



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ALTIPLANO DE PUNO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**“INCREMENTO DEL BENEFICIO ECONÓMICO MEDIANTE
LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTEGRADO ENTRE
OPERACIONES MINA, OFICINA TÉCNICA, LOGÍSTICA Y
RECURSOS HUMANOS EN EL TAJO SAN GERARDO – MINA
ATACOCHA”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. CARLOS ENRIQUE ALFARO ESTOFANERO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERÚ

2020



DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a:

Mis padres Cliver y Maria Rosa, mis hermanas Miriam y Karen Alfaro, con su ejemplo y consejo hicieron de mí la persona que soy.

Al Ing. Rómulo Mucho, por ser mi maestro y guía.

Con todo mi aprecio,



AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento eterno a:

A Dios todo poderoso, por haber guiado mi camino en cada una de las etapas de mi vida.

Mi Alma Mater la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, por la formación en ciencias físicas y matemáticas en la Facultad de Ingeniería de Minas.

A la Society for Mining Metallurgy and Exploration y a Marisa Moane de Amico, por la confianza y las oportunidades que me dieron.

A Pevoex Contratistas, por darme mi primera oportunidad laboral y por contribuir en mi formación profesional, de la misma manera a Edgard y Elwis Mucho, que siempre confiaron en mi persona y gracias a ellos puede elaborar esta tesis.

A toda mi familia que con su incondicional apoyo me insta a seguir mejorando día a día.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ANEXOS

ÍNDICE DE ACRONIMOS

RESUMEN 13

ABSTRACT 14

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA 15

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 17

1.2.1. Problema general..... 17

1.2.2. Problemas específicos 17

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN: 17

1.3.1. Objetivo general. 17

1.3.2. Objetivos específicos. 18

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN: 18

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN: 21

2.2. CONTROL DE COSTOS, FINANZAS Y OFICINA TÉCNICA 23

2.2.1. Costos 23

2.2.2. Ciclo de Deming o PDCA, una herramienta poderosa..... 24

2.2.3. Clasificación de costos 25

2.2.4. ABC System..... 26

2.2.5. Balanced scorecard..... 28

2.2.6. Análisis financiero..... 29

2.2.7. Punto de equilibrio 30

2.2.8. Inversión 31



2.3. MANTENIMIENTO MINA Y LOGÍSTICA	33
2.3.1 Definición de tiempos operativos.....	33
2.3.2. Definición de indicadores operativos	36
2.4. OPERACIONES MINA	40
2.4.1. Productividad de equipos de transporte y carguío en superficie.....	40
2.4.2. Dimensionamiento de flota.....	46
2.4.3. Mantenimiento de vías	50
2.5. RECURSOS HUMANOS.....	58
2.6.1. Teoría de Herzberg.....	58
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. CONTEXTO Y DISEÑO:	60
3.1.1. Alcance de la investigación.....	60
3.1.2. Formulación de la hipótesis.....	61
3.1.3. Diseño de la investigación.....	62
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA:.....	62
3.2.1. Población.....	62
3.2.2. Muestra.....	63
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIÓN DE VARIABLES:	63
3.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	64
3.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN	64
3.6. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.....	65
3.6.1. Ubicación.....	65
3.6.2. Accesibilidad.....	66
3.6.3. Clima y vegetación.....	67
3.6.4. Topografía y fisiografía.....	67
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. OFICINA TÉCNICA, SISTEMA ABC Y PDCA.....	68
4.1.1. Procedimiento y resultado de costeo tradicional.....	68
4.1.2. Implementación del ABC System y ciclo PDCA	77
4.1.3. Comparativo de costeo tradicional vs ABC System	94
4.2. LOGÍSTICA, ALGORITMOS ROP & ROQ	96
4.2.1. Calculo de stocks mínimo en base a la muestra.....	97



4.2.2. Implementación de los algoritmos de reposición ROP & ROQ	98
4.3. RECURSOS HUMANOS, TEORÍA DE HERZBERG	103
4.3.1. Satisfacción laboral del personal directo y supervisores de campo	103
4.3.2. Procedimiento y objetivo de medición	104
4.3.3. Resultados de tendencias negativas.....	105
4.3.4. Muestra en producción	108
4.3.5. Experimento, estimulación a factor extrínseco en la muestra	109
4.4. OPERACIONES MINA, PRODUCTIVIDAD	111
4.4.1. Procedimiento de implementación	111
4.4.2. Mapeo y codificación de actividades	112
4.4.3. Elaboración de nuevo formato	114
4.4.4. Capacitación de operadores	114
4.4.5. Generación de base de datos	114
4.4.6. KPI de productividad.....	115
4.4.7. Resultados.....	117
V.CONCLUSIONES	121
VI. RECOMENDACIONES	122
VII. BIBLIOGRAFIA	123
ANEXOS.....	125

