidad en el proceso de habilitación de las labores programadas durante la guardia. No obstante, el dinamismo de la operación conlleva a tomar decisiones durante la marcha ocasionando que el flujo del proceso tome nuevos caminos que no necesariamente generen tiempo de valor para incrementar la utilización efectiva del equipo.

Identificar la oportunidad de mejora es crucial por ello el objeto de estudio son los tiempos improductivos, teniendo en cuenta que la utilización efectiva de los equipos no llega a ser a más 56% de utilización promedio.

Figura 12

Diagrama de flujo para el proceso de acarreo y carguío



Por ello, Se analiza el proceso y la diversidad de desviaciones dentro de la guardia, las cuales pueden ser repetitivas o puntuales. La toma de decisiones dentro de la guardia es crucial para continuar con lo planificado, sin embargo, el no tener claro a cuanto equivale la perdida de horas por tiempo improductivos, Invita a la oportunidad de intentar predecir la cantidad equivalente representativa en toneladas o metros cúbicos de material que se puede mover al reducir o aumentar esta variable

dentro de un modelo matemático.

4.1.2 Programa de avances

El programa de tonelaje a mover esta formulado para realizar la gestión y la optimización de la habilitación de labores de preparación y desarrollo haciendo seguimiento detallado de la necesidad desarrollada por el ciclo de minado. El propósito del programa es analizar y maximizar la eficiencia de la operación y asegura el aprovechamiento de los recursos.

Tabla 6

Programa de tonelaje en labores de preparación y desarrollo del mes de enero 2023

A) ENERO		
Sección	Nº Labores	Prog. Tonelaje
1,5x2	36	292
3,5x3	47	23 871
3x3	4	659
4,5x4	11	17 496
4x4	1	518
3,5x3,5	13	12 635
Total	112	55 470

Tabla 7

Programa de tonelaje en labores de preparación y desarrollo del mes de febrero 2023

B) FEBRERO		
Sección	Nº Labores	Prog. Tonelaje
1,5x2	39	316
3,5x3	41	20 384
3x3	1	146
4,5x4	11	18 322
4x4	1	648
3,5x3,5	17	16 670
Total	110	56 485

Tabla 8

Programa de tonelaje en labores de preparación y desarrollo del mes de marzo 2023

C) MARZO		
Sección	Nº Labores	Prog. Tonelaje
1,5x2	31	251
3,5x3	45	19 051
3x3	2	632
4,5x4	11	14 580
4x4	2	864
3,5x3,5	31	20 440
3,5x5	2	1 134
4,5x5	1	182
Total	125	57 135

En la Tabla 6, 7y 8 el tonelaje promedio a mover es de 56 363 t., analizando la cantidad de tonelaje a mover varia por la cantidad de metros de avance en labores de secciones 3,5x3,5, 3,5x3 y 4,5x4. El programa permite plantear metas y hacer seguimiento de su cumplimiento desde el proceso de voladura y perforación, diseño de ventilación, sostenimiento, acarreo de mineral y desmante. Proporciona datos para facilitar la toma de decisión dentro del proceso basados en la planificación, dimensionamiento y secuencia de minado.

Tabla 9

Cumplimiento de programa en tonelaje

	Programado (t.)	No programado (t)	Total (t.)	Ejecutado (t.)	Cumplimiento
ene-24	61 017	24 407	85 424	65 481	76%
feb-24	62 134	24 854	86 988	66 678	76%
mar-24	62 849	25 140	87 989	62 558	71%
Total			86 800	64 905	74%

En toda operación minera se debe trabajar con un programa mensual, este programa nos brindara objetivos claros para medir el cumplimiento mensual, trimestral o anual pero este programa debe pasar de lo ideal a lo realmente alcanzable, es por ello que tenemos un tonelaje programado que se puede traducir en el tonelaje de material a mover cuando este se apega solo a las labores de preparación programadas por planeamiento. No obstante, no solo se tiene labores de preparación programadas, sino que también por el dinamismo y los cambios realizados operativamente, se tiene un porcentaje de tonelaje no programada y que si no es evacuado o acumulado en infraestructuras adecuadas puede generar una saturación de desmonte. La cantidad de toneladas de material a mover se determina con la sección, su longitud. el arco de labor y peso específico del material con ello determinamos el promedio de tonelaje movido es 86 800 t. y tomando en cuenta las toneladas generadas en sobre rotura en promedio son un 10% tendremos un promedio más real de 64 905 t. con una adherencia promedio de 74%, lo cual evidencia que no se lleva a acarrear la totalidad de desmonte generado por labores de preparación. Esto condiciona el cumplimiento dentro de nuestro programa para llegar a la meta, pero estas condiciones pueden ser determinadas tanto en campo como en gabinete al realizar una cuantificación de las paradas que generan relevancia de aquellos tiempos de demora que le quita versatilidad en cuanto a la habilitación de labores de preparación.

Equipos mina

En la minería subterránea mecanizada es determinante contar con equipos pesados de bajo perfil, en la actualidad ante la creciente demanda de recursos las minas en Perú dan el paso a la mecanización que genera mayor productividad. A pesar de contar con un costo inicial muy elevado y una depreciación continua, se vuelve rentable al realizar el dimensionamiento de flota y determinado el costo-oportunidad que nos genera.

También podemos decir que el dimensionamiento de los equipos utilizados es determinante para generar el soporte en las operaciones, en una unidad minera se tiene una diversidad de equipos con características distintas y que cubren diferentes aspectos de las necesidades operativas, pero para efectos de estudio se pondrá énfasis en los equipos que realizan la actividad de acarreo y carguío.

Tabla 10*Lista de equipos de acarreo y carguío*

EQUIPO	MODELO	CAPACIDAD (yd³)
S-102	LH-203 TORO	2
S-103	LH-203 TORO	2
S-104	LH-203 TORO	2
S-105	LH-203 TORO	2
S-108	R1300G	4,1
S-109	R1300G	4,1
S-110	WX07-1	4,4
S-111	R1300G	4,1
S-112	R1300G	4,1
S-71	R1300G	4,1
S-72	R1300G	4,1
S-73	R1300G	4,1
S-74	R1300G	4,1
S-81	LH-203 TORO	2
S-83	LH-203 TORO	2
S-97	LH-203 TORO	2
S-98	R1300G	4,1
SC-116	R1300G	4,1

Cuando se sigue un ciclo operativo los equipos se ven calificados por su desempeño dentro de las condiciones propias de la mina, este desempeño se ve determinada por la necesidad operativa. Así que podemos explicar que la necesidad operativa se ve determinada por el rendimiento, la infraestructura, los sistemas y las características de los equipos. En su mayoría los equipos de acarreo más utilizados son lo Scoop R1300 equipos LHD con una capacidad de 4,1 yd³ diseñado para secciones mayores a 3,5m. x 3m. y lo equipos Scoop LH-203 TORO equipo LHD

con una capacidad de 2 yd³ como se observa en la Tabla 9. diseñado para secciones mayores a 3m. x 3m. esto solo se ve en la zona de vetas debido a las secciones de labores y distancias de cámaras de carguío que condicionan el rendimiento, y en consecuencia el tonelaje movido en una guardia. Actualmente la zona de vetas se va mecanizando y profundizando cada mes más en sus operaciones, dando paso oportunidad para mejorar o incrementar la flota.

Tabla 11

Identificación actividades con mayor incidencia

TIPO ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	CODIGO
DEMORAS OPERATIVAS	CHARLA Y/O CAPACITACIÓN INT. MINA	207
	EQUIPO PARADO POR FALTA DE OPERADOR	209
	LIMPIEZA DE EQUIPO AL TERMINO DE GUARDÍA	275
	LLENADO DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN	274
	OPERADOR APOYA OTROS TRABAJOS	208
	TRASLADO DE EQUIPO DE LABOR A LABOR	211
DEMORAS MECÁNICAS	FALLA MECÁNICA	301
STAND BY	REFRIGERIO / ALMUERZO	204
	REPARTO DE GUARDÍA	201
	SALIDA DE PERSONAL	205
	TRASLADO PERSONAL INT. MINA / INGRESO DE PERSONAL	202

La necesidad de conocer oportunidades para mejorar el ciclo productivo en mina con lleva a observar una serie de procesos dentro la actividad que deben ser cuantificados y medidos. El manejo de los datos de acarreo y transporte de la operación se realiza mediante el seguimiento en campo y con los formatos de reportería implementados como se muestra en el Anexo 02, lo cual proporciona información de mano de los operadores para ayudar a la identificación y digitación dentro de una base de datos, se presentan las actividades con los códigos para facilitar la identificación de horas efectivas y demoras en la guardia. Cuando se realizó el seguimiento y el análisis de información se identificó las horas de parada de mayor influencia toma en cuenta dentro de la clasificación de: Demoras Operativas, las cuales representan los tiempos improductivos de los equipos debido a que cumplen otras funciones dentro de la operación y las Demoras Mecánicas, la cual indica las horas de parada por fallas mecánicas, eléctricas, mantenimientos preventivos entre otras, lo cual disminuyen la disponibilidad mecánica del equipo para sus actividades regulares y por último la Demora por Stand by que se basan en actividades diarias que puede condicionar el equipo a realizar paradas en el inicio, el durante y el después de las actividades pero son rutinarias.

4.2 Establecimiento de línea base

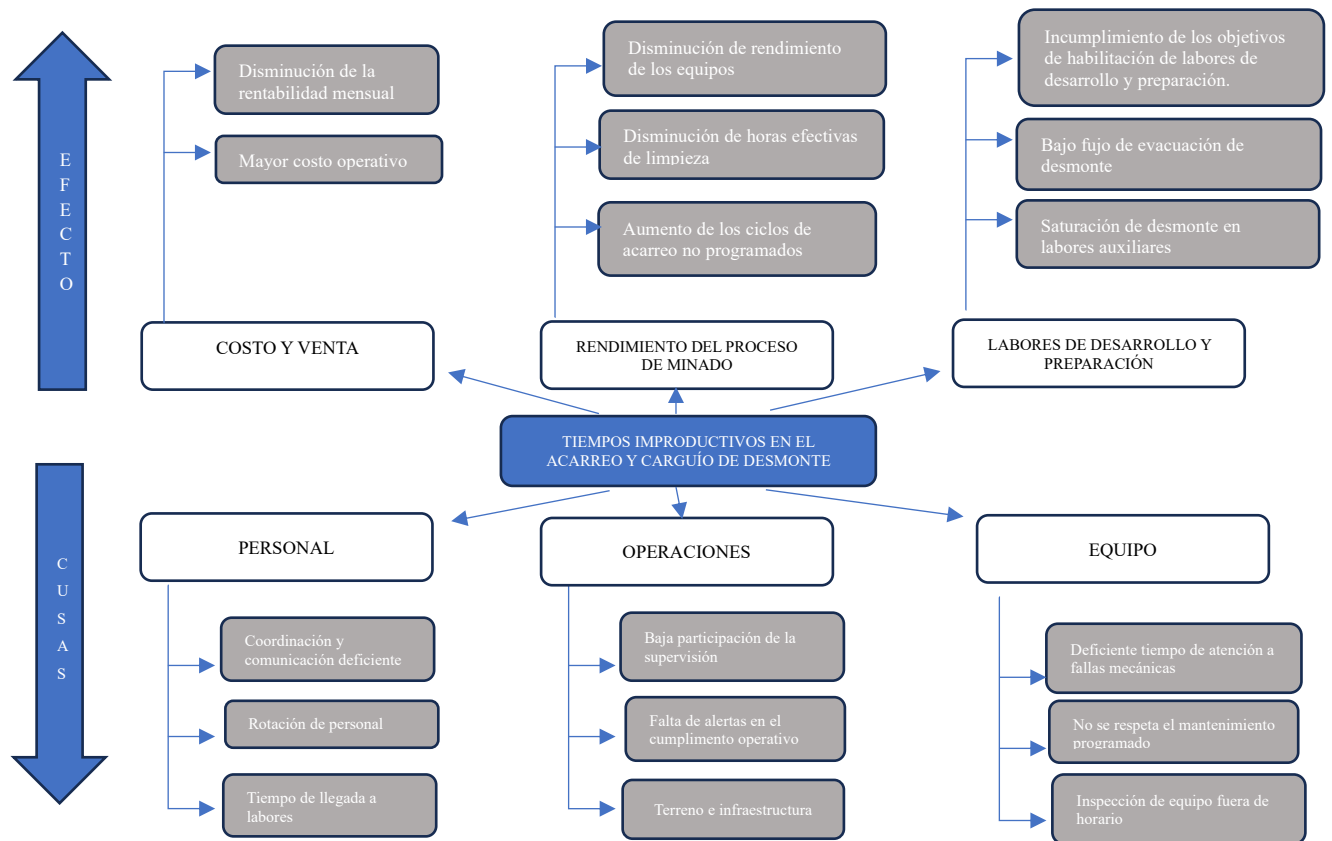
Actualmente en la presente unidad minera, en la Zona de vetas se ha visto un crecimiento de dimensiones en laboreo que conlleva a mayor volumen de

acarreo de desmonte y así como también se ha incrementado la profundización de esta zona aumentando las distancias de recorrido. No obstante, este crecimiento también a dado paso a el desarrollo de la mina; el principal problema cuando se incrementa los volúmenes y las distancias es el rendimiento que debe tenerse el equipo y el cumplimiento de las metas diarias para alcanzar al cumplimiento mensual.

Los equipos dentro de una guardia cuentan con 10,25h. que representan las horas de oportunidad para ser utilizados; en la operación estas horas se segmentan en distintas actividades que son productivas e improductivas, es decir no se llega a aprovechar toda la 10,25h. porque lo equipos presentan tiempo improductivos que disminuyen sus horas de oportunidad. A medida que dentro de la guardia lo tiempo improductivos aumentan las horas efectivas de trabajo disminuyen.

Figura 13

Diagrama de causa y efecto de tiempos improductivos en el acarreo y carguío



El análisis de causa y efecto como se expresa en la Figura 13 nos genera un punto de partida para realizar la recopilación y el análisis de datos iniciales antes comenzar cualquier intervención dentro de la población establecida, para ello, se tomarán los tiempos improductivos donde se generan demoras para reflejar el estado actual de las variables y evaluar el impacto que genera dentro de la actividad de carguío y acarreo de desmonte.

4.2.1 Demoras operativas y no operativas

Dentro de la actividades operativas se presenta la utilización efectiva que es el tiempo donde un equipo realiza su máximo desempeño que depende de muchos factores uno de ellos son la distancia de recorrido hacia las cámaras de acumulación o carguío lo cual depende de la infraestructura que presenta la mina y está condicionada por un correcta planificación a largo plazo pero si hacemos incidencia en los factores propios del equipo podemos analizar otros factores como se evidencian en la Figura 14 y 15.