Área : Ingeniería de minas

Tema : Análisis de costos mineros y comercialización de minerales

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 23 de julio del 2020



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ciclo de Deming - PDCA.	25
Figura N° 2: Clasificación de costos.	26
Figura N° 3: Modelo sistema ABC, categorización de actividades.	28
Figura N° 4: Representación simple del balanced scorecard.	29
Figura N° 5: Punto de equilibrio.	30
Figura N° 6: Definiciones de tiempo.	34
Figura N° 7: Punto perfecto de equilibrio.....	47
Figura N° 8: Mismatch efficiency vs. Fleet match (FM).....	49
Figura N° 9: Integración típica de investigación para el diseño de vía.	52
Figura N° 10: CBR Cobertura para camiones por SUCS y AASHTO.....	57
Figura N° 11: Estructura del alcance de la investigación.	60
Figura N° 12: Diagrama de variables, diseño correlacionar causal complejo.	62
Figura N° 13: Ubicación del Tajo San Gerardo.	66
Figura N° 14: Regresión polinómica de 2do grado, pasivos de consumibles.	70
Figura N° 15: Propuesta de diagrama de procesos y actividades para TSG.	77
Figura N° 16: Ciclo PDCA aplicado como plan en el TSG.....	79
Figura N° 17: Procesos y actividades de los gastos generales del TSG.	82
Figura N° 18: Proceso minero metalúrgico.....	84
Figura N° 19: Costo de producción vs venta, partida actividades generales.	89
Figura N° 20: Venta vs control operativo de la partida de movimiento de tierras... 90	
Figura N° 21: Venta vs costo de producción de servicios auxiliares.	91
Figura N° 22: Interfaz del sistema de tarifas de equipo pesado.	94
Figura N° 23: Cadena de suministro actual en el TSG.	96
Figura N° 24: Interfaz tradicional de control de entrada y salida de RQ en el TSG. 98	
Figura N° 25: Control de stock mínimo.....	98
Figura N° 26: Implementación de los algoritmos de reposición.....	99
Figura N° 27: Interfaz que integra el ROP & ROQ en el control de almacén.	102
Figura N° 28: Resultados gráficos, factor de Herzberg en el TSG 107	
Figura N° 29: Producción en condiciones normales (toneladas).	108
Figura N° 30: Producción en condiciones normales semana 19 (toneladas).	108
Figura N° 31: Incremento de producción resultado de personal motivado.....	109
Figura N° 32: Incremento de producción resultado de personal motivado 110	



Figura N° 33: Códigos de actividades de producción de una excavadora.	112
Figura N° 34: Diagrama de tiempos en operaciones mineras.	113
Figura N° 35: Nuevo formato de operaciones de equipos.	115
Figura N° 36: Nuevo tablero de comando de disponibilidad mecánica.	116
Figura N° 37: Interfaz de disponibilidad mecánica de equipos auxiliares.....	116
Figura N° 38: Nuevo interfaz de control de horas mínimas.....	117
Figura N° 39: Media de distribución de tiempos, EX-05.	119
Figura N° 40: Media de distribución de tiempos, EX-03.	119
Figura N° 41: Media de distribución de tiempos, CF-003.....	119



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tiempos de posicionamiento según condiciones de operación.	41
Tabla 2: Tiempos de posicionamiento en el punto de carguío.	41
Tabla 3: Teoría de la motivación e higiene de Herzberg.	59
Tabla 4: Variables de la investigación.	64
Tabla 5: Planilla mensual de los colaboradores del Tajo San Gerardo.	68
Tabla 6: Activos en almacén, mayo 2018.	69
Tabla 7: Costo de consumibles, mensual.	70
Tabla 8: Planilla de mantenimiento, acumulado por puesto.	71
Tabla 9: Costo mensual de mantenimiento.	71
Tabla 10: Facturado de combustible diésel mensual.	72
Tabla 11: Consumo de combustible línea amarilla, tajo San Gerardo.	73
Tabla 12: Valorización subcontratos de equipos.	74
Tabla 13: costeo tradicional del TSG.	75
Tabla 14: Costo de tonelada movida en el TSG, USD/BCM.	76
Tabla 15: Itemizado presupuesto contractual entre Pevoex y Minera Atacocha.	81
Tabla 16: Balanced scorecard que muestra los resultados del ABC del TSG.	86
Tabla 17: Comparativo de tarifas contractuales vs costos de reales de equipos.	87
Tabla 18: Comparativo de tarifas contractuales vs costos actuales de personal.	88
Tabla 19: Roles de labor (roster) de personal de almacén.	92
Tabla 20: Personal indirecto no considerado en los gastos generales.	93
Tabla 21: Costeo tipo contable tradicional.	94
Tabla 22: Costo de tonelada movida en el TSG, USD/BCM.	95
Tabla 23: Valor de almacén en el mes de agosto 2018.	97
Tabla 24: Nivel de servicio / factor K.	100
Tabla 25: Maestro de materiales.	101
Tabla 26: Tiempo de respuesta - lead time.	101
Tabla 27: Teoría de los dos factores de Herzberg.	103
Tabla 28: Nivel de respuesta de la encuesta, escala de Likert.	104
Tabla 29: Preguntas según teoría de Herzberg para cuestionario.	105
Tabla 30: Resultados de tendencias generales y negativas.	106
Tabla 31: Comparativo entre equipos de carguío.	118
Tabla 32: Distribución de tiempos por actividades, EXC-05.	118
Tabla 33: Distribución de tiempos por actividades, EXC-03.	120
Tabla 34: Distribución de tiempos por actividades, CF-03.	120



INDICE DE ANEXOS

- Anexo 1.** Presupuesto
- Anexo 2.** Condiciones del contrato
- Anexo 3.** Diagrama de todas las actividades del TSG
- Anexo 4.** Resultado Operativo – Balanced score card
- Anexo 5.** Fotografias capacitacion de personal Control de tiempos
- Anexo 6.** Fotografias implementacion teoria de Herzberg
- Anexo 7.** Encuesta de satisfaccion aplicación teoria de Herzberg
- Anexo 8.** Resultado de la teoria de Herzberg
- Anexo 9.** Plano general de operaciones del TSG
- Anexo 10.** Interfaz de movimiento de materiales ROP & ROQ
- Anexo 11.** Formato de operaciones – control de tiempos
- Anexo 12.** Codigos de operación de equipos auxiliares
- Anexo 13.** Matriz de concistencia
- Anexo 14.** Formato de operaciones antiguo
- Anexo 15.** Nueva base de datos de operaciones
- Anexo 16.** Estudios geotecnicos



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

TSG	: Tajo San Gerardo.
PEVOEX	: Empresa contratista de perforación, voladura y excavaciones.
CMA	: Compañía Minera Atacocha.
GET	: Ground engaget tools.
UM	: Unidad Minera.
RO	: Resultado operativo.
COU	: Costos operativos unitarios.
EDP	: Estado de pago / valorización.
ABC	: Activity based cost.
ROP	: Re-order point.
ROQ	: Recommended order to quantity.
SGC	: Sistema de gestión de calidad.
PDCA	: Plan – Do – Check – Act.
BSC	: Balanced scorecard commad (CMI).
CMI	: Cuadro de comando integral.
CV	: Costo variable.
CF	: Costo fijo.
CVF	: Costo variable fijo.
CVU	: Costo variable unitario.
VAN	: Valor actual neto.
I	: Inversión.
Q_n	: Flujo de caja del año n.
R	: La tasa de interés de la compra inicial.
N	: Número de años de la inversión.
TIR	: Tasa interna de retorno.
CT	: Tiempo calendario.
AT	: Tiempo disponible.
DT	: Tiempo improductivo.
PL	: Pérdida planificada.
BL	: Pérdida por avería.
TEO	: Tiempo de espera de operación.
UT	: Tiempo utilizado.



OT	: Tiempo de operación.
OD	: Demora en la operación.
A	: Disponibilidad.
AT	: Tiempo disponible.
CT	: Tiempo calendario.
UA	: Uso de disponibilidad.
UA	: Tiempo utilizado.
AT	: Tiempo disponible.
OE	: Eficiencia en operación.
U	: Utilización.
OT	: Tiempo de operación.
CT	: Tiempo calendario.
CPOH	: Costo de hora de operación.
MPOH	: Esfuerzo por hora de mantención.
PR	: Relación de mantención planificada.
MTBS	: Tiempo Promedio Entre Detenciones por Mantención.
MTTR & S	: Tiempo Promedio para Reparar y Servicio.
MTBF	: Tiempo Promedio Entre Averías.
TC	: Tiempo de carga.
TMt	: Tiempo de giro, posicionamiento y descarga.
TPc	: Tiempo de posicionamiento en el punto de carguío.
TVt	: Tiempo de transporte.
Pt	: Productividad teórica.
Pp	: Productividad promedio.
Pmh	: Productividad máxima por hora.
SIG	: Sistema integrado de gestión.
SUCS	: Unified Soil Classification System
AASHTO	: American Association of State Highway Transportation Officials



RESUMEN

El Tajo San Gerardo propiedad de Compañía Minera Atacocha, se encuentra ubicado en el distrito Yarusyacàn, provincia y departamento de Pasco, es una operación de tajo abierto que extrae y vende plomo, zinc, plata y oro, mensualmente mueve en promedio 450,000 ton de mineral y desmonte. El problema radica en el principal contratista del Tajo San Gerardo ha reportado pérdidas mensuales de hasta USD 37,000 esto debido a que no lleva un control de sus áreas de producción puesto que no utilizaba sistemas adecuados para la medición de sus costos e indicadores productivos.

El objetivo del estudio de investigación fue incrementar el beneficio económico del principal contratista, Pevoex, mediante la implementación de un sistema integrado de producción, entre oficina técnica, logística, recursos humanos y operaciones mina. La metodología para hacer del estudio ha consistido en la aplicación de las técnicas: Activity Based Cost & Ciclo de Deming para oficina técnica, los algoritmos de reposición Re-Order Point & Recommend Order Qty para logística, Teoría de Herzberg para recursos humanos y finalmente Control de Tiempos por Actividades para Operaciones mina. En el área de costos como resultado se ha identificado desperdicios económicos por un valor de USD 35,699. En logística se logró con éxito implementar los algoritmos de reposición ROP & ROQ evitando paradas operativas por desabastecimiento. En el área de recursos humanos se registró un aumento en la producción del 12% cuando los empleados mejoraban sus necesidades extrínsecas, demostrando así que empleados felices son más productivos. En el área de operaciones mina se ha logrado identificar en los principales equipos de carguío tienen demoras operativas del 37.8% del tiempo disponible.

Palabras Clave: Gestión, costo, operaciones, productividad.