Figura 14

Demoras operativas mes enero a marzo 2023 (Scoop 4,1 yd³)

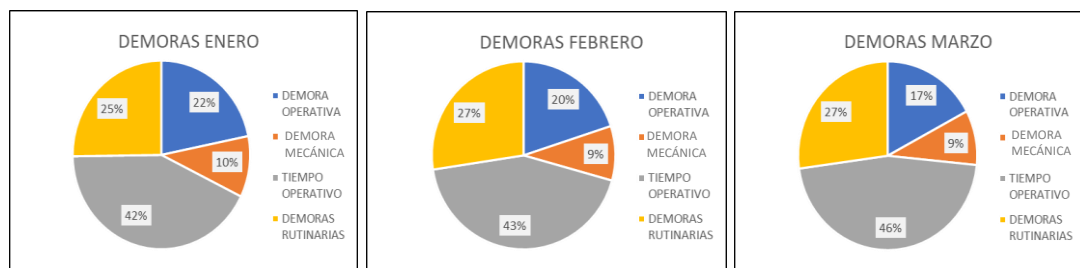
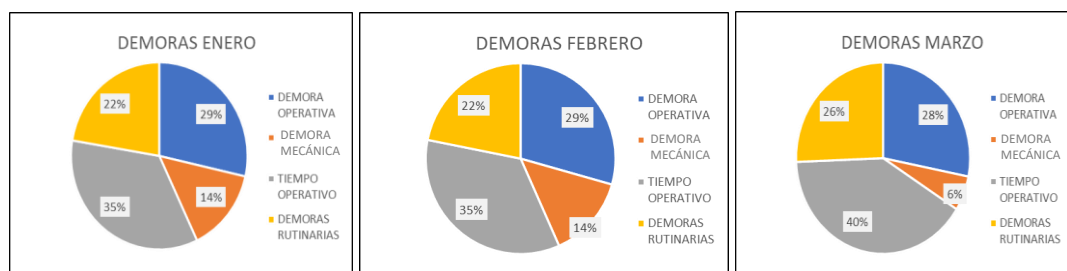


Figura 15

Demoras operativas mes enero a marzo 2023 (Scoop 2 yd³)



Parte de la condicional de los equipos para que logren su máximo desempeño y logren sus objetivos por guardia son las demoras no operativas y las demoras operativas que perjudican en gran medida el rendimiento y la utilización de los equipos. Si los equipos no trabajan en periodos prolongados no se puede garantizar cumplir con el programa mes establecido para la contratista influyendo directamente en la habilitación de labores, retrasando el avance y largo plazo saturando la mina de desmonte.

4.2.2 Demoras operativas y no operativas por mes

El manejo de una flota con un volumen considerable, nos permite obtener muchos datos los cuales, sino son procesados, consolidados, analizados e interpretados, por si solos no podría darnos un horizonte claro para realizar una oportuna toma de decisión en las operaciones mineras.

Tabla 12*Demoras operativas, mecánicas y Stand by por equipos enero, febrero y marzo 2023*

SCCOP 4,1 yd ³					SCOOP 2 yd ³				
Fecha	Demora operativa	Demoras mecánico eléctricas	Demora por stand by	Total	Fecha	Demora operativa	Demoras mecánico eléctricas	Demora por stand by	Total
20-dic	40	19	68	126	20-dic	59	4	41	104
21-dic	65	21	50	136	21-dic	82	0	45	127
22-dic	61	10	56	127	22-dic	73	16	45	134
23-dic	47	5	65	116	23-dic	80	13	35	128
24-dic	38	20	69	126	24-dic	85	12	35	133
25-dic	50	13	66	128	25-dic	81	15	33	129
26-dic	42	17	68	127	26-dic	69	36	39	144
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13-mar	33	26	59	119	13-mar	81	25	26	132
14-mar	44	28	60	133	14-mar	54	44	33	130
15-mar	36	28	69	133	15-mar	80	29	34	143
16-mar	48	37	66	152	16-mar	68	38	32	138
17-mar	36	51	59	146	17-mar	68	40	32	140
18-mar	39	42	67	148	18-mar	86	33	29	148
19-mar	33	53	64	150	19-mar	84	27	31	142
SUMATORIA	3 867	1 920	5 683	11 469	SUMATORIA	6 972	2 167	2 988	12 127
MEDIA		126			MEDIA				133
VARIANZA		120			VARIANZA				112
DES.					DES.				
ESTANDAR		11			ESTANDAR				11
COEF.					COEF.				
VARIACIÓN		12%			VARIACIÓN				12%

Dentro del cuadro anterior tenemos detalle de los tiempos improductivos que posee la flota de scoop, al analizar estos datos se puede observar que los equipos que tienen más tiempos de paradas son los equipos que se encuentran en los niveles inferiores, que son los que más recursos mueven para realizar la preparación de la zona esperanza, ciertamente. Al realizar el dimensionamiento de equipos muchas

veces se tiene en cuenta la capacidad que va de la mano con la necesidad de mover más toneladas de material para continuar lo proyectos preparatorios. Dejando de lado la confiabilidad o tomándola superficialmente pero no profundizando en ella.

Cada equipo tiene una confiabilidad que se pretende ser calculada, ya que lo tiempos improductivos al aumentarse diluyen la disponibilidad efectiva del equipo para realizar las tareas de carguío y acarreo.

Tabla 13

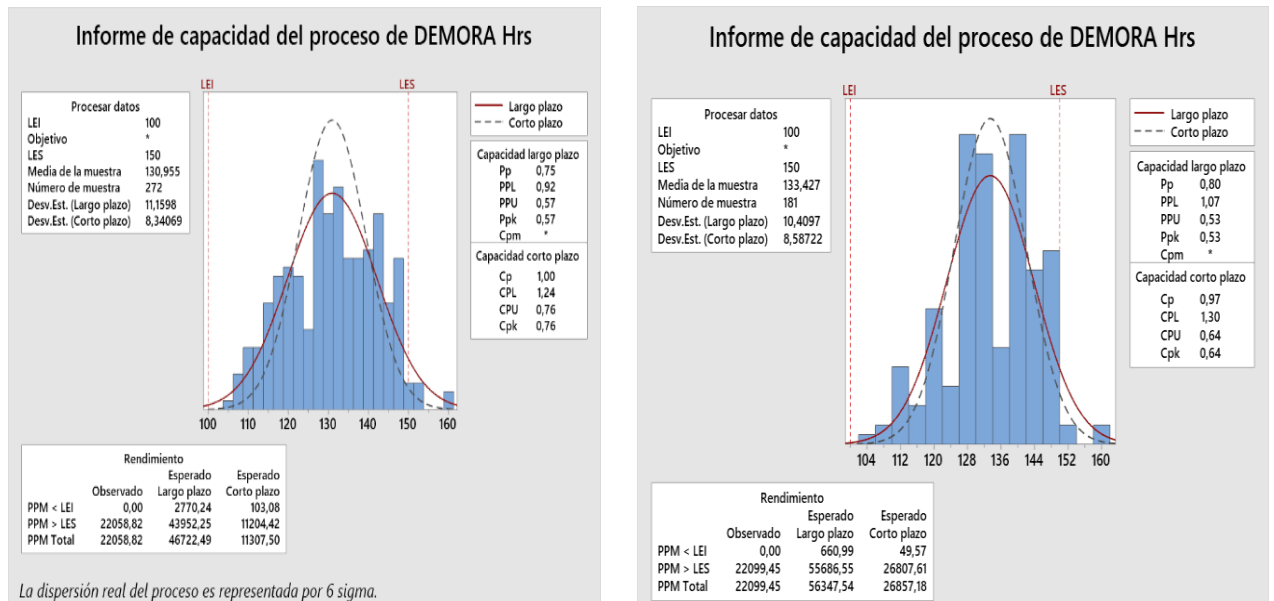
Nivel de eficiencia y sigma enero, febrero y marzo para Sccop 4,1yd³ y 2 yd³

SCOPP 4,1 yd ³		SCOOP 2 yd ³	
% de eficiencia	69%	% de eficiencia	73%
Nivel sigma	2,0	Nivel sigma	2,1

De la valorización se determinó un porcentaje promedios de eficiencia de 71% y un Nivel sigma 2,0 lo cual nos genera una oportunidad de realizar mejoras dentro del procesos que nos permitan llegar como mínimo a 3 sigmas, lo que estaría dentro de lo normal en la mayoría de las empresas.

Figura 16.

Informe de capacidad de proceso de demora Scoop 4,1 yd³ y Scoop 2 yd³



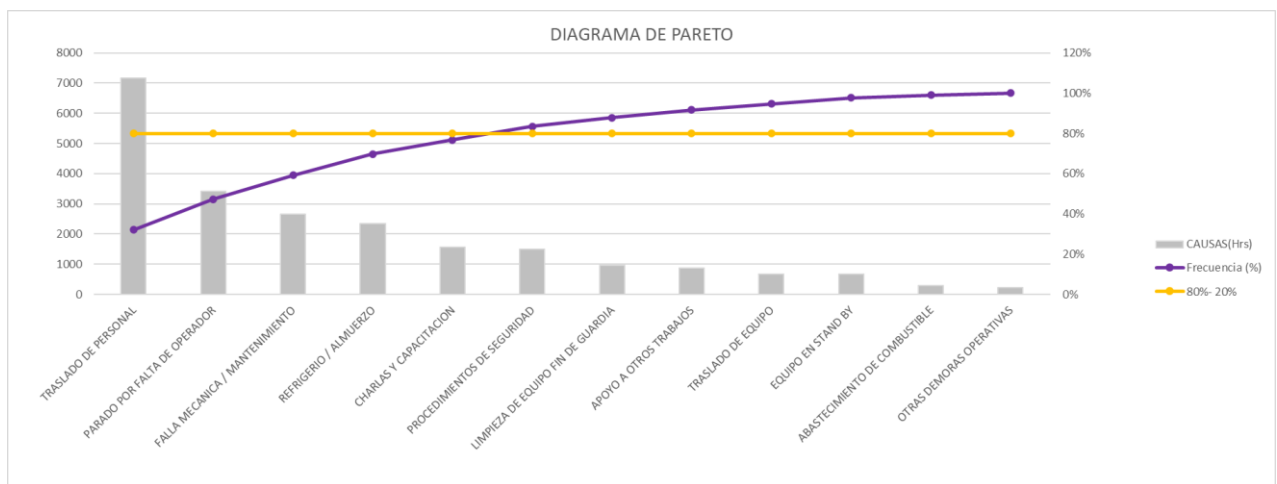
En la primera y segunda gráfica de la figura 16 incluyó los tiempos que se tomaron en las guardias durante el proceso de sus actividades operativas y no operativas en donde es necesario determinar los tiempos improductivos con mayor relevancia dentro del proceso y la variabilidad que estos representa dentro de nuestros procesos de acarreo de desmante, esto a sus veces determina la oportunidad que debemos atacar para aumentar el porcentaje de eficiencia en nuestro cálculo de sigmas.

Mediante el Análisis de capacidad (Cp y Cpk) en la fase de mediación del proceso de acarreo de desmante con equipo scoop de 4,1 yd³ y para el proceso de acarreo de desmante para equipo scoop 2 yd³. Fueron identificadas como

Improductivos tiempos relevantes, Obteniendo valores de Cp y Cpk de 0,75 y 0,57 para sccop de 4,1 yd³ y de 0,80 a 0,53 para scoop de 2 yd³.

Figura 17

Diagrama de pareto de tiempos improductivos



Mediante la gráfica de Pareto identificamos los tiempos con mayor frecuencia, estos tiempos puede ser reducido de tal manera que nuestro porcentaje caiga por debajo de 80% esto ayudaría en gran medida a que el proceso se optimice y se tenga la oportunidad de cumplir las metas mensuales. Si analizamos podemos observar que las paradas más relevantes son procesos controlables partir de una mejor gestión de personal, equipos y coordinación programa de mantenimiento preventivo.

4.2.3 Ejecutado por equipo

El dinamismo de las operaciones requiere que el movimiento de desmonte sea constante, ciertamente esto dependerá de la infraestructura que se tengas en mina, pero muchas veces la falta de equipos operativos restringe el movimiento del desmonte, generando a corto plazo que no se cumpla con los frentes programados por guardia y a largo plazo saturando la mina de desmonte impidiendo la realización de nuevo proyectos.

Tabla 14

Tonelaje ejecutado por equipo enero, febrero y marzo 2023

SCOOP 4,1 yd ³		SCOOP 2 yd ³	
EQUIPO	TON EJEC. (t.)	EQUIPO	TON EJEC. (t.)
20-dic	1 793	20-dic	426
21-dic	1 656	21-dic	350
22-dic	1 781	22-dic	332
23-dic	1 952	23-dic	346
24-dic	1 786	24-dic	335
25-dic	1 759	25-dic	345
26-dic	1 775	26-dic	309
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
14-mar	1 702	14-mar	341
15-mar	1 699	15-mar	310
16-mar	1 488	16-mar	322
17-mar	1 543	17-mar	318
18-mar	1 523	18-mar	301
19-mar	1 503	19-mar	312
TOTAL	164 190	TOTAL	30 527

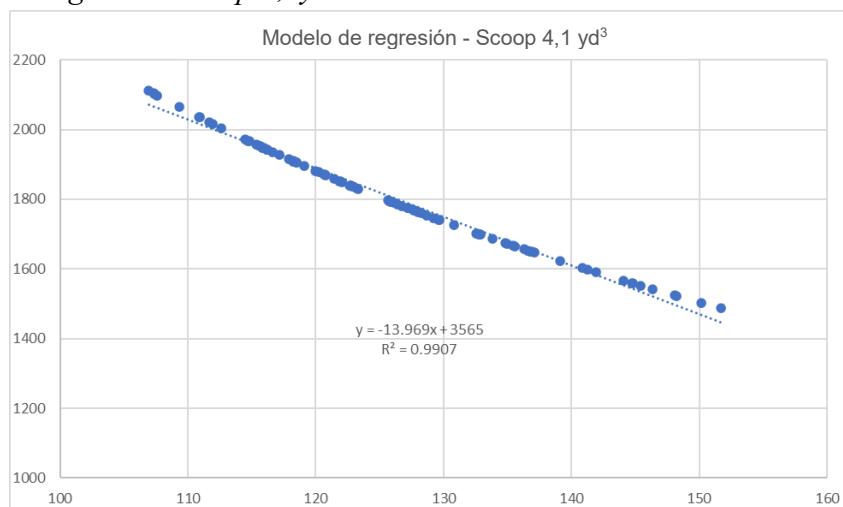
Como contratista el movimiento de desmonte nos genera ganancia, pero solo se puede tener una rentabilidad más alta si estos mueven cantidades que sopesen el costo operativo que conlleva tener equipo LHD. En general el avance depende de la limpieza de material desmonte y también a la inversa, porque si no se tienen frentes avanzados no se tendría necesidad de mover desmonte de las labores de preparación y desarrollo.

4.3 Desarrollo del modelo regresivo de tipo lineal

Para el desarrollo de un modelo de estimación es necesario determinar si las variables de estudio presentan una relacionadas directa o inversa, esto nos ayudara a analizar los cambios que producen la demoras o los tiempos no-productivos en el proceso de acarreo.

Tabla 15*Relación de Variables del Scoop 4,1 yd³*

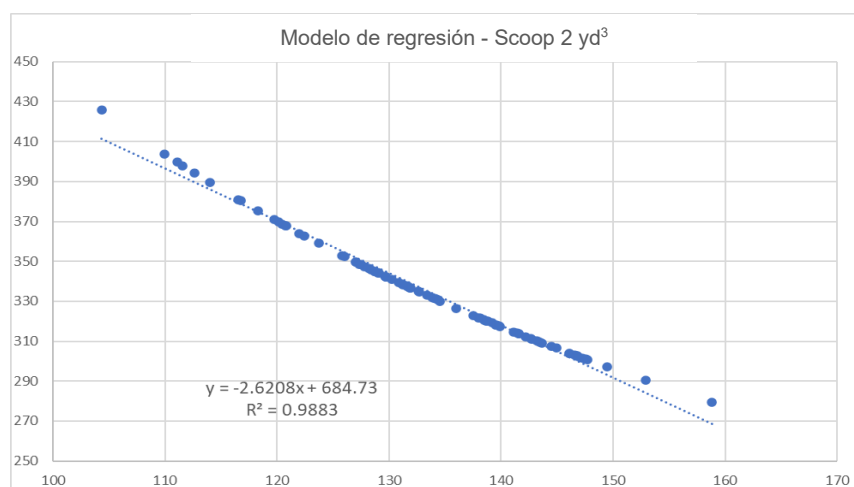
EQUIPO	DESMONTE MOVIDO (t.)	DEMORAS (h.)
20-dic	1 793	126
21-dic	1 656	136
22-dic	1 781	127
23-dic	1 952	116
24-dic	1 786	126
25-dic	1 759	128
26-dic	1 775	127
-	-	-
-	-	-
-	-	-
13-mar	1 904	119
14-mar	1 702	133
15-mar	1 699	133
16-mar	1 488	152
17-mar	1 543	146
18-mar	1 523	148
19-mar	1 503	150
SUMATORIA	164 190	11 469

Figura 18*Modelo de regresión-Scoop 4,1 yd³*

Los tiempos improductivos y el tonelaje de desmonte movido por equipo son inversamente proporcionales como se muestran en la Tabla 15 y la Figura 18 al tener más tiempos improductivos, no tiene la cantidad óptima de frentes habilitados y se mueve menos tonelaje de desmonte en la guardia generando que los ciclos de otras actividades no completen su proceso y la planificación dentro de la operación se vea obligada a habilitar otros frentes que no se encuentran dentro de los programados para su habilitación. Estas decisiones generan confusión y discontinuidad en el proceso por ser regido a un programa que tiene baja adherencia a este. Esta Adherencia se ve reflejada a fin de año con un margen elevado esto nos dice que se lleva a cumplir los objetivos, pero no como se planifican.