ABSTRACT

The Tajo San Gerardo owned by Compañía Minera Atacocha, is located in the department of Pasco, Perú. It is an open-pit operation that extracts and sells lead, zinc, silver and gold, monthly moving an average of 450,000 ton of ore and wear. The trouble lies in the main TSG's contractor that have not a control on its production areas, using inadequate systems for the measurement of its costs and productive indicators, having reported monthly losses of up to USD 37,000. The objective of the research study was to increase the economic benefit of the main contractor, by implementing an integrated production system, between technical office, logistics, human resources and operations. The methodology to carry out the study consisted in the application of the techniques: Activity Based Cost & Deming Cycle for the Cost Control Area. Implement algorithms Re Ordet Point (ROP) & Recommed Order Qty for logistics (ROQ). Herzberg Theory for human resources and finally Time Control per Activities for Operations mine. As a result, economic waste has been identified for a value of USD 35,699. In logistics, the ROP & ROQ replacement algorithms were successfully implemented, avoiding operational stops due to shortages. In the human resources area, there was a 12% increase in production when employees improved their extrinsic needs, thus demonstrating that happy employees are more productive. In the mine operations area, it has been possible to identify operating delays in the main loading equipment of 37.8% of the available time.

Key Words: Cost, management, productivity, identify waste.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El principal contratista del Tajo San Gerardo, Pevoex Contratistas, ha reportado constantes pérdidas económicas desde el mes de diciembre del 2017, por lo que se requiere de una reestructuración integral de las principales áreas.

El investigador habiendo pasado un entrenamiento en cuatro áreas productivas del contratista minero, Pevoex, ha identificado oportunidades de mejora. Por lo que no solo es necesario mejorar cada área por unitario si no también integrar sus procesos.

El miedo al cambio es una condición natural del ser humano, actualmente la contrata tiene 190 colaboradores en la operación, por lo que se vuelve un reto implementar cuatro sistemas de mejora, esto implica capacitar al personal en todos sus áreas y sistemas, estos factores prueban la capacidad del superintendente y la empresa a seguir los planes de mejora que se propone.

A continuación una explicación de la problemática por áreas:

- **Oficina técnica,** El control de costos se lleva de manera contable, muy similar a la de una compañía minera, esta metodológica de cálculo de costes para un contratista minero no es beneficioso, puesto que no desglosa los gastos operativos por actividad, y no identifica los costos operativos unitarios (COU). Existen muchos desperdicios operativos, los cuales según el libro de Hindle (2008), desperdicio es todo aquello por lo que el cliente no pague, bajo este concepto hay muchos desperdicios del contratista en el Tajo San Gerardo, esto sucede a raíz de que OT no administra correctamente el contrato y no cuantifica los costes de producción por actividad.



- **Operaciones mina**, se tiene 3 principales fuentes de ingresos, que son valorizados por precios unitarios de acuerdo a distancia por kilómetro y tipo de material, los cuales son; (1) acarreo de mineral, (2) acarreo de desmonte, (3) trabajos auxiliares. Siendo los dos primeros ítems, los que representan el 85% de nuestras ventas. El problema en esta área radica en que no se tiene una cuota mínima de producción, y se deja de lado nuestra principal fuente de ingresos para la contratista (acarreo de mineral y desmonte), priorizando actividades que no suman de manera significativa a la producción.
- **Logística**, La amplitud de la logística se da en todas las áreas, pero su repercusión más notoria se da en las áreas de mantenimiento y operaciones mina. La falta de un proceso eficiente para generar requerimientos ha ocasionado descontrol al momento de emitir estos requerimientos (RQ), llevando en ocasiones a parar la producción, generando pérdidas de más de 8 mil dólares por día al contratista y la desconfianza del cliente. Sus principales repercusiones directas son lenta respuesta a los problemas mecánicos y baja disponibilidad mecánica de los equipos.
- **Recursos Humanos**, Actualmente el empoderamiento al trabajador es una herramienta que ayuda a generar confianza y disminuir la probabilidad de accidentes en minería, mas esto no ha bastado para aumentar la productividad entre los colaboradores del contratista Pevoex en el tajo San Gerardo. Notando incluso que los colaboradores busquen constantemente otros empleos, es un deber de la empresa incrementar la confianza y mejorar los estímulos laborales entre sus colaboradores.



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el incremento del beneficio económico del contratista, si se integran las áreas de operaciones mina, oficina técnica, logística, y recursos humanos en el Tajo San Gerardo?

1.2.2. Problemas específicos

- Oficina técnica - ¿A cuánto equivale los desperdicios económicos del contratista debido a las desviaciones contractuales?
- Logística - ¿Se eliminara las paradas operativas de implementarse exitosamente el ReOrder Point & Recommed Order Quanty?
- Recursos humanos - ¿En cuánto incrementara la producción de mejorar las necesidades higiénicas de los colaboradores?
- Operaciones mina - ¿Cuáles son las demoras operativas más importantes de los equipos de carguío del Tajo San Gerardo?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:

1.3.1. Objetivo general.

Incrementar el beneficio económico mediante la implementación de un sistema integrado de producción, entre oficina técnica, logística, recursos humanos y operaciones en el Tajo San Gerardo de Compañía Minera Atacocha – Pasco



1.3.2. Objetivos específicos.

- Oficina técnica - Medir y controlar todos los costos del proyecto, mediante la implementación de los sistemas Activity Based Cost, ciclo de Deming y Balanced Scorecard para identificar las desviaciones del contrato.
- Logística - En logística implementar un sistema de procesos de generación de requerimientos, mediante la utilización de algoritmos de reposición Re- Order Point y Recommended Order Quantity.
- Recursos humanos - En recursos humanos hacer un estudio de satisfacción de personal en base a la teoría de Herzberg, se buscará incrementar la producción y la motivación de los colaboradores.
- Operaciones mina - Identificar las demoras operativas, tiempos muertos en operaciones mina.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

Pevoex, es el principal proveedor de servicios especializados del Tajo San Gerardo de la compañía minera Atacocha, Pevoex se ha visto en problemas financieros desde el mes de Diciembre del 2017, pues el movimiento de tierras se ha visto reducido en un 55%, ocasionando una disminución del 68% en los ingresos facturados con respecto al primer trimestre del 2018, esta reducción en la producción de mineral y desmonte le está costando a Pevoex pérdidas mensuales promedio de 37,000 dólares americanos.