Tabla 16*Relación de variables del Scoop 2 yd³*

EQUIPO	DESMONTE MOVIDO (t.)	DEMORAS (h.)
20-dic	426	104
21-dic	350	127
22-dic	332	134
23-dic	346	128
24-dic	335	133
25-dic	345	129
26-dic	309	144
-	-	-
-	-	-
-	-	-
13-mar	337	132
14-mar	341	130
15-mar	310	143
16-mar	322	138
17-mar	318	140
18-mar	301	148
19-mar	312	142
SUMATORIA	30 527	12 127

Figura 19*Modelo de regresión-Scoop 2 yd³*

Dentro del análisis de datos para generar el modelo se puede evidenciar que la mayor cantidad de horas está presente en las demoras operativas que se generan productos de los retrasos o uso de los equipos para otras actividades que no son productivas, no permitiendo realizar la habilitación de las labores en fase preparación o desarrollo para completar el ciclado de la guardia en el tiempo establecido. Mediante el uso de software estadístico SPSS podemos determinar criterios para interpretar si el modelo se ajusta a los datos recopilados.

Tabla 17

Resumen del modelo para Scoop de 4,1 yd³, con SPSS

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0,995 ^a	0,991	0,991	15,02

a. Predictores: (Constante), Demoras_h.

Tabla 18

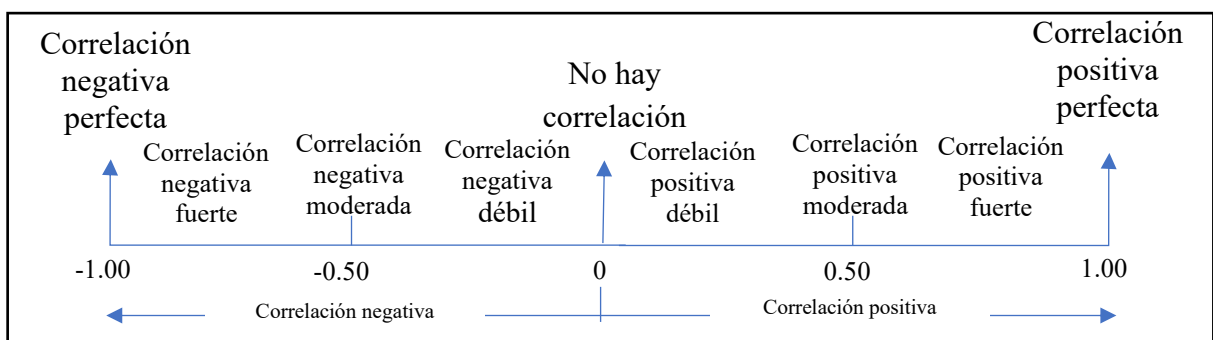
Resumen del modelo para Scoop 2 yd³, con SPSS

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0,994 ^a	0,988	0,988	3,049

a. Predictores: (Constante), Demoras_h.

En la Tabla 17 y 18 podemos observar el coeficiente de correlación el Pearson representado con la letra R que es de 0,995 y 0,994 esto indica que existe una correlación lineal fuerte entre las variables en estudio que son las demoras o tiempos improductivos y el desmonte movido.

Figura 20
Coeficiente de Pearson



El coeficiente de Pearson tiene un rango entre -1 y 1 como lo muestra la Figura 20, cuando un coeficiente se acerca más al 1 o -1 podemos afirmar que la relación es fuerte entre las variables estudiadas. En nuestros modelos esta correlación es de 0,995 lo cual determina que a medida que los tiempos improductivos o demoras aumentan se acorta la oportunidad de lograr los objetivos diarios en los equipos de acarreo y carguío que son el tonelaje movido por guardia.

Otra característica a analizar es el R^2 que es el coeficiente de determinación y es una medida estadística que determina cuanta variabilidad existe en la variable dependiente que es el Tonelaje de desmonte movido, y como puede ser explicada por la variable independiente que son lo tiempo improductivos, esto quiere decir

que si el $R^2 = 0$ el modelo no explica ninguna variabilidad en la variable dependiente. Por el contrario, si este se acerca a 1 esto quiere decir que todas las variaciones que presente el tonelaje de desmonte movido pueden ser explicadas por los tiempos improductivos.

Tabla 19

Prueba de ANOVA para modelo Scoop 4,1yd³

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	21 34724,373	1	2 134 724,373	9 453,816	<0,001 ^b
	Residuo	20 0096,697	89	225,806		
	Total	2 154 821,069	90			

a. Variable de tipo dependiente: Desmonte. t.

b. Predictores:(Constante), Demoras_h.

Tabla 20

Prueba de ANOVA para modelo Scoop 2yd³

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	69 880,208	1	69 880,208	7 516,488	<0,001 ^b
	Residuo	827,426	89	9,297		
	Total	70 707,634	90			

a. Variable dependiente: Desmonte_t.

b. Predictores:(Constante), Demoras_h

Para responder a la pregunta si existe la posibilidad de construir un modelo regresivo de tipo lineal con estas dos variables podemos analizar la prueba de

ANOVA de la Tabla 19 y 20 que es el análisis de Varianza; para ello nos enfocamos en el nivel de Significación que debe ser menor o igual a 0,5 y en nuestros modelos está representado con un nivel de significancia de 0,001 lo cual confirma la fiabilidad de la regresión de tipo lineal entre estas variables propuestas en la investigación.

Tabla 21

Análisis de coeficientes para el modelo de scoop 4,1yd³

Coeficientes^a					
Modelo	Coeficientes B	Estandarizados Desv. Error	Coeficientes estandarizados Beta	t	Sig.
1	(Constante)	3 564,951		196,130	<0,001
	Demoras_Hrs	-13,969	-0,995	-97,231	<0,001

a. Variable de tipo dependiente: Desmonte_t.

Tabla 22.

Análisis de coeficientes, para el modelo de scoop 2 yd³

Coeficientes^a					
Modelo	Coeficientes B	Estandarizados Desv. Error	Coeficientes estandarizados Beta	t	Sig.
1	(Constante)	684,732		169,434	<0,001
	Demoras_Hrs	-2,621	-0,994	-86,698	<0,001

a. Variable de tipo dependiente: Desmonte_t.

Antes de realizar la impetración con la constante se tiene que verificar en las Tabla 21 y 22 si son estadísticamente significativos para ellos podemos visualizar la prueba de la T de Student y observamos que ambos valores de las

constantes son mayores o menor a 1,96 esto indica que ambas constantes son estadísticamente significativas.

Figura 21

Modelado de datos en SPSS -Scoop 4,1 yd³

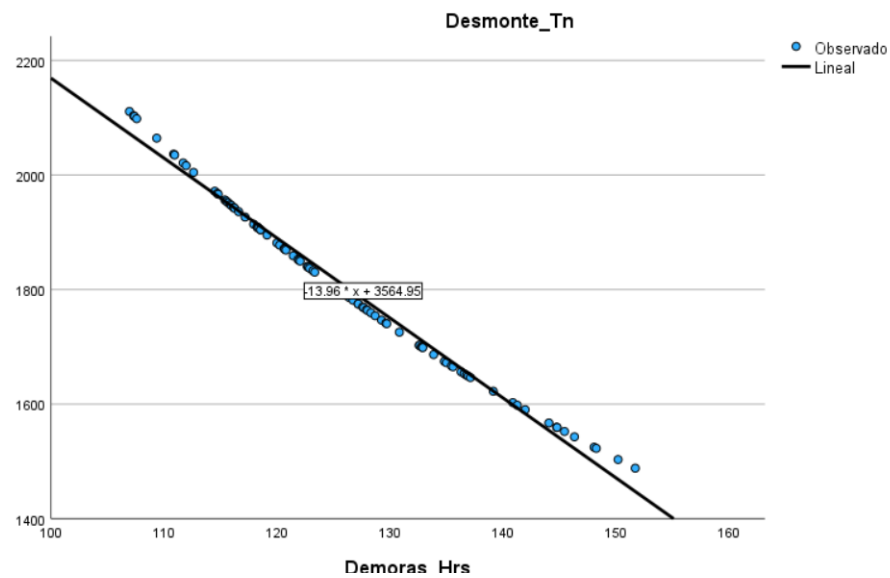
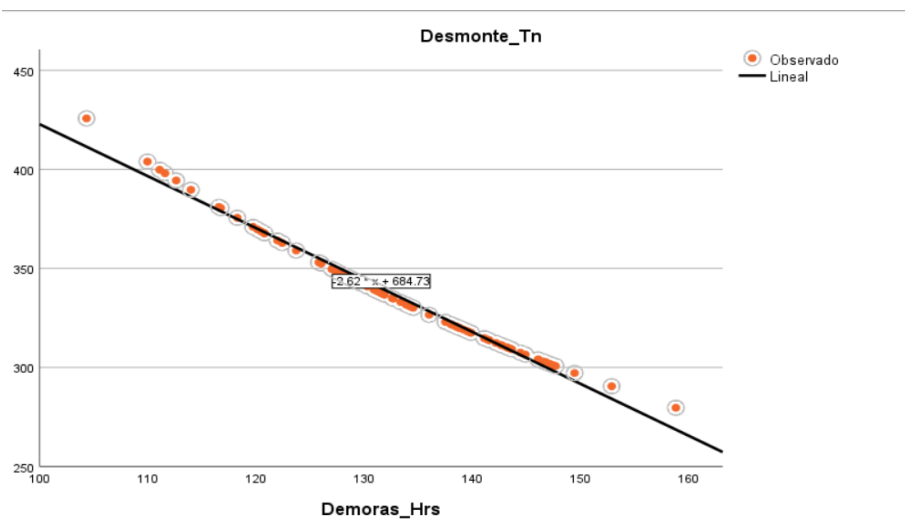


Figura 22

Modelado de datos en SPSS -Scoop 2 yd³



Mediante el modelado Figura 21 y Figura 22, producto de análisis de datos se tienen líneas de tendencia que grafican los tiempos improductivos de mayor relevancia para el ajuste en ambas capacidades de equipos, con estos modelos podemos predecir los tiempos improductivos de los meses posteriores con el fin de determinar en cuanto variabilidad de esto dentro del proceso eso de acarreo y carguío de desmonte por ejemplo si tomamos 1 hora más de productividad en dicho proceso cuanto aumentara el tonelaje movido. El fin es generar la limpieza oportuna de las labores, mediante la alerta a los jefes de guardia mediante la demostración a los implicados de cuanto varía su proceso con una mejor planificación por guardia.

4.4 Discusión

Se incorporó en primera instancia el objetivo mejorar la productividad de acarreo y carguío mediante el pronóstico de tiempos improductivos por demoras operáticas, stand by y por mantenimiento usando el modelo de regresión lineal en labores de avance en G.M.I. S.A.C. 2023. Según Cueva Chávez (2022), la principal meta planteada es aumentar la productividad formulando y aplicando un modelo de regresión lineal con el fin analizar y controlar los tiempos improductivos, de forma tal que se pueda aumentar el movimiento de materiales. En el trabajo realizado, se logró generar un modelo de regresión lineal considerando los tiempos improductivos por capacidad de equipo y se determinó una fuerte relación con la

productividad, esto se debe al análisis de proceso que realizo paralelamente en donde se analizó la perdida en tonelaje que se genera por los tiempos de parada y la variabilidad que se tiene entre las muestras. En el estudio realizado por Barrientos (2014) se concluyó que aquellos días de aumento de productividad son los que poseen una disminución en la duración de tiempo no-productivos esto se debió al análisis de factores operacionales que llevan a paradas y la productividad del sistema de carguío y transporte, por parte de Agüero y Ramírez (2024) también se aplicó la metodológica len six sigma que permite la mejora continua y el ciclo de DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) como resultado puedo identificar causas durante el análisis del proceso efectuando alternativas para mejorar midiendo su impacto en el procesos de transporte y acarreo. En consecuencia, puede tomarse en consideración que la mejora de la productividad está ligada a la identificación de los tiempos improductivos que a su vez son producto de los subprocesos aleatorios que conllevan ha tiempo que no generan valor, como empresa se requiere una mejor planificación tomando en cuenta los puntos identificados para realizar acciones que mejorar en la productividad de los equipos de acarreo y carguío, al igual que en los antecedentes que se encontraron.

4.5 Sugerencias e ideas para la mejora del proceso

Resultante a la información analizada y medida, se identifica el alcance del proceso de acarreo y carguío, también el potencial de oportunidad de mejora dentro

del ciclo de minado, debido a que cuando no se puede realizar la limpieza de desmonte para la habilitación de las labores los demás procesos sufren cambios no planeados dentro de la guardia y muchas veces no se cierra el ciclo.

Tabla 23

Ciclo de preparación y desarrollo

ITEM	ACTIVIDAD	CICLO								Subtotal
		Actividad 1	Actividad 2	Actividad 3	Actividad 4	Actividad 5	Actividad 6	Actividad 7	Actividad 8	
1	VENTILACIÓN	30 min								30 min
2	ACARREO Y CARGUÍO		120 min							120 min
3	DESATADO DE ROCAS			30 min						30 min
4	ACARREO Y CARGUÍO				30 min					30 min
5	SOSTENIMIENTO					60 min				60 min
6	SERVICIOS						90 min			90 min
7	PERFORACIÓN							105 min		105 min
8	VOLADURA								118 min	118 min
TIEMPO TOTAL DE CICLO										583 min

Según lo expresado en la Tabla 23 de los datos tomados por seguimiento de actividades en campo, el acarreo representa una parte fundamental y si no se llega a completar el proceso dentro de la guardia se tendría que continuar a la siguiente, lo cual quita rendimiento al proceso en conjunto. Así mismo el producto de un mal aprovechamiento de los recursos en este caso los equipos, genera que se ajusten los tiempos en las demás actividades del ciclo y que se por la premura de la operación se acumule el desmonte en labores aledañas.

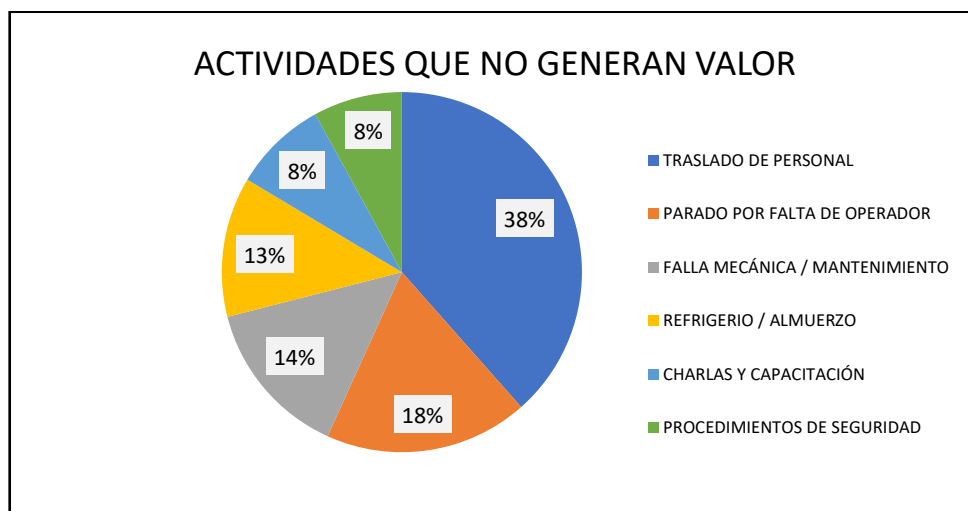
Es por esta razón que en participación del grupo de trabajo de productividad de la contratista se generaron estrategias y planes de acción a partir de modelos de regresión lineal para pronosticar los tiempos improductivos. Dichos modelos dieron la oportunidad de análisis para mejorar el proceso y ayudo a plantear el objetivo de aumentar en un 10% la capacidad de movimiento diario de desmonte y reducir en un 20% los tiempos improductivos (tiempo que no generan valor) debido a la fuerte relación entre estas dos variables.

4.5.1 Decrecimiento de tiempos que no nos generan valor en la actividad de acarreo y del carguío.

Para poder reducir los tiempos improductivos es importante tener en cuenta aquello que influyen directamente y con mayor porcentaje en nuestra operación, y a su vez clasificar cuales son las actividades que no generan valor pero que presentan una oportunidad de mejora mediante gestión de mejora.

Figura 23

Clase de actividades relevantes que no nos generan valor



Los tipos de actividades que no generan valor como lo muestra la Figura 23. Fueron determinadas porcentualmente siendo una de las más relevantes el “Traslado de personal y equipo” se identificó que tanto el ingreso, la salida de personal y traslado a labores tiene un tiempo muy prolongado. En primera instancia; el elevado tiempo del ingreso de personal es producto de la capacidad deficiente para trasladar al personal a interior y por la mala gestión del tiempo de ingreso. Para ello se tomaron tiempos y se propuso el ajuste del horario de ingreso, también se evaluó la posibilidad de implementar 3 porta tropas más para ingresar al personal a tiempo sus zonas de laboreo. Para el segundo punto; la salida anticipada de personal y traslado a labores esto es producto de la indecisión y la falta de dirección oportuna de las actividades, haciendo que lo equipo muchas veces recorran distancias mayores a 2 niveles para realizar la tarea de acarreo y carguío de labores

de preparación y desarrollo. Es importante la zonificación de los equipos de acarreo mediante un programa de distribución de flotas.

Tabla 24

Cuadro de distribución de la flota de Sccop

ZONA	EQUIPO	MODELO	CAPACIDAD (yd ³)	NIVEL
OROYA	S-71	R1300G	4,1	NV21
	S-73	R1300G	4,1	NV22A Y NV23C
	S-82	LH-203 TORO	2	NV20B
	S-83	LH-203 TORO	2	NV 18
	S-102	LH-203 TORO	2	NV19A
	S-103	LH-203 TORO	2	NV19B
	S-104	LH-203 TORO	2	NV 20B
	S-105	LH-203 TORO	2	NV 20C
ESPERANZA	S-112	R1300G	4,1	NV21 Y NV 22B
	S-109	R1300G	4,1	NV 21
	S-72	R1300G	4,1	NV 21 Y NV 21B
	S-74	R1300G	4,1	NV 21B Y NV 22A
	S-98	R1300G	4,1	NV 22A Y NV 23B
	S-107	R1300G	4,1	NV 22B
	S-108	R1300G	4,1	NV 22C
	S-113	R1300G	4,1	NV 22
	S-116	R1300G	4,1	NV19A Y NV21B

Para realizar esta distribución de flotas se determinó de acuerdo al rendimiento que presentan los equipos y la capacidad de estos, si mismo no solo es importante la zonificación de la flota sino también hacer un plan de seguimiento de desempeño para lo cual se generan un reporte de seguimiento.

Tabla 25

Reporte de indicadores de seguimiento diario de equipos de acarreo y carguío

INDICADORES DE EQUIPOS EN OPERACIÓN VETAS											
		24-mar	25-mar	26-mar	27-mar	28-mar	29-mar	30-mar	Semana 2 (24 Mar al 30 Mar)		
									Acum	Prog	Dif
Flota 1(Nv 19B al 22B)	m	0,00	6,70	7,25	2,30	2,00	4,20	5,20	27,65	69,50	-41,85
Scoop-72	%DM	85%	29%	38%	85%	85%	85%	85%	70%	85%	-15%
	Horas	5,5	3,0	4,1	11,1	11,6	12,3	10,6	58	90	-32
	# Operadores	1	2	2	2	2	2	2			
Flota 2(Nv 22B al 23C)	m	6,20	0,00	10,95	5,90	10,60	2,50	2,60	38,75	81,00	-42
Scoop-112	%DM	85%	85%	85%	3%	81%	85%	85%	73%	85%	-12%
	Horas	13,1	13,0	12,9	12,4	11,8	12,6	14,6	90	105	-15
	# Operadores	2	2	2	2	2	2	2			
Flota 3(19A al 21B)	m	3,00	4,80	4,30	4,20	7,00	4,10	4,90	32,30	70,00	-38
Scoop-116	%DM	85%	60%	85%	85%	85%	85%	85%	81%	85%	-4%
	Horas	11,3	7,9	12,7	10,3	12,0	12,3	13,3	80	105	-25
	# Operadores	2	2	2	2	2	2	2			
Flota 4 (Nv 21B al 22A)	m	3,00	0,00	0,00	1,70	0,00	6,30	6,70	17,70	91,10	-73
Scoop-74	%DM	83%	85%	74%	85%	85%	85%	85%	83%	85%	-2%
	Horas	10,9	11,5	11,1	11,1	10,2	9,7	12,2	77	105	-28
	# Operadores	2	2	2	2	2	2	2			
Flota 5 (Nv 22A al 23B)	m	9,10	11,70	9,25	8,00	8,75	10,10	9,45	66,35	82,00	-16
Scoop-98	%DM	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	85%	-5%
	Horas	10,7	9,9	11,5	11,0	9,8	12,9	12,2	78	105	-27
	# Operadores	2	2	2	2	2	2	2			
Mts avance Total		24,9	28,5	35,0	24,2	31,5	30,0	32,1	206,1		

Para realizar el control del desempeño de los equipos Scoop se implementó un reporte diario que nos permite analizar las variaciones diarias del proceso y acompañado con un resumen de observaciones durante la guardia, permite al área operativa programar la limpieza oportuna de desmonte dependiendo de los metros disparados en cada zona.

Como se muestra en la tabla 25. el reporte de desempeño es un conjunto de indicadore desarrolladas por el área de productividad para analizar si la capacidad de la flota es suficiente para la limpieza de lo metros disparados diariamente.

Tabla 26.
Cronograma de capacitación y entrenamiento para operadores junior

		ABRIL - 2023																								% EJECU CION
GUARDIA		03-abr	04-abr	05-abr	06-abr	07-abr	08-abr	09-abr	10-abr	11-abr	12-abr	13-abr	14-abr	15-abr	16-abr	17-abr	18-abr	19-abr	20-abr	21-abr	22-abr	23-abr	24-abr	25-abr	26-abr	
A1	07:00 A	P	P	P	P	P	P	P	P																	100%
	09:00	E	E	E	E	E	E	E	E																	
B1	07:00 A									P	P	P	P	P	P	P	P									100%
	09:00									E	E	E	E	E	E	E	E									
C1	07:00 A																	P	P	P	P	P	P	P	P	100%
	09:00																	E	E	E	E	E	E	E	E	

Como tercer punto; la falta de Operadores genera un desaprovechamiento de los equipos forzando aumentar el desempeño de los que tiene operadores para alcanzar las metas diarias y dejando en stand-by a los demás. El aporte de mejora en conjunto con el área de entrenamiento de operadores propuso promover y capacitar al personal que tiene permanecía mayor a los 3 años en la contratista, de esa manera aprovechar el recurso de personal técnico y generar desarrollo profesional entre nuestros colaboradores. Se realizó el programa de capacitación y entrenamiento para operadores Junior teniéndose un total de 15 colaboradores que fueron insertados en las operaciones con nuevos cargos.

CONCLUSIONES

Se logró generar un modelo regresivo de tipo lineal de los tiempos improductivos diferenciado por capacidad de equipos, la cual se centra en el carguío y acarreo de desmonte, dichos modelos generados son $Y_1 = -13,97X_1 + 3\ 564,95$ y $Y_2 = -2,62X_2 + 684,73$ por capacidad de equipo de 4,1 yd³ y 2 yd³ respectivamente presentan un coeficiente de determinación (r^2) promedio de 0,98. Como empresa contratista, uno de los procesos que genera beneficio es el movimiento de desmonte el cual representa un 17% de la valorización mensual, así mismo para la compañía minera la habilitación de labores de desarrollo y preparación, garantizan la sostenibilidad de la mina orientada según LOM. Durante la recopilación de datos y el estudio estadístico se reafirmó la variabilidad existente en los tiempos improductivos y por ello nos apoyamos en la metodología Lean Six Sigma para tomar decisiones fundamentadas en la generación del modelo de regresión lineal. La metodología nos demostró los niveles sigmas promedios obteniendo resultados notorios, sobre el acarreo y carguío con scoop de 4,1 yd³ el nivel de sigma es de 2, así mismo para equipos scoop de 2 yd³ el nivel de sigma arrojada es de 2,1, esto significa que el proceso tiene oportunidad de mejora dentro de los límites trazados.

Se pronosticaron los tiempos no-productivos de equipos de acarreo y carguío definiéndose en horas/diarias, mediante el modelamiento de una secuencia de los datos recopilados en el campo y gabinete, para realizar el pronóstico de estos tiempos que no generan valor y disminuyen la productividad de los equipos, fue necesario relacionarlos con una actividad que genere valor como es el acarreo y carguío de desmonte, y de esta manera se generó un modelo que nos permita identificar el grado de relación que se dan entre las variables en estudio, esto apoyado del análisis estadístico del detalle de los componente resultantes del modelamiento arrojados mediante el software SPSS, permitió afianzar la confiabilidad de los modelos regresivos de tipo lineal. La propuesta de mejora se realizó en base al pronóstico de los tiempos improductivos de acuerdo al modelamiento regresivo de tipo lineal generados, la utilización de estos modelos nos permitió pronosticar cuantas horas se requieren para aumentar en un 10% el rendimiento por día de desmonte movido obteniendo como resultado que es necesario disminuir 1,43h./guardia de demoras. Por ello se motivó a la disminución de actividades que no generan valor, aumentar la flota de equipo de transporte de personal para llegar más temprano a las labores, realizar una mejor gestión de tiempo para el aprovechamiento del personal y de los equipos, aumentar la velocidad de respuesta de mantenimiento a los equipos priorizando la criticidad de su actividad, también se realizó un comité de productividad para presentar netamente los desvíos generados en mina y solucionarlos.

Se realizó la evaluación de mejora mediante el seguimiento en campo y también utilizando herramientas como el reporte de operadores posterior a la aplicación del modelo regresivo, análisis el Pareto y la elaboración de estrategias en un plazo definido los rendimientos diarios de ton/día de carguío y a carrero de desmonte para habilitación de labores y relleno incremento en un 10% en promedio. Se analizaron los tiempos improductivos cuantificados posteriormente y también el rendimiento por día de estos para entender cómo influye en la operación, obteniéndose como promedio 1 804,28 t./día y 335,45 t./día para equipos Scoop R1300 de 4,1yd³ y los Scoop LHD TORO de 2yd³ respectivamente. El incremento del rendimiento diario nos permite incrementar la cantidad de material estéril movido, ya que al tener un mejor aprovechamiento del tiempo de los equipos de la guardia se pueden disminuir los tiempos improductivos.

RECOMENDACIONES

Para aumentar la confiabilidad del resultado y favorecer el análisis se recomienda segmentar los tiempos significativos y también comparar la recolección de datos mediante reportes con la observación planeadas en campo durante un mes.

Los tiempos de parada o improductivos son cifras que no se desean en las operaciones, porque generan perdida y aumenta el costo. Por ello se debe efectuar un análisis que determine el costos-oportunidad de las ideas de solución para alcanzar los objetivos planteados y conocer que tan rentable es la aplicación.

Para darle un mayor valor agregado a los resultados del modelo de regresión, es importante considerar metodologías estadísticas como el método Lean Six Sigma y el análisis estadístico de los componentes resultantes del modelamiento. Esto garantiza la uniformidad de la información y la menor variación con la operación donde intervienen factores Humanos, condiciones y equipos.

La mina Americana se encuentra en un crecimiento constante, siendo el eje principal a nivel productivo frente a otras unidades de la misma empresa. Por ellos se recomienda el Uso de este método u otra opción que incentive la mejora continua para el análisis de los demás procesos de minado en otra futura investigación. De esta forma se garantizará mejores resultados y se podrá explorar otras metodologías capaces de adaptarse a las operaciones en mineras.

Finalmente, se recomienda acortar los tiempos de ingreso de personal, realizar un mejor dimensionamiento aumentando el tiempo de limpieza en labores programadas para la siguiente guardia, mejorar la capacidad de respuesta de Mantenimiento frente a las fallas mecánicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agüero, A. y Ramirez, G. (2024). *Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para reducir el tiempo improductivo en las etapas de acarreo y transporte en mina Canta*. [Tesis de titulación, Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/661955>.

Anchiraico, G. y Rojas, O. (2020). *Optimización del sistema de acarreo y transporte en labores de preparación de las zonas de profundización mediante la metodología Six Sigma operada por la E.C.M. Zicsa en la Unidad Minera Inmaculada*. [Tesis de titulación, Universidad Peruana de Ciencias aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/655408>.

Barreto Taipe, L. (2017). *Optimización del número de camiones 785c Cat y cargador frontal 992k Cat mediante el Match factor en la ruta mineral – Stock Pile Antapaccay – Chancadora Tintaya San Martin contratistas generales S.A.* [Tesis de titulación, Universidad Nacional de San Agustín]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2406>.

Barrientos Gonzales, V. (2014). *Análisis de factores operacionales en detenciones y productividad de sistema de carguío y transporte en minería a cielo abierto* [Tesis de Titulación, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/132148>.

Calua Infante, F. (2019). *Propuesta de minimización de tiempos improductivos para una mayor producción en carguío y acarreo en CIA. Minera Coimolache S.A.* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/3114>.

Carollo Limeres, M. (2012). *Regresión Lineal Simple*. Universidad de Santiago de Compostela. http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP-DPTO/MATERIALES/Mat_50140116_Regr_%20simple_2011_12.

Cueva Chávez, V. (2022). *Control de tiempos improductivos mediante el modelo de regresión lineal para mejorar la productividad en el proceso de acarreo en la empresa OPEMIP S.A.C. – U.M. San Rafael* [Tesis de titulación, Universidad Tecnológica del Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/5733>.

Díaz, S., y Medina, A. (2020). *Reducción de tiempos improductivos para mejorar la productividad de los procesos de carguío y acarreo tajo Pampa verde, minera La Zanja*. [Tesis de titulación, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/73912>.

Expertos Integrales Expertia (2009). *Impulsando organizaciones hacia la eficiencia: Lean Six Sigma y la Productividad Bancaria*. <https://www.slideserve.com/krystyn/impulsando-organizaciones-hacia-la-eficiencia-lean-six-sigma-y-la-productividad-bancaria-expertos-integrales-exp>.

Falcon Cisneros, F. (2021). *Plan de mejora de la gestión del tiempo en el mantenimiento preventivo de equipos de perforación de minería subterránea en la empresa Epiroc Perú S.A.* [Tesis de titulación, Universidad Alas Peruanas]. <https://hdl.handle.net/20.500.12990/10282>.