Cabe resaltar que Pevoex dentro del Tajo San Gerardo tiene tres principales ingresos, que son valorizados por precios unitarios de acuerdo a distancia por kilómetro y tipo de material, los cuales son; (1) movimiento de tierras - mineral, (2) movimiento de tierras - desmonte, (3) trabajos auxiliares. Siendo los dos primeros ítems, los que representan el 85% de nuestros ingresos. Por lo cual debe de hacerse una investigación para elaborar un



proceso de producción que priorice de manera sistemática la producción de mineral y desmonte, logrando así un desarrollo sostenible en las operaciones mina.

Por otro lado, se ve deficientes voladuras y control de pisos dentro de la Fase 0, Fase 2 y Fase 3 en sus diferentes niveles, que plantea una hipótesis de que es el problema de raíz en las operaciones, repercutiendo de manera directa en tiempos lentos de carguío y daños mecánicos en los equipos de carguío.

En mi experiencia como Supervisor de Operaciones (O2), he podido registrar que en las zonas de buena granulometría se ha producido 7,500 toneladas- guardia, mientras en zonas donde la granulometría de la voladura es baja se produce únicamente 5,000 toneladas- guardia, generando un desbalance de 2500 toneladas las cuales se valorizan en 3820 dólares americanos, analizando el mes de julio con una implementación del sistema integrado de producción, se pudo haber valorizado de 30 mil a 40 mil dólares más. Mi propuesta a nivel de hipótesis es aumentar el factor de carga en la Fase 2 Centro y Fase 3 Sur

El proceso de acarreo de mineral y desmonte a Ore Pass 2 y Presa de relaves, respectivamente, tiene un serio problema de continuidad y como parte de mi propuesta del sistema integrado de producción, propongo en fase de hipótesis, la implementación de un ciclo de movimiento de mineral, este consiste en investigar el tiempo completo de transporte de un volquete, logrando así establecer el número de viajes en una cantidad determinada de tiempo, en mi experiencia en operaciones he logrado tomar que en condiciones favorables un camión volquete puede hacer 3 viajes en una hora, en condiciones normales 5 viajes por hora y en condiciones adversas 2 a 1 viaje por hora, esta dispersión obedece básicamente a la baja disponibilidad de los equipos de carguío y a la mala coordinación entre jefes de guardia y planeamiento.



Estableciendo un ciclo de 3 viajes por hora se puede lograr una producción continua y eficiente, claro que para esto también se necesita mejorar la respuesta de mantenimiento. El problema con la baja disponibilidad de las máquinas, ocasiona que haya paradas inesperadas de 1 a 2 horas en la operación ocasionándose muchas veces pérdidas de más de 2,000 dólares por guardia. Es por ello que Pevoex ha invertido mucho dinero en mejorar y contratar mayor personal, más el margen de ganancia no ha mejorado en el último trimestre. Como parte de mi sistema integrado de producción, propongo implementar los algoritmos de Re Orden Point (ROP) y Recomendado Order Quantity (ROQ), los cuales son herramientas valiosas para la planificación de stocks y el abastecimiento oportuno de repuestos, esta implementación buscaría una constante coordinación entre almacén Lima- almacén Atacocha- Departamento de mantenimiento Atacocha.

Como último de los ítems de mejora, he visto conveniente hacer un estudio de tiempos muertos operativos y tiempos de capacitación, el problema radica en la falta de coordinación y planificación para la capacitación, despilfarrándose el tiempo de voladuras programadas de 7:00 am a 8:00 am, este tiempo debería de aprovecharse para la capacitación oportuna del personal, en temas de operación eficiente de equipos, seguridad, motivación e inversión. En muchas ocasiones las charlas de capacitación se dan de manera descoordinada, restando tiempo a operaciones y a la larga generando grandes pérdidas.

Habiendo tantos problemas es de suma importancia generar un plan para la mejora de las áreas de producción con seguridad, este proyecto de investigación tiene como objetivo incrementar las ganancias mediante la reducción de costos y aplicación de ingeniería y coordinación.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:

En el área de operaciones se tiene el siguiente antecedente.

Litle, Knights & Topal (2013) Es una práctica común que los planes de minas subterráneas se creen secuencialmente, donde los resultados de un proceso de planificación forman los datos de entrada para otro. Si bien esto es práctico para los métodos manuales, las técnicas de optimización computarizada deben considerar un enfoque integrado para crear el plan minero global. Esto se debe a que la optimización de un proceso de planificación de mina individual, como los diseños de rebajas, introduce una probabilidad de aumentar los costos o disminuir los ingresos asociados con otras áreas, como la programación de la producción, ya que las decisiones dañinas deben equilibrarse. Considerar la interacción e influencia que los procesos individuales de planificación de minas subterráneas tienen entre sí durante la optimización proporcionará resultados más rentables que si se ignoran.

Para el área de Oficina técnica – control de proyecto se tiene el siguiente antecedente de aplicación de la técnica del ABC y Teoría de Deming.

Botin & Vergara, (2015) La gestión de los costos operativos es esencial para la eficiencia y la sostenibilidad económica de las operaciones mineras y, sin embargo, la mayoría de los sistemas de gestión de costos en la industria de los minerales están diseñados única y exclusivamente para cumplir con la contabilidad financiera y la presentación de informes. Este documento describe el resultado de un programa de investigación con el objetivo de desarrollar una metodología innovadora de gestión de costos que aplique el costeo basado



en actividades (ABC) y los ciclos de ciclo de Deming de PDCA para desarrollar un sistema de gestión de costos para la mejora continua de la eficiencia operativa y la reducción de costos.

Pezo (2013) La Mina San Cristóbal hace cuatro años en promedio viene utilizando dentro de sus Procesos de Operación Mina: Equipos con alta tecnología, haciéndola ingresar a una etapa de automatización y generando un aumento de la cantidad de Costos Indirectos. Esto evidencia que se necesita de nuevas herramientas que mejoren la asignación de éstos costos por lo que podemos aplicar el Sistema de Costeo ABC en las operaciones ya que nos permitirá desarrollar un análisis más detallado en base a relaciones de Causa-Efecto.

Para el área de oficina técnica e implementación del sistema de ABC se tiene el siguiente antecedente:

Mora (2014) El presente estudio explica el diseño e implementación del Sistema de Costeo en la empresa MUNDO PERU GOLD SAC (MPG), dedicada a la exploración, explotación y comercialización de Mineral Aurífero. Al realizar el diagnóstico a la empresa, se detectó que cuenta con un inadecuado Sistema de Costeo que impide conocer los costos de los procesos y que impide tener una información oportuna y detallada a la Gerencia para la toma de decisiones. El plan consiste en la cuantificación de los costos de todos los procesos y/o subprocesos, esto permitirá determinar qué procesos están generando valor y que procesos tendrán que ser tercerizados.

Para el área de recursos humanos e implementación de la teoría de los dos factores de Herzberg se tiene el siguiente antecedente:

Pacheco (2015) Las presiones del día a día, la competencia a nivel individual y profesional, el ritmo acelerado del trabajo en las oficinas son, entre otros factores, situaciones que alteran el estado emocional de muchas personas. Además, en muchas ocasiones, el trabajador no se siente realmente recompensado por su esfuerzo y pierde



motivación, afectando directamente en la productividad y los resultados de la Compañía. A través de la presente Memoria se busca sustentar la vital importancia de la motivación en la productividad y las consecuencias que ello implica en los resultados finales de la Compañía.

2.2. CONTROL DE COSTOS, FINANZAS Y OFICINA TÉCNICA

En esta área se planteará los conceptos que serán necesarios para desarrollar el área de oficina técnica en base a un riguroso control de costos y productividad, implementando sistemas modernos y eficientes tales como los que desarrollaremos a continuación. Hindle (2009) afirma que “Medir correctamente el costo de las actividades se convierte en una actividad fundamental para obtener ganancias” (p.15).

2.2.1. Costos

El costo es el valor monetario de los consumos de factores que supone el ejercicio de una actividad económica destinada a la producción de un bien, servicio o actividad. Todo proceso de producción de un bien supone el consumo o desgaste de una serie de factores productivos, el concepto de coste está íntimamente ligado al sacrificio incurrido para producir ese bien (McCallum, 2017, p11).

Según Kaplan (1986) la teoría de costos y el enfoque planteado sirven para:

- a) Proporcionar informes relativos a costos para medir la utilidad y evaluar el inventario.
- b) Ofrece información para el control administrativo de las operaciones y actividades de la empresa.
- c) Proporciona información a la administración para fundamentar la planeación y toma de decisiones.



2.2.2. Ciclo de Deming ò PDCA, una herramienta poderosa

La filosofía del modelo de costos ABC propuesto consiste en recopilar datos de costos hasta el nivel de actividad minera elemental, dos o tres niveles por debajo de los sistemas convencionales. Esta filosofía ha sido ampliamente adoptada en la industria manufacturera pero, quizás debido a las características particulares de la minería, hay muy pocos ejemplos de sus aplicaciones en la industria de minerales (Botin & Vergara, 2014, p.1).

De hecho, su implementación puede ser costosa, pero es muy superior a los modelos tradicionales (International AACE, 2011). Las principales ventajas se reducen a tres: (i) se presta a procesos más precisos, "de abajo hacia arriba", de estimulación de costos y presupuestos; (ii) Puede estar diseñado para reflejar la estructura de gestión de la operación en su nivel más bajo de responsabilidad, de modo que los operadores del gerente de primera línea comprendan los factores de valor de la operación y el impacto en el costo de sus decisiones cotidianas y noten las debilidades y fortalezas de su parcela de operaciones (Turney, 2008); y (iii) Se enfoca en la eficiencia en los niveles de actividad (Botin & Vergara, 2014, p.1).

Por lo tanto permite reducciones de costos sostenibles sin afectar la calidad y la seguridad (Michalska y Szewieczek, 2007). El ciclo PDCA se ha utilizado ampliamente en diferentes industrias, incluida la minería, como una herramienta continua de mejora y control de calidad en materia de medio ambiente, seguridad y mantenimiento (Watzman, 2014).