Gómez Hidalgo, M. (2018). *Análisis de fallas en maquinaria minera*. [Tesis de titulación, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/114562>.

- GroundHog. (2025). *Long hole stoping with short interval control*.
<https://groundhogapps.com/long-hole-stoping-with-sic/>.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>.
- Herrera Hebert, J. (2022). *Desarrollo de infraestructura y preparación de mina en interior*. [Tesis de titulación, Universidad Politécnica de Madrid].
<https://oa.upm.es/89348/>.
- Huira, J., Llerena, O., Pehóvaz, H., Solis, H., Aramburu, V., y Raymundo, C. (2021). *Lean Six Sigma Fleet Management Model for the Optimization of Ore Transportation in Mechanized Underground Mines in Peru*. [Artículo científico, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].
<http://hdl.handle.net/10757/653823>.
- IBM (2024). *¿Qué es un diagrama de flujo?*. [Escrito]. <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/flowchart>.

INACAP (2014). *Extracción Mina II: Apuntes Carguío y transporte*. Universidad Tecnológica de Chile. <https://es.scribd.com/document/508518094/Material-Extraccion-Mina-II-Carguio-y-Transporte>.

Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (2020). *Planificación minera subterránea: Cálculo de reservas y LOM*. [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=5yFN-iNDtVY&t=121s>.

Lins, O., Cano, A., Dos, A. y Arroyo C. (2018). *Dimensionamiento de flota en las operaciones de carguío y transporte usando modelos de simulación de sistemas*. [Tesis de titulación, Universidad de Lima]. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/7633>

Martínez B., K. (2010). *Análisis de falla aplicados a los equipos de carga tipo scoop de la mina Isidora – Valle norte perteneciente a la empresa Minera Venrus C.A.* [Tesis de titulación, Universidad de Oriente Núcleo Bolívar]. <https://es.scribd.com/doc/267073976/Analisis-de-Fallas-Aplicados-a-Los-Equipos-de-Carga>.

Matos Rojas, K. (2022). *Aplicación del método de explotación corte y relleno ascendente semimecanizado para mejorar la productividad en la veta Ximena en los niveles 18 y 19 en la E.C.M. Gestión Minera Integral S. A. C. - Compañía Minera Alpayana*. [Tesis de Titulación, Universidad Continental]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/12583>.

Mauricio Levet, J. (2021). Indicadores de Eficiencia. [Escrito]. Scribd. <https://es.scribd.com/doc/38663365/Norma-ASARCO>.

Molina, G. y Rodrigo, M. (2010). *El modelo de regresión lineal*. Universidad de Valencia. <https://www.coursehero.com/es/file/45127590/t-09nuevopdf/>.

Muñoz, A. y Rojas, D. (2021). *Influencia de las demoras efectivas y mecánicas en los KPIs de carguío del equipo CAT 374FL, en una mina a tajo abierto en Cajamarca, 2021*. [Tesis de titulación, Universidad Peruana del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/30015>.

Pineda, R. y Zambrana, H. (2023). *Implementación de la metodología Lean Six Sigma para el cumplimiento de las metas de producción en minería*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/27015>.

Portal Minero (2022). *Chuquicamata Subterránea aplica analítica avanzada para incrementar su capacidad de extracción*. <https://www.portalminero.com/wp/chuquicamata-subterranea-aplica-analitica-avanzada-para-incrementar-su-capacidad-de-extraccion/>.

Reyes Fernández, Y. (2014). *Apunte de docente: Clasificación de Costos*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. <https://www.pucv.cl/uuaa/site/docs/20181123/20181123195708/apuntedocenteclasificaciondecostosyr>

Román Barrios, W. (2022). *Evaluación de costos unitarios para determinar la rentabilidad de la empresa minera artesanal La Esperanza, 2022*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/18455>.

- Rumbo Minero (2023). *Mantenimiento y gestión de equipos en mina*.
<https://www.rumbominero.com/revista/informes/mantenimiento-equipos-mina/>.
- Sánchez Turcios, R. (2015). *T-student: Usos y abusos*. Revista mexicana de cardiología, 26(1), 59-61. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-21982015000100009&script=sci_abstract.
- Seifullina, A., Er, A., Nadeem, S., Garza, J. y Kumar, V. (2018). *Enfoque de aplicación de Lean en la industria minera*. [Artículo Científico, University of Warwick].
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.435>.
- Szretter Noste M. (2017). Apunte de Regresión Lineal. Universidad de Buenos Aires.
https://mate.dm.uba.ar/~meszre/apunte_regresion_lineal_szretter.
- Ventura Aycachid, A. (2008) Ciclo de minado. [Escrito].
<https://es.scribd.com/document/432447532/CICLO-DE-MINADO>.
- Vilar, R. (2019). *Unidad 3 producción y rendimientos 2019*. [Escrito].
<https://es.scribd.com/document/571001298/UNIDAD-3-Produccion-y-Rendimientos-20>.

Yarleque Yarleque, C. (2018). *Identificación y análisis de los tiempos improductivos en equipos de explotación de ulexita – Unidad de Operaciones Salinas, Inkabor S.A.C.* [Tesis de titulación, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7220>.

ANEXO 01: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
General	General	General	Tipo: Aplicada
¿De qué manera se mejora la productividad de carguío y acarreo mediante el pronóstico de tiempos improductivos por demoras operativas, stand by y por mantenimiento usando el modelo de regresión lineal en labores de avance en G.M.I. S.A.C. 2023?	Mejorar la productividad de carguío y acarreo mediante el pronóstico de tiempos improductivos por demoras operativas, stand by y por mantenimiento usando el modelo de regresión lineal en labores de avance en G.M.I. S.A.C. 2023.	La productividad de carguío y acarreo mejora mediante el pronóstico de tiempos improductivos por demoras operativas, stand by y por mantenimiento usando el modelo de regresión lineal en labores de avance en G.M.I. S.A.C. 2023.	Nivel: Correlacional
Específicos	Específicos	Específicos	Método: El método a usar será el Método Científico.
- ¿Es factible generar un modelo de regresión lineal de los tiempos improductivos por capacidad de equipo?	- Generar un modelo de regresión lineal de los tiempos improductivos por capacidad de equipo.	- Generar un modelo de regresión lineal de los tiempos improductivos por capacidad de equipo si es factible	Diseño: Diseño no experimental
- ¿Es posible pronosticar los tiempos improductivos de los equipos de acarreo y carga de acuerdo con el modelo de regresión lineal generado?	- Pronosticar los tiempos improductivos de los equipos de acarreo y carga de acuerdo con el modelo de regresión lineal generado.	- Pronosticar los tiempos improductivos de los equipos de acarreo y carga de acuerdo con el modelo de regresión lineal generado si es posible	Población: Proceso de carga y acarreo de unidad minera Americana de 2023.
- ¿En cuánto mejora la productividad de los equipos de acarreo y carguío después del pronóstico de tiempo que son improductivos?	- Evaluar la mejora de la productividad de los equipos de acarreo y carguío después del pronóstico de tiempos que son improductivos.	- Mejora la productividad de los equipos de acarreo y carguío después del pronóstico de tiempos que son improductivos.	Muestra: Proceso de carga y acarreo de las labores de avance de la zona Esperanza de la unidad minera Americana de enero a marzo 2023
			Técnicas: Documental y la observación. Para la primera tendremos como instrumento la Base de Datos Mina y para la segunda Reporte de Operaciones de Equipos.

Formato de reporte de operaciones

101

Figura 25

Modelo de reporte de operaciones del mes de enero 2023

FORMATO										Codigo: FOR-CYP-003																																																																																																																																																																																												
GMI										Versión: 01																																																																																																																																																																																												
REPORTES DIARIO DE OPERACIÓN - SCOOPTRAMS										Fecha de versión: 11/06/2020																																																																																																																																																																																												
										Página: 1 de 1																																																																																																																																																																																												
Empresa:										Horometro Inicial: 10620.3																																																																																																																																																																																												
Fecha: Día: 05 Mes: 01 Año: 2023										Horometro Final: 10631.4																																																																																																																																																																																												
Turno: Noche Zona: Esperanza																																																																																																																																																																																																						
Scoop: SC-112																																																																																																																																																																																																						
Operador: Juan Rojas Montenegro																																																																																																																																																																																																						
DNI - Operador: 73399648																																																																																																																																																																																																						
Ingeniero a cargo: Jose Maynate																																																																																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Horas de trabajo</th> <th colspan="2">Extracción</th> <th colspan="2"># Cucharas</th> <th colspan="2">Origen</th> <th colspan="2">Destino</th> </tr> <tr> <th>ITEMS</th> <th>Hr. Inicial</th> <th>Hr. Final</th> <th>M</th> <th>D</th> <th></th> <th></th> <th>Labor</th> <th>Nv.</th> <th>Labor</th> <th>Nv.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>202</td> <td>7:00</td> <td>8:00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>201</td> <td>23</td> <td>206</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>202</td> <td>8:00</td> <td>8:10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>206</td> <td>23</td> <td>206</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>201</td> <td>8:10</td> <td>8:20</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>206</td> <td>23</td> <td>206</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>203</td> <td>8:20</td> <td>8:30</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>206</td> <td>23</td> <td>206</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>204</td> <td>8:30</td> <td>8:40</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>206</td> <td>23</td> <td>206</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>8:40</td> <td>9:10</td> <td>X</td> <td></td> <td>03</td> <td></td> <td>206</td> <td>23</td> <td>206</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>103</td> <td>9:10</td> <td>9:40</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>206</td> <td>23</td> <td>206</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>102</td> <td>9:40</td> <td>10:00</td> <td>X</td> <td></td> <td>16</td> <td></td> <td>206</td> <td>23</td> <td>206</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>102</td> <td>10:00</td> <td>10:10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>206</td> <td>23</td> <td>206</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>102</td> <td>10:10</td> <td>10:20</td> <td>X</td> <td></td> <td>15</td> <td></td> <td>206</td> <td>23</td> <td>206</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>102</td> <td>10:20</td> <td>10:30</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>206</td> <td>23</td> <td>206</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>102</td> <td>10:30</td> <td>10:40</td> <td>X</td> <td></td> <td>16</td> <td></td> <td>206</td> <td>23</td> <td>206</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>105</td> <td>10:40</td> <td>10:50</td> <td>X</td> <td></td> <td>18</td> <td></td> <td>206</td> <td>23</td> <td>206</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>205</td> <td>10:50</td> <td>11:00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>206</td> <td>23</td> <td>206</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>205</td> <td>11:00</td> <td>11:20</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>206</td> <td>23</td> <td>206</td> <td>23</td> </tr> </tbody> </table>										Horas de trabajo			Extracción		# Cucharas		Origen		Destino		ITEMS	Hr. Inicial	Hr. Final	M	D			Labor	Nv.	Labor	Nv.	202	7:00	8:00					201	23	206	23	202	8:00	8:10					206	23	206	23	201	8:10	8:20					206	23	206	23	203	8:20	8:30					206	23	206	23	204	8:30	8:40					206	23	206	23	100	8:40	9:10	X		03		206	23	206	23	103	9:10	9:40					206	23	206	23	102	9:40	10:00	X		16		206	23	206	23	102	10:00	10:10					206	23	206	23	102	10:10	10:20	X		15		206	23	206	23	102	10:20	10:30					206	23	206	23	102	10:30	10:40	X		16		206	23	206	23	105	10:40	10:50	X		18		206	23	206	23	205	10:50	11:00					206	23	206	23	205	11:00	11:20					206	23	206	23		
Horas de trabajo			Extracción		# Cucharas		Origen		Destino																																																																																																																																																																																													
ITEMS	Hr. Inicial	Hr. Final	M	D			Labor	Nv.	Labor	Nv.																																																																																																																																																																																												
202	7:00	8:00					201	23	206	23																																																																																																																																																																																												
202	8:00	8:10					206	23	206	23																																																																																																																																																																																												
201	8:10	8:20					206	23	206	23																																																																																																																																																																																												
203	8:20	8:30					206	23	206	23																																																																																																																																																																																												
204	8:30	8:40					206	23	206	23																																																																																																																																																																																												
100	8:40	9:10	X		03		206	23	206	23																																																																																																																																																																																												
103	9:10	9:40					206	23	206	23																																																																																																																																																																																												
102	9:40	10:00	X		16		206	23	206	23																																																																																																																																																																																												
102	10:00	10:10					206	23	206	23																																																																																																																																																																																												
102	10:10	10:20	X		15		206	23	206	23																																																																																																																																																																																												
102	10:20	10:30					206	23	206	23																																																																																																																																																																																												
102	10:30	10:40	X		16		206	23	206	23																																																																																																																																																																																												
105	10:40	10:50	X		18		206	23	206	23																																																																																																																																																																																												
205	10:50	11:00					206	23	206	23																																																																																																																																																																																												
205	11:00	11:20					206	23	206	23																																																																																																																																																																																												
Consumo de Petróleo GLS:										Estado Final de Equipo:																																																																																																																																																																																												
										Operativo																																																																																																																																																																																												
										No Operativo																																																																																																																																																																																												
Observaciones:																																																																																																																																																																																																						
Firma del Operador										Firma del Ing. a Cargo																																																																																																																																																																																												
Firma del Operador										Firma del Ing. a Cargo																																																																																																																																																																																												
V.B* Productividad																																																																																																																																																																																																						

Figura 26

Modelo de reporte de operaciones del mes de febrero 2023

FORMATO										Codigo: FOR-CYP-003	
GMI										Versión: 01	
REPORTE DIARIO DE OPERACIÓN - SCOOPTRAMS										Fecha de versión: 11/06/2020	
										Página: 1 de 1	
Empresa:		Día: 14		Mes: 02		Año: 2023		Horometro Inicial: 55364		Horometro Final: 55324	
Fecha:		Turno: 02		Zona: Espesura							
Scoop:		Operador: Flore Noa Adonis									
DNI - Operador:		411923									
Ingeniero a cargo:		Jose Huynete									
Horas de trabajo			Extracción		Origen		Destino				
ITEMS	Hr. Inicial	Hr. Final	M	D	# Cucharas	Labor	Nv.	Labor	Nv.		
207	7:00	8:10									
201	8:10	8:35									
203	8:35	8:40									
224	8:40	9:20									
334	9:20	9:28									
100	9:28	9:50	X		5	742956	22	0/	22	9:50	22
211	9:50	10:10									
211	10:10	10:20									
234	10:20	10:44									
107	10:44	11:00	X		24	67	650	23	2/	10:44	23
107	11:00	11:20									
107	11:20	11:40	X		73	100	23	2/	11:20	23	67
795	11:40	15:00									
Consumo de Petroleo GLS:											
Observaciones:											
Firma del Operador											
Firma del Ing. a Cargo											
V"B" Productividad											

Actividad Operativa:

- 100 Limpieza de mineral
- 101 Limpieza de Placa
- 102 Limpieza de camara de desmenu
- 103 Tratado de materiales y/o equipo
- 104 Cambio de partes/repuestos/almacen
- 105 Doble manipulación de carga
- 106 Tendido de cables
- 107 Limpieza de paleta
- 108 Limpieza de paleta
- 109 Limpieza de paleta
- 110 Limpieza de paleta
- 111 Limpieza de paleta
- 112 Limpieza de paleta
- 113 Limpieza de paleta
- 114 Limpieza de paleta
- 115 Limpieza de paleta
- 116 Limpieza de paleta
- 117 Limpieza de paleta
- 118 Limpieza de paleta
- 119 Limpieza de paleta
- 120 Limpieza de paleta
- 121 Limpieza de paleta
- 122 Limpieza de paleta
- 123 Limpieza de paleta
- 124 Limpieza de paleta
- 125 Limpieza de paleta
- 126 Limpieza de paleta
- 127 Limpieza de paleta
- 128 Limpieza de paleta
- 129 Limpieza de paleta
- 130 Limpieza de paleta
- 131 Limpieza de paleta
- 132 Limpieza de paleta
- 133 Limpieza de paleta
- 134 Limpieza de paleta
- 135 Limpieza de paleta
- 136 Limpieza de paleta
- 137 Limpieza de paleta
- 138 Limpieza de paleta
- 139 Limpieza de paleta
- 140 Limpieza de paleta
- 141 Limpieza de paleta
- 142 Limpieza de paleta
- 143 Limpieza de paleta
- 144 Limpieza de paleta
- 145 Limpieza de paleta
- 146 Limpieza de paleta
- 147 Limpieza de paleta
- 148 Limpieza de paleta
- 149 Limpieza de paleta
- 150 Limpieza de paleta
- 151 Limpieza de paleta
- 152 Limpieza de paleta
- 153 Limpieza de paleta
- 154 Limpieza de paleta
- 155 Limpieza de paleta
- 156 Limpieza de paleta
- 157 Limpieza de paleta
- 158 Limpieza de paleta
- 159 Limpieza de paleta
- 160 Limpieza de paleta
- 161 Limpieza de paleta
- 162 Limpieza de paleta
- 163 Limpieza de paleta
- 164 Limpieza de paleta
- 165 Limpieza de paleta
- 166 Limpieza de paleta
- 167 Limpieza de paleta
- 168 Limpieza de paleta
- 169 Limpieza de paleta
- 170 Limpieza de paleta
- 171 Limpieza de paleta
- 172 Limpieza de paleta
- 173 Limpieza de paleta
- 174 Limpieza de paleta
- 175 Limpieza de paleta
- 176 Limpieza de paleta
- 177 Limpieza de paleta
- 178 Limpieza de paleta
- 179 Limpieza de paleta
- 180 Limpieza de paleta
- 181 Limpieza de paleta
- 182 Limpieza de paleta
- 183 Limpieza de paleta
- 184 Limpieza de paleta
- 185 Limpieza de paleta
- 186 Limpieza de paleta
- 187 Limpieza de paleta
- 188 Limpieza de paleta
- 189 Limpieza de paleta
- 190 Limpieza de paleta
- 191 Limpieza de paleta
- 192 Limpieza de paleta
- 193 Limpieza de paleta
- 194 Limpieza de paleta
- 195 Limpieza de paleta
- 196 Limpieza de paleta
- 197 Limpieza de paleta
- 198 Limpieza de paleta
- 199 Limpieza de paleta
- 200 Limpieza de paleta
- 201 Limpieza de paleta
- 202 Limpieza de paleta
- 203 Limpieza de paleta
- 204 Limpieza de paleta
- 205 Limpieza de paleta
- 206 Limpieza de paleta
- 207 Limpieza de paleta
- 208 Limpieza de paleta
- 209 Limpieza de paleta
- 210 Limpieza de paleta
- 211 Limpieza de paleta
- 212 Limpieza de paleta
- 213 Limpieza de paleta
- 214 Limpieza de paleta
- 215 Limpieza de paleta
- 216 Limpieza de paleta
- 217 Limpieza de paleta
- 218 Limpieza de paleta
- 219 Limpieza de paleta
- 220 Limpieza de paleta
- 221 Limpieza de paleta
- 222 Limpieza de paleta
- 223 Limpieza de paleta
- 224 Limpieza de paleta
- 225 Limpieza de paleta
- 226 Limpieza de paleta
- 227 Limpieza de paleta
- 228 Limpieza de paleta
- 229 Limpieza de paleta
- 230 Limpieza de paleta
- 231 Limpieza de paleta
- 232 Limpieza de paleta
- 233 Limpieza de paleta
- 234 Limpieza de paleta
- 235 Limpieza de paleta
- 236 Limpieza de paleta
- 237 Limpieza de paleta
- 238 Limpieza de paleta
- 239 Limpieza de paleta
- 240 Limpieza de paleta
- 241 Limpieza de paleta
- 242 Limpieza de paleta
- 243 Limpieza de paleta
- 244 Limpieza de paleta
- 245 Limpieza de paleta
- 246 Limpieza de paleta
- 247 Limpieza de paleta
- 248 Limpieza de paleta
- 249 Limpieza de paleta
- 250 Limpieza de paleta
- 251 Limpieza de paleta
- 252 Limpieza de paleta
- 253 Limpieza de paleta
- 254 Limpieza de paleta
- 255 Limpieza de paleta
- 256 Limpieza de paleta
- 257 Limpieza de paleta
- 258 Limpieza de paleta
- 259 Limpieza de paleta
- 260 Limpieza de paleta
- 261 Limpieza de paleta
- 262 Limpieza de paleta
- 263 Limpieza de paleta
- 264 Limpieza de paleta
- 265 Limpieza de paleta
- 266 Limpieza de paleta
- 267 Limpieza de paleta
- 268 Limpieza de paleta
- 269 Limpieza de paleta
- 270 Limpieza de paleta
- 271 Limpieza de paleta
- 272 Limpieza de paleta
- 273 Limpieza de paleta
- 274 Limpieza de paleta
- 275 Limpieza de paleta
- 276 Limpieza de paleta
- 277 Limpieza de paleta
- 278 Limpieza de paleta
- 279 Limpieza de paleta
- 280 Limpieza de paleta
- 281 Limpieza de paleta
- 282 Limpieza de paleta
- 283 Limpieza de paleta
- 284 Limpieza de paleta
- 285 Limpieza de paleta
- 286 Limpieza de paleta
- 287 Limpieza de paleta
- 288 Limpieza de paleta
- 289 Limpieza de paleta
- 290 Limpieza de paleta
- 291 Limpieza de paleta
- 292 Limpieza de paleta
- 293 Limpieza de paleta
- 294 Limpieza de paleta
- 295 Limpieza de paleta
- 296 Limpieza de paleta
- 297 Limpieza de paleta
- 298 Limpieza de paleta
- 299 Limpieza de paleta
- 300 Limpieza de paleta
- 301 Limpieza de paleta
- 302 Limpieza de paleta
- 303 Limpieza de paleta
- 304 Limpieza de paleta
- 305 Limpieza de paleta
- 306 Limpieza de paleta
- 307 Limpieza de paleta
- 308 Limpieza de paleta
- 309 Limpieza de paleta
- 310 Limpieza de paleta
- 311 Limpieza de paleta
- 312 Limpieza de paleta
- 313 Limpieza de paleta
- 314 Limpieza de paleta
- 315 Limpieza de paleta
- 316 Limpieza de paleta
- 317 Limpieza de paleta
- 318 Limpieza de paleta
- 319 Limpieza de paleta
- 320 Limpieza de paleta
- 321 Limpieza de paleta
- 322 Limpieza de paleta
- 323 Limpieza de paleta
- 324 Limpieza de paleta
- 325 Limpieza de paleta
- 326 Limpieza de paleta
- 327 Limpieza de paleta
- 328 Limpieza de paleta
- 329 Limpieza de paleta
- 330 Limpieza de paleta
- 331 Limpieza de paleta
- 332 Limpieza de paleta
- 333 Limpieza de paleta
- 334 Limpieza de paleta
- 335 Limpieza de paleta
- 336 Limpieza de paleta
- 337 Limpieza de paleta
- 338 Limpieza de paleta
- 339 Limpieza de paleta
- 340 Limpieza de paleta
- 341 Limpieza de paleta
- 342 Limpieza de paleta
- 343 Limpieza de paleta
- 344 Limpieza de paleta
- 345 Limpieza de paleta
- 346 Limpieza de paleta
- 347 Limpieza de paleta
- 348 Limpieza de paleta
- 349 Limpieza de paleta
- 350 Limpieza de paleta
- 351 Limpieza de paleta
- 352 Limpieza de paleta
- 353 Limpieza de paleta
- 354 Limpieza de paleta
- 355 Limpieza de paleta
- 356 Limpieza de paleta
- 357 Limpieza de paleta
- 358 Limpieza de paleta
- 359 Limpieza de paleta
- 360 Limpieza de paleta
- 361 Limpieza de paleta
- 362 Limpieza de paleta
- 363 Limpieza de paleta
- 364 Limpieza de paleta
- 365 Limpieza de paleta
- 366 Limpieza de paleta
- 367 Limpieza de paleta
- 368 Limpieza de paleta
- 369 Limpieza de paleta
- 370 Limpieza de paleta
- 371 Limpieza de paleta
- 372 Limpieza de paleta
- 373 Limpieza de paleta
- 374 Limpieza de paleta
- 375 Limpieza de paleta
- 376 Limpieza de paleta
- 377 Limpieza de paleta
- 378 Limpieza de paleta
- 379 Limpieza de paleta
- 380 Limpieza de paleta
- 381 Limpieza de paleta
- 382 Limpieza de paleta
- 383 Limpieza de paleta
- 384 Limpieza de paleta
- 385 Limpieza de paleta
- 386 Limpieza de paleta
- 387 Limpieza de paleta
- 388 Limpieza de paleta
- 389 Limpieza de paleta
- 390 Limpieza de paleta
- 391 Limpieza de paleta
- 392 Limpieza de paleta
- 393 Limpieza de paleta
- 394 Limpieza de paleta
- 395 Limpieza de paleta
- 396 Limpieza de paleta
- 397 Limpieza de paleta
- 398 Limpieza de paleta
- 399 Limpieza de paleta
- 400 Limpieza de paleta

Demoras Operativas:

- 201 Retorno de guardia
- 202 Tratado de paleta en Mina
- 203 Chequeo de equipo (pre uso)
- 204 Retorno / Arribo
- 205 Salida del personal
- 206 Capacitación sobre la guardia
- 207 Chequeo de capacitaciones in. Mina
- 208 Operador apoya otros trabajos
- 209 Equipo parado por falta de operador
- 210 Abastecimiento de combustible
- 211 Tratado de equipo de labor a labor
- 212 Falta de ventilación
- 213 Falta de ventilación
- 214 Falta de ventilación
- 215 Falta de ventilación
- 216 Falta de ventilación
- 217 Baja presión de agua
- 218 Baja presión de aire
- 219 Accidente equipo
- 220 Equipo parado por falta de aceite y/o Grasa
- 221 Falta de seguridad (sobre accidentes ocurridos)
- 222 Equipo en stand by
- 223 Desastado de labor
- 224 Desastado de labor
- 225 Desastado de labor
- 226 Desastado de labor
- 227 Desastado de labor
- 228 Desastado de labor
- 229 Desastado de labor
- 230 Desastado de labor
- 231 Desastado de labor
- 232 Desastado de labor
- 233 Desastado de labor
- 234 Desastado de labor
- 235 Desastado de labor
- 236 Desastado de labor
- 237 Desastado de labor
- 238 Desastado de labor
- 239 Desastado de labor
- 240 Desastado de labor
- 241 Desastado de labor
- 242 Desastado de labor
- 243 Desastado de labor
- 244 Desastado de labor
- 245 Desastado de labor
- 246 Desastado de labor
- 247 Desastado de labor
- 248 Desastado de labor
- 249 Desastado de labor
- 250 Desastado de labor
- 251 Desastado de labor
- 252 Desastado de labor
- 253 Desastado de labor
- 254 Desastado de labor
- 255 Desastado de labor
- 256 Desastado de labor
- 257 Desastado de labor
- 258 Desastado de labor
- 259 Desastado de labor
- 260 Desastado de labor
- 261 Desastado de labor
- 262 Desastado de labor
- 263 Desastado de labor
- 264 Desastado de labor
- 265 Desastado de labor
- 266 Desastado de labor
- 267 Desastado de labor
- 268 Desastado de labor
- 269 Desastado de labor
- 270 Desastado de labor
- 271 Desastado de labor
- 272 Desastado de labor
- 273 Desastado de labor
- 274 Desastado de labor
- 275 Desastado de labor
- 276 Desastado de labor
- 277 Desastado de labor
- 278 Desastado de labor
- 279 Desastado de labor
- 280 Desastado de labor
- 281 Desastado de labor
- 282 Desastado de labor
- 283 Desastado de labor
- 284 Desastado de labor
- 285 Desastado de labor
- 286 Desastado de labor
- 287 Desastado de labor
- 288 Desastado de labor
- 289 Desastado de labor
- 290 Desastado de labor
- 291 Desastado de labor
- 292 Desastado de labor
- 293 Desastado de labor
- 294 Desastado de labor
- 295 Desastado de labor
- 296 Desastado de labor
- 297 Desastado de labor
- 298 Desastado de labor
- 299 Desastado de labor
- 300 Desastado de labor
- 301 Desastado de labor
- 302 Desastado de labor
- 303 Desastado de labor
- 304 Desastado de labor
- 305 Desastado de labor
- 306 Desastado de labor
- 307 Desastado de labor
- 308 Desastado de labor
- 309 Desastado de labor
- 310 Desastado de labor
- 311 Desastado de labor
- 312 Desastado de labor
- 313 Desastado de labor
- 314 Desastado de labor
- 315 Desastado de labor
- 316 Desastado de labor
- 317 Desastado de labor
- 318 Desastado de labor
- 319 Desastado de labor
- 320 Desastado de labor
- 321 Desastado de labor
- 322 Desastado de labor
- 323 Desastado de labor
- 324 Desastado de labor
- 325 Desastado de labor
- 326 Desastado de labor
- 327 Desastado de labor
- 328 Desastado de labor
- 329 Desastado de labor
- 330 Desastado de labor
- 331 Desastado de labor
- 332 Desastado de labor
- 333 Desastado de labor
- 334 Desastado de labor
- 335 Desastado de labor
- 336 Desastado de labor
- 337 Desastado de labor
- 338 Desastado de labor
- 339 Desastado de labor
- 340 Desastado de labor
- 341 Desastado de labor
- 342 Desastado de labor
- 343 Desastado de labor
- 344 Desastado de labor
- 345 Desastado de labor
- 346 Desastado de labor
- 347 Desastado de labor
- 348 Desastado de labor
- 349 Desastado de labor
- 350 Desastado de labor
- 351 Desastado de labor
- 352 Desastado de labor
- 353 Desastado de labor
- 354 Desastado de labor
- 355 Desastado de labor
- 356 Desastado de labor
- 357 Desastado de labor
- 358 Desastado de labor
- 359 Desastado de labor
- 360 Desastado de labor
- 361 Desastado de labor
- 362 Desastado de labor
- 363 Desastado de labor
- 364 Desastado de labor
- 365 Desastado de labor
- 366 Desastado de labor
- 367 Desastado de labor
- 368 Desastado de labor
- 369 Desastado de labor
- 370 Desastado de labor
- 371 Desastado de labor
- 372 Desastado de labor
- 373 Desastado de labor
- 374 Desastado de labor
- 375 Desastado de labor
- 376 Desastado de labor
- 377 Desastado de labor
- 378 Desastado de labor
- 379 Desastado de labor
- 380 Desastado de labor
- 381 Desastado de labor
- 382 Desastado de labor
- 383 Desastado de labor
- 384 Desastado de labor
- 385 Desastado de labor
- 386 Desastado de labor
- 387 Desastado de labor
- 388 Desastado de labor
- 389 Desastado de labor
- 390 Desastado de labor
- 391 Desastado de labor
- 392 Desastado de labor
- 393 Desastado de labor
- 394 Desastado de labor
- 395 Desastado de labor
- 396 Desastado de labor
- 397 Desastado de labor
- 398 Desastado de labor
- 399 Desastado de labor
- 400 Desastado de labor

Modelo de reporte de operaciones del mes de marzo 2023

104

Modelo de reporte de operaciones del mes de abril 2023

105

Figura 29

Modelo de reporte de operaciones del mes de mayo 2023

GMI		FORMATO				Código:	FOR-CYP-003	
		REPORTES DIARIO DE OPERACIÓN - SCOOPTRAMS				Versión:	01	
						Fecha de versión:	11/06/2020	
						Página:	1 de 1	
Empresa:							Horometro Inicial:	40195
Fecha:	Día:	05	Me:	05	Año:	2023	Horometro Final:	42801
Turno:							ITEMS DE OPERACION EQUIPO	
Scop:							100 Limpieza de mineral	
Operator:							101 Limpieza de Pallet	
DNI - Operator:							102 Limpieza de desmoron	
Ingeniero a cargo:							103 Tratado de materiales y/o equipo	
								104 Cambio de partes/repuestos/Grupos
								105 Doble manipulación de carga
								114 Tendido de cables
								115 Limpieza de parilla
								117 Limpieza de arena
								118 Desmantelamiento de equipo
								119 Mantenimiento/Reparación de via
								123 Limpieza de arena de lama
								124 Pruebas de equipo
								125 Rebase de piso para mas altura
								127 Tratado de cemento
								127 Apoyo a Terceros y/o otros
								Demoras Operativas:
								201 Reparto de guanta
								202 Tratado personal Int. Mina
								203 Chequeo de equipo (pre uso)
								204 Barridos / Arranque
								205 Salida del personal
								206 Capacitación toda la guardia
								207 Charla y capacitación Int. Mina
								208 Operador aprueba otros trabajos
								209 Equipo parado por falta operador
								210 Falta de aceite de combustible
								211 Tratado de equipo de labor a labor
								212 Falta de ventilación
								214 Parado por falta de desahogado en la via
								216 Parado por falta de agua
								217 Baja presión de agua
								218 Baja presión de aire
								219 Accidente equipo
								222 Equipo parado por falta de aceite y/o Grasa
								223 Parado de seguridad (por accidentes ocurridos)
								226 Equipo en stand by
								227 Desatado de labor
								228 Muestreo en labor
								229 Apoyó en el cargado de fosta
								231 Demora por topografía (marcado multas)
								233 Parado por falta de sopelsumer
								234 Estandartización y/o orden y limpieza de labor
								236 Carga y descarga de materiales
								237 Tratado de labor a conector
								238 Tratado de conector a labor
								241 Desamparo y/o componentes de carga
								243 Falta de carga
								247 Limpieza del fondo del pique
								248 Inspeccion prog. seguridad
								253 Falta de energía en la labor
								254 No hay energía en la unidad minera
								255 Equipo parado por falta de agua
								256 Equipo parado por falta de agua
								257 Parado por falta de instalación eléctrica labor
								262 Cambio de lentes por accidente
								264 No hay movilidad para ingreso a mina
								265 Ventilación de labor
								272 Carga final echadero No. 1 - SKUP Pseudo
								273 No hay echadero en Mina
								274 Limpieza de las herramientas de gestión
								275 Limpieza de equipo al término de guardia
								283 Parado por topografía inspección
								284 Inspección de labor
								285 Parado por falta de combustible
								292 Parado por colapso de T2
								Demoras No Operativas:
								301 Falta mecánica
								302 Cambio de banda por desgaste
								303 Mantenimiento programado
								304 Acumulamiento de equipo
								305 Falta eléctrica del equipo
								307 Mantenimiento preventivo
								308 Mantenimiento correctivo
								311 Trabajos mecánicos/otros
								312 Problemas con la compresora
								315 Tratado de equipo de labor a labor (problemas)
								316 Tratado de equipo de labor a labor
								317 Trabajos medio mecánico
								318 Parado por falta de engrase al equipo
								319 Falta de cambio de mangotes
								320 Perforadora en mal estado/inservible
								321 Inoperativo por falta de repuestos
								322 Inoperativo por acumulación de combustible con agua
								323 Inoperativo por problemas al combustible con agua
								324 Parado por falta de aceite hidráulico
								325 Problemas con el controlador
								326 Problemas con la unidad de giro
								327 Inoperativo por fuga de aceite
								328 Problemas con los chupones eléctricos
								329 Problemas con el manejo del equipo
								334 Pinta y bocan en mal estado
								335 Cierre de diámetro en mal estado

Consumo de Petroleo GLS.	21.01	Estado Final de Equipo:	Operativo
Observaciones:			
Firma del Operator			
Firma del Ing. a Cargo			
V/B* Productividad			

ANEXO 03: Cuadros y graficas comparativas

Figura 30

Desmante generado mensualmente vs el relleno

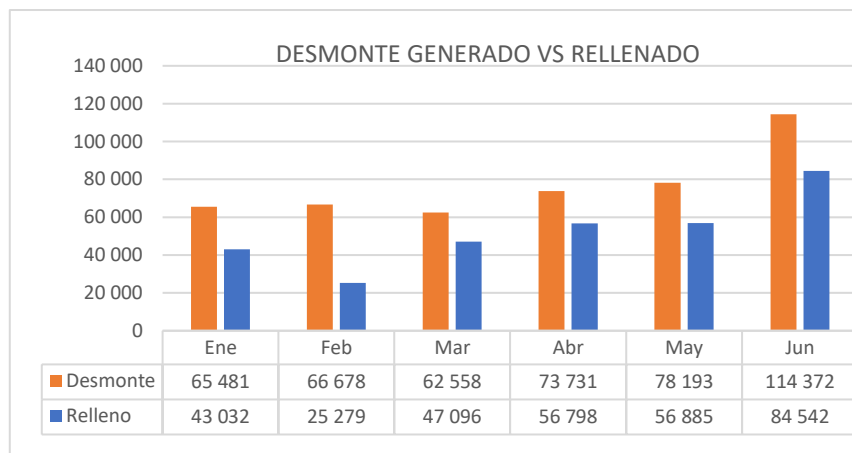


Figura 31

Incremento de rendimiento promedio de flota

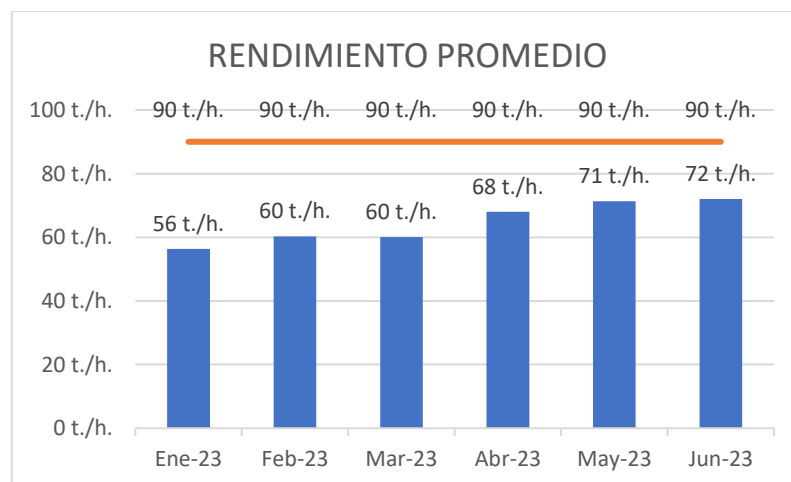
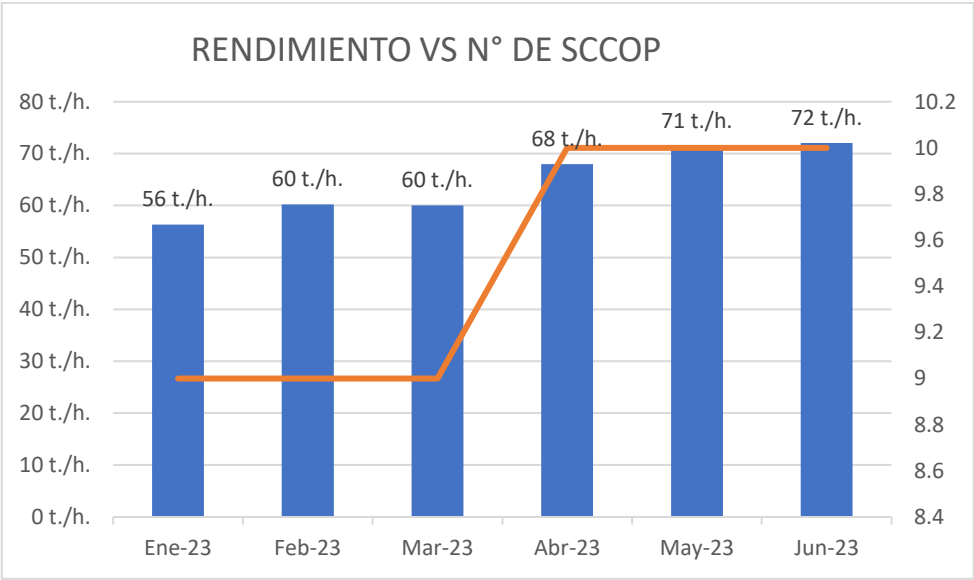


Figura 32
Incremento de flota y rendimiento promedio



ANEXO 04: Utilización de la herramienta SPSS

Figura 33

Importación de datos a la herramienta SPSS

IBM SPSS Statistics Editor de datos (Mode de prueba)

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Aplicación de búsqueda

Visible: 2 de 2 variables

	Desmonte_Tn	Demoras_JRa
1	425.595214088949	104.330000000000
2	349.624370404829	127.030000000000
3	331.760542111750	133.870000000000
4	348.433570768331	128.200000000000
5	334.685635090289	132.700000000000
6	345.507253728750	128.730000000000
7	309.173573076923	143.650000000000
8	336.817714033824	131.860000000000
9	332.97933526316	133.380000000000
10	331.463420945593	133.990000000000
11	344.045114048338	129.090000000000
12	314.093237429279	141.400000000000
13	320.762557940923	138.460000000000
14	349.65189547945	127.020000000000
15	320.577333423560	138.540000000000
16	394.35964906766	112.620000000000
17	380.441868875278	116.740000000000
18	347.490579700336	127.810000000000
19	369.675243453230	120.140000000000
20	362.790261170560	122.420000000000
21	389.65418248763	113.980000000000
22	342.347828355045	129.730000000000
23	344.18641120589	128.950000000000
24	345.84085442299	128.420000000000
25	318.120362241343	139.610000000000
26	317.483621220244	139.890000000000
27	338.656949614915	131.140000000000
28	322.955088514398	137.520000000000
29	304.030567040663	146.080000000000

Vista general Vista de datos Vista de variables

30 días restantes en Prueba de versión completa Actualizar aquí

Figura 34

Asignación de variables según características definidas en la operación

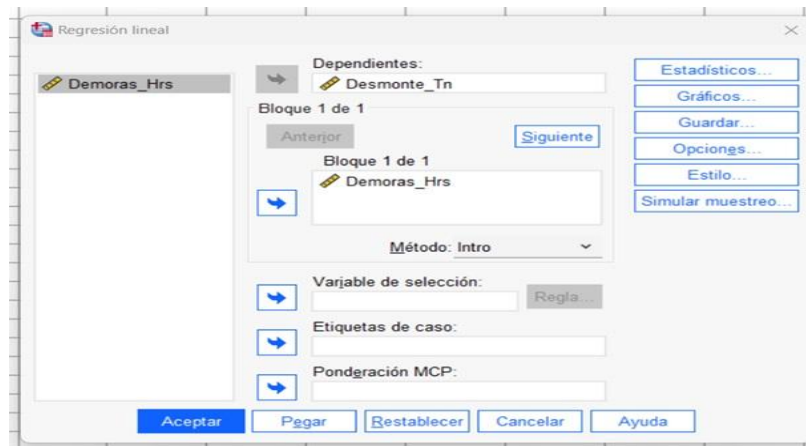


Figura 35

Resumen estadístico de las variables

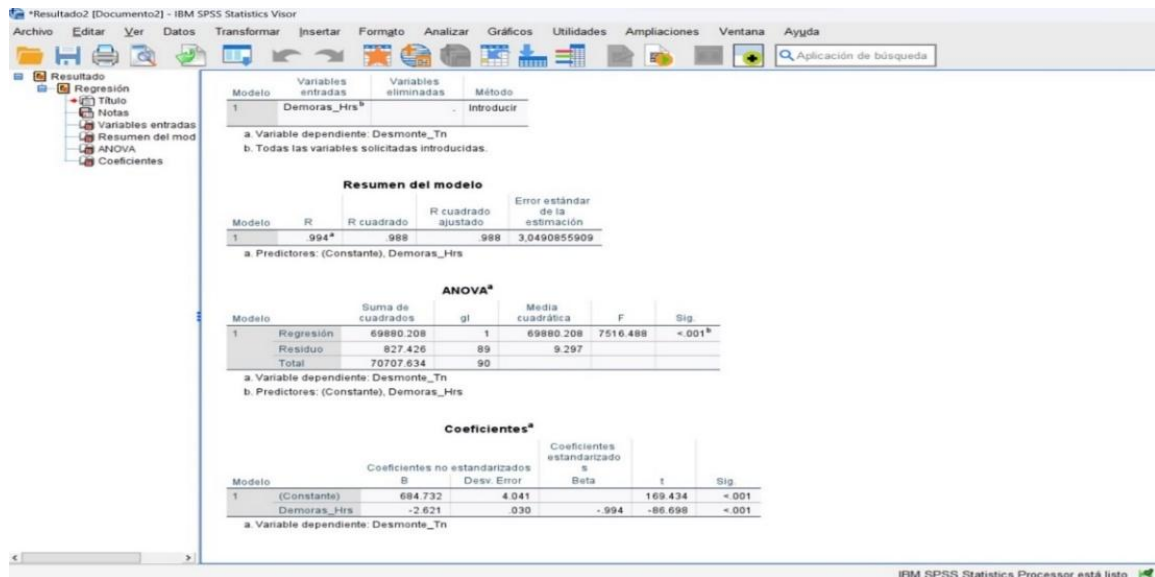


Figura 36
Generación básica de línea de tendencia

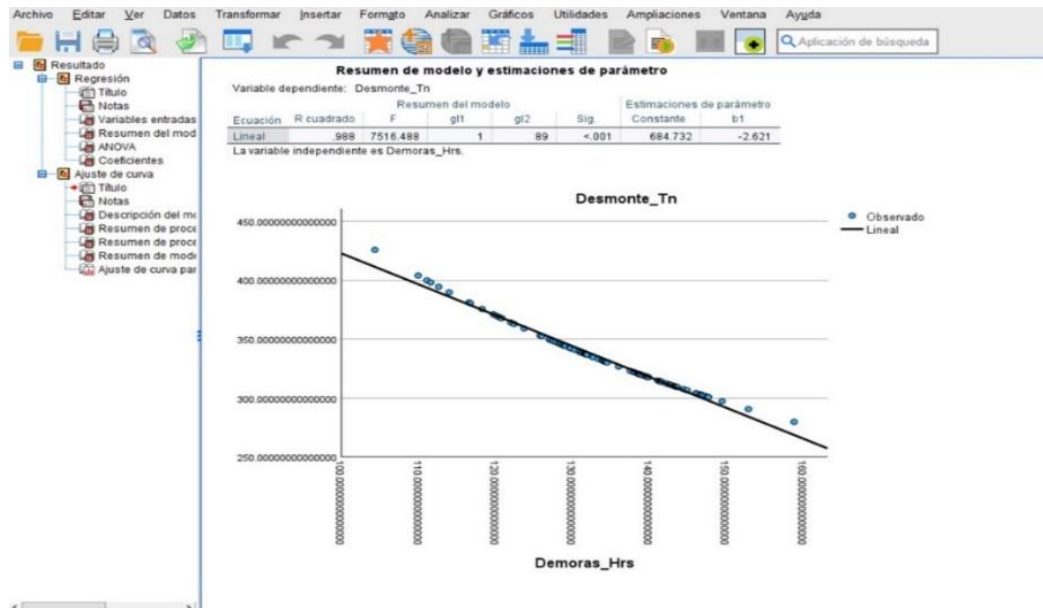
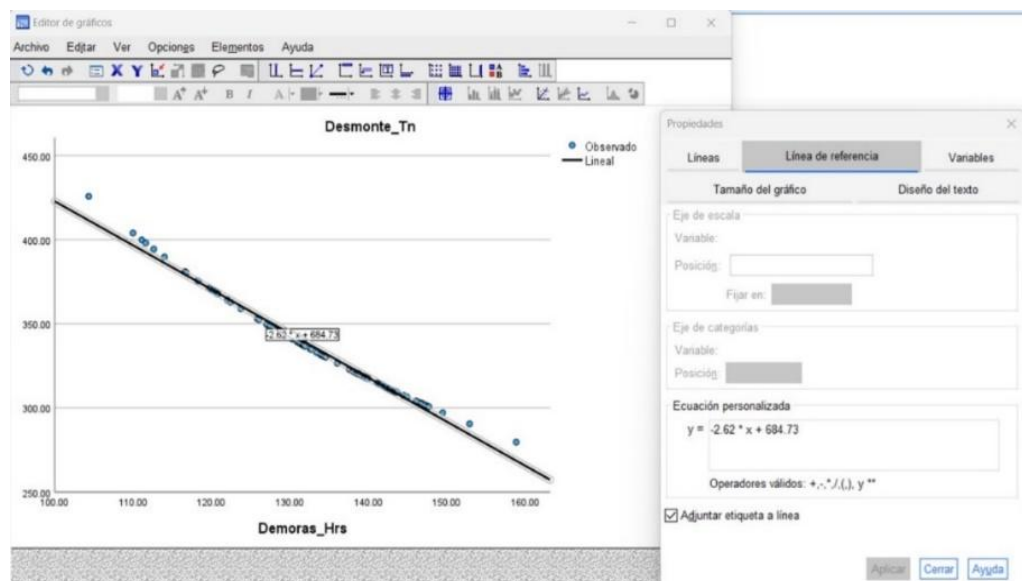