La combinación del ciclo Deming de ABC y PDCA genera una herramienta de gestión muy poderosa para la mejora continua del proceso de operaciones mineras (Bunch, 2010; Croser, 2004). El objetivo es optimizar las diferentes actividades operativas a partir de la detección de desviaciones que permite el modelo ABC. La forma en que el modelo debe

complementarse con el ciclo PDCA se muestra en la Fig. 01 y se explica a continuación.

(Botín & Vergara, 2015, p.1).

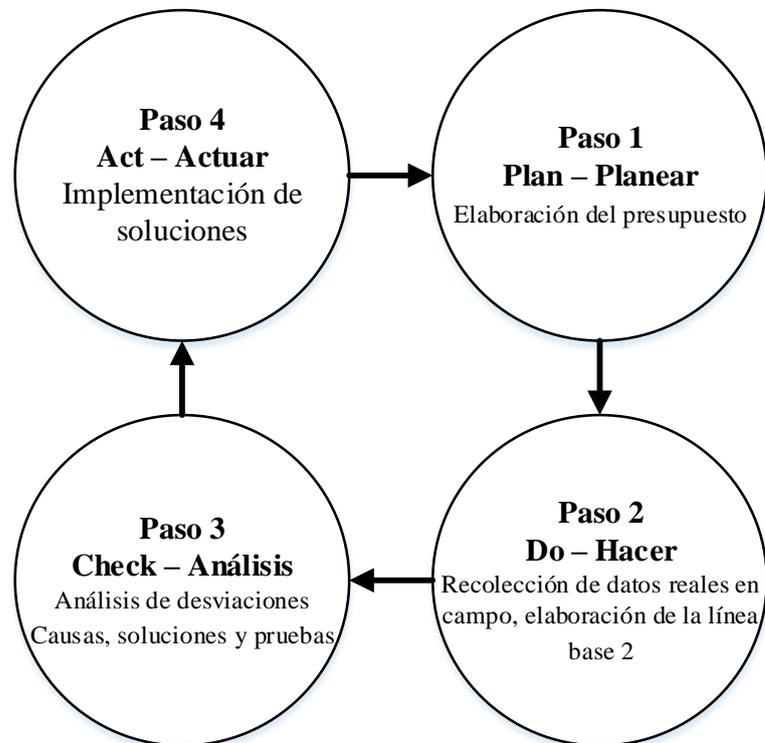


Figura N° 1: Ciclo de Deming - PDCA.

Fuente: Modificado en base a la publicación de Botín & Vergara (2015).

2.2.3. Clasificación de costos

Según McCallum (2017), los costos se clasifican según su forma de ser, por lo que este autor proporciona un resumen, mostrado en la figura 02.