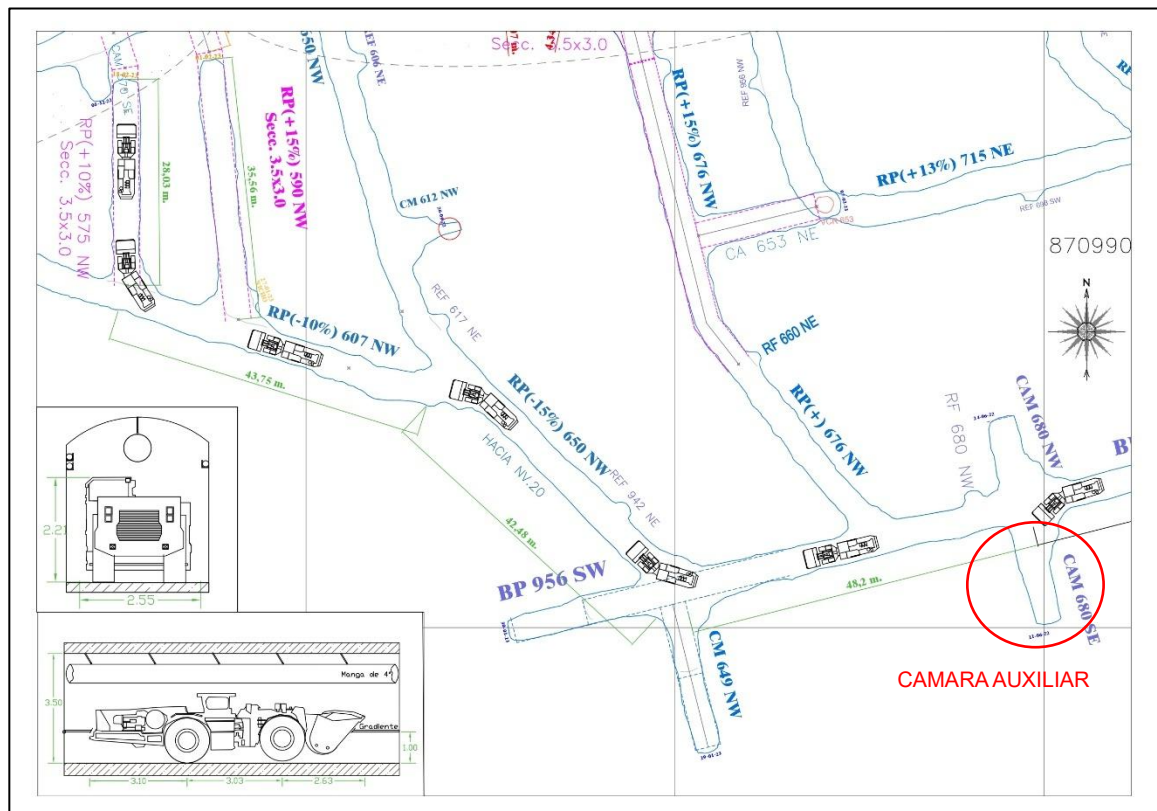
Figura 37
Modelamiento gráfico y ecuación de línea de tendencia



ANEXO 05: Dimensionamiento de carguío y acarreo Nv. 20A

Figura 38

Ruta de carguío y acarreo de desmonte Nv.20A zona esperanza

**Figura 39**

Dimensiones de equipos Scoop y labor

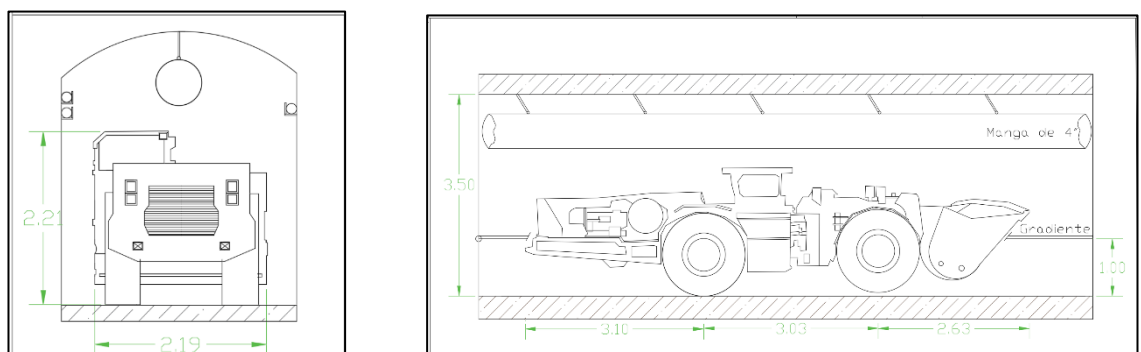


Figura 40

Unifilar de carguío y acarreo Nv20A a tajo de relleno

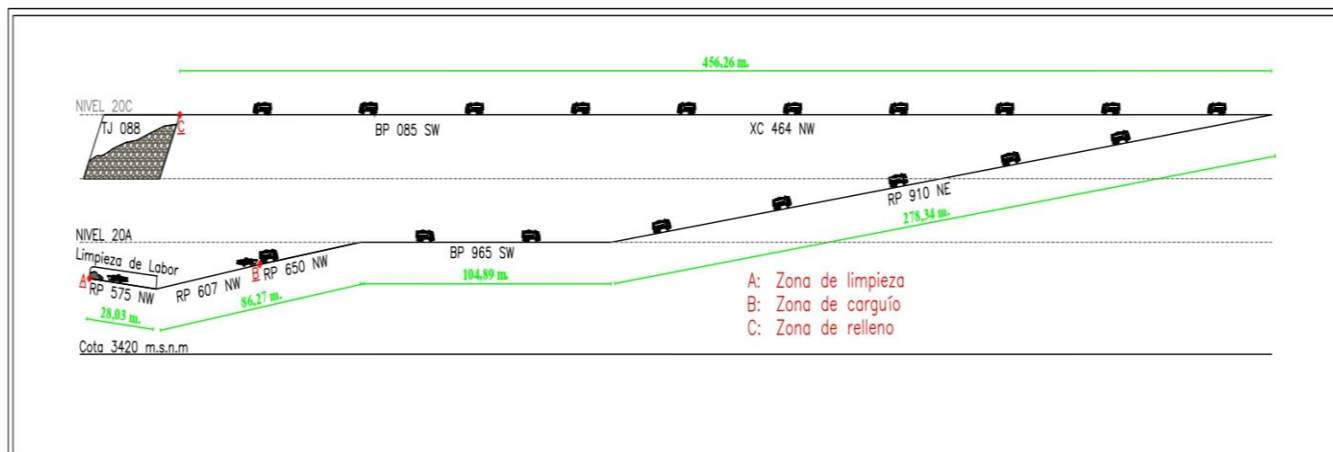


Figura 41

Dimensionamiento de limpieza de cámara Auxiliar Nv20

Dimensionamiento de carguío y acarreo para el Nv 20				
Datos		Datos de Equipo Scoop		
Guardia (Guard)	2 guard	Rendimiento (R)	72	tn/hr
# Disp	2 und	Capacidad Cuchara	8.5	tn
Días Mes	30 días	Tiempo de Servicio a Volq (Tv)	0.2	Hr
Ancho (Ab)	3 m	Datos de Equipo Volquete		
Alto (Hb)	3.5 m	Rendimiento (R)	57	tn/hr
Arco (Arc)	5%	Capacidad Tolva	20	tn
Largo (Lb)	3.3 m	Tiempo de llegada a cámara (Tc)	0.35	Hr
Esponjamiento (E)	20%			
Humedad (A)	4%			
Sobrerotura (Sr)	7%			
Densidad Desmorte (d)	2.7 tn/m3			
1. Volumen de desmorte generado por día:				
Volumen aparente(Va):	$Ah \times Lb \times Lbx(1-Arc)=$	32.92	m3	
Volumen real(Vr):	$Va \times (1+E) \times (1+A) \times (1+Sr) =$	43.77	m3	
Volumen Real x Día (Vg)	$Vr \times Guard =$	87.53	m3	
2. Tiempo de limpieza con Scoop:				
Toneladas de desmorte (Td):	$Vg \times d=$	236.34	Tn	
Tiempo de limpieza(Tl):	$Td \times R =$	3.28	Hrs	
3. Numero de Volquetes asignados para limpieza de cámara auxiliar:				
Velocidad de Servicio (μ):	$1/Tv=$	5	Volq/hr	
Velocidad de llegada (λ):	$1/Tc=$	2.86	Volq/hr	
Numero de Volquete asignados:	$\lambda/(\mu-\lambda) =$	1.33	Volq	
	$\approx$	2	Volq	

ANEXO 06: Glosario

- **Acondicionamiento de equipo:** secuencia de gran importancia en la industria minera, para garantizar la funcionalidad del equipo de manera continua y manteniendo su eficiencia para minimizar el impacto en el costo por tiempos improductivos. (Rumbo Minero, 2023)
- **Análisis de datos:** Proceso clasificación, adaptación y modelado mediante técnicas para que a partir de una secuencia de datos poder obtener una información de utilidad para la elaboración de esquemas, presentaciones y toma de decisiones. (Portal Minero, 2023)
- **Ciclo de acarreo:** actividad que contempla el traslado de material mineralizado o estéril (mineral y desmonte), de un origen definido como frente hasta cámaras de acumulación y carguío. En conclusión, movimiento de material en distancias definidas por productividad. (Anchiraico y Rojas, 2020)
- **Coefficiente T-Student:** realizado para examinar y/o analizar las diferencias entre muestras independientes, caracterizadas por tener una distribución normal y presentar homogeneidad en su varianza. (Sánchez Turcios, 2015)

- **Costo directo:** Todo costo que se relaciona directamente con un proceso productivo o cualquier otra tarea de la empresa. Estos costos pueden ser indirectos para otras tareas, la asignación de un costo directo es mediante el uso de un índice para reflejar la utilización y su variabilidad en el proceso. (Reyes Fernández, 2014)
- **Costo operativo:** Costos asociados a mantener operación y la calidad del producto como son los sueldos, alimentación, seguros, beneficios, equipo, etc. (Reyes Fernández, 2014)
- **Cut and fill:** Método de explotación de extracción a partir de labores horizontales, cuando a través de labores horizontales de preparación se ha llegado al cuerpo mineralizado y se ha extraído, se procede a rellenar con material detrítico o relleno Hidráulico formando un nuevo piso para seguir ascendiendo y sosteniendo el tajo. (Matos Rojas, 2022)
- **Disponibilidad mecánica:** Se define como eficiencia de mantenimiento y se expresa en unidades porcentuales (%) siendo el porcentaje que el tiempo se encuentra disponible para ser operado. (Muñoz y Rojas, 2021)
- **Dimensionamiento de flota:** Conjunto de criterios que deben ser cuantitativos para realizar la distribución de los recursos como los equipos de minería, para ello es importante tener características de material a mover,

tiempos de espera, destreza de los operadores, la falta de equipos auxiliares, demoras operativas para la limpieza de frentes, porcentaje de fragmentación, capacidad de cuchara y demoras por fallas mecánicas. (Lins et al., 2018)

- **Equipo LHD:** Equipo diseñado para la carga, acarreo y descarga en minería subterránea por su alta maniobrabilidad, permite elevar la productividad. Una de sus características destables es el consumo bajo de combustible y su elevada fuerza contando también en muchos modelos con controles ergonómicos. (Anchiraico y Rojas, 2020)
- **Estudio cuantitativo:** tipo de estudio probatorio y secuencial; utilizando la hipótesis y la deducción partiendo del orden natural y la probabilidad de conocerlo (Hernández Sampieri, 2014)
- **Falla mecánica:** se refiere a una parada no planificada a causa de una reparación o al realizar sustituciones repuestos no programados y que mantienen inoperativo el equipo (Gómez Hidalgo, 2013)
- **Diagrama de flujo:** Es una herramienta grafica que permite la secuencia miento de los pasos a seguir mediante flechas y símbolos con el fin de cumplir un objetivo. (IBM, 2024)

- **Infraestructura:** Es la unión de servicios, instalaciones y otro tipo de medios necesarios para realizar la explotación y procesos de recuperación de mineral.
- **L.O.M.:** Conocido como Life Of Mine y se refiere al tiempo de total de duración de las operaciones, partiendo del planeamiento y la toma de decisiones operacionales. (Instituto de ingenieros de Minas del Perú, 2020)
- **Mantenimiento programado:** También definido como mantenimiento preventivo, una clara estrategia de mantenimiento, reparación o sustitución de componentes antes que la falla mecánica u otros eventos se manifiesten. (Falcon Cisneros, 2021)
- **Preparación de labores:** La preparación y desarrollo de mina contempla la construcción y excavación de labores previamente con el fin de llegar a la explotación del mineral. (Herrera Herbert, 2022)
- **Pronostico:** Se trata de la Estimación de una o más variables que influye en otra variable utilizando la estadística para validar si están relacionadas y la variabilidad que presentan en un rango definido. En el caso del presente estudio implica la estimación de actividades que no generan valor analizando los distintos componentes como demoras, fallas y problemas

operativos; y como influyen en la habilitación de labores de preparación y desarrollo. (Calua Infante, 2019)

- **Rendimiento:** Indicador usado para medir el desempeño de la productividad por las características propias del equipo y/o la destreza de un recurso humano en un rango de tiempo definido como horas efectivas de trabajo. (Mauricio Levet, 2010)
- **Rentabilidad:** Es el beneficio de aspecto económico de una empresa producto de las operaciones que realiza, en general se expresa como un porcentaje de retorno por encima de la inversión o costo. (Román Barrios, 2022)
- **Long hole stopping:** Método de explotación mediante la utilización de pozos o taladros largos, en especial a adecua para yacimientos con buzamiento definido y roca con características competentes. (GroundHog, 2025)
- **Utilización:** Porcentaje del total a partir tiempo disponible en que una maquina fue utilizada para el trabajo o actividad. Es información relevante sobre el uso dado a los activos y el sobre costo operativo que puede representan. (Anchiraico y Rojas, 2020)