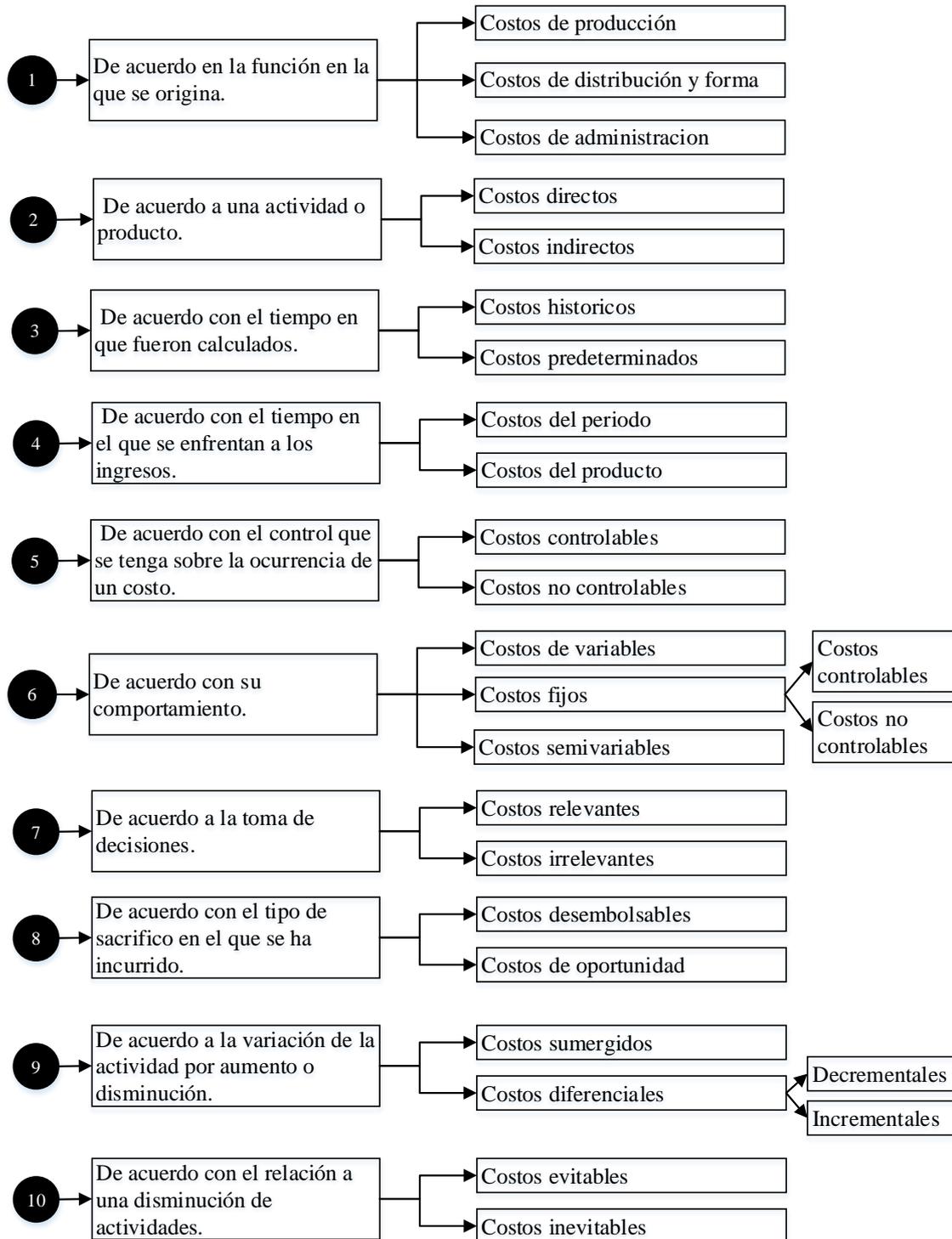


Figura N° 2: Clasificación de costos.

Fuente: Modificado en base a la publicación de McCallum (2017).

2.2.4. ABC System

Los modelos de costos basados en actividades aplican métodos de descomposición del trabajo y conocimiento de la ingeniería y las condiciones del mercado para estimar el



costo. Se identifican las tareas que se deben realizar y se estima el tiempo y la duración para realizar cada tarea. El costeo basado en actividades es el método más detallado y transparente que se puede aplicar en la estimación de costos operativos y requiere un mayor nivel de experiencia para aplicarla con éxito. En este capítulo final, se describen los métodos de descomposición del trabajo para ilustrar cómo se estiman los componentes del costo operativo de mano de obra, logística y transporte, materiales y suministros, y reparaciones y mantenimiento}. (Kaiser, 2019, p.489).

La metodología y los principios de análisis del ABC, según la tesis de Pezo (2013), son:

- a) Gestionar las realizaciones, lo que se hace más, que lo que se gasta. Significa la necesidad de controlar las actividades más que los recursos.
- b) Intentar satisfacer al máximo las necesidades de los clientes. Ellos serán quienes realmente determinen qué actividades tenemos que realizar.
- c) Analizar las actividades como partes integrantes de un proceso de negocios y no de forma aislada.
- d) Eliminar las actividades que no añaden valor a la organización, en lugar de mejorar lo que es realmente suprimible.
- e) Las actividades deben enmarcarse en un plan de actuación global.
- f) Respaldar, comprometer y buscar el consenso de aquellos directamente implicados en la ejecución de las actividades, pues son ellos los que realmente encuentran posibilidades de mejora y diferenciación en las actividades que realizan habitualmente.
- g) Mantener un objetivo de mejora permanente en el desarrollo de las actividades, y la presunción de que siempre existe una forma de mejora (Pezo, 2013, p.15)

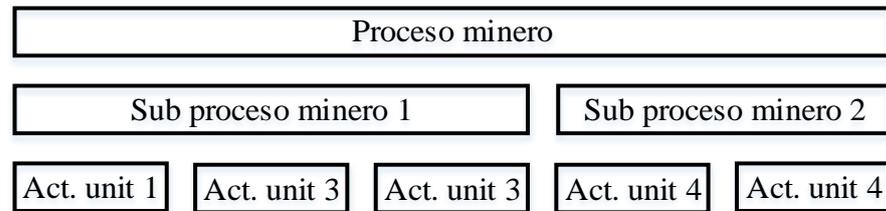


Figura N° 3: Modelo sistema ABC, categorización de actividades.
Fuente: Modificado en base a la investigación de Botín & Vergara (2015).

2.2.5. Balanced scorecard

El concepto de Cuadro de mando Integral (CMI), (Balanced Scorecard – BSC) Se presentó en el número de enero/febrero de 1992 de la revista Harvard Business Review, con base en un trabajo realizado para una empresa de semiconductores. Sus autores, Robert Kaplan y David Norton, plantean el CMI como un sistema de administración o sistema administrativo (management system), que va más allá de la perspectiva financiera con la que los gerentes acostumbran a evaluar la marcha de una empresa. Según estos dos consultores, gestionar una empresa teniendo en cuenta solamente los indicadores financieros tradicionales (existencias, inmovilizado, ingresos, gastos) olvida la creciente importancia de los activos intangibles de una empresa (relaciones con los clientes, habilidades y motivaciones de los empleados) como fuente principal de ventaja competitiva, como se muestra en la figura 04 (Wikipedia, 2019).

Según Costa (2017): Para la implementación de un BSC debe presentar contexto que relaciones cuatro tipos de control, que implemente estrategias con estrategias innovadoras:

- Los sistemas de gestión de diagnóstico dan como resultado las herramientas de gestión que son capaces de transformar las estrategias planificadas en estrategias implementadas.
- Los sistemas de control interactivo motivan a los gerentes a buscar oportunidades que puedan resultar en cambios estratégicos y, más tarde, en estrategias implementadas.

- Los sistemas de creencias inspiran a los empleados a implementar estrategias planificadas, pero también a buscar oportunidades de cambio, siempre que estén alineados con la misión de la organización.
- Los sistemas fronterizos aseguran que las acciones implementadas sean coherentes con el producto definido y las estrategias de mercado.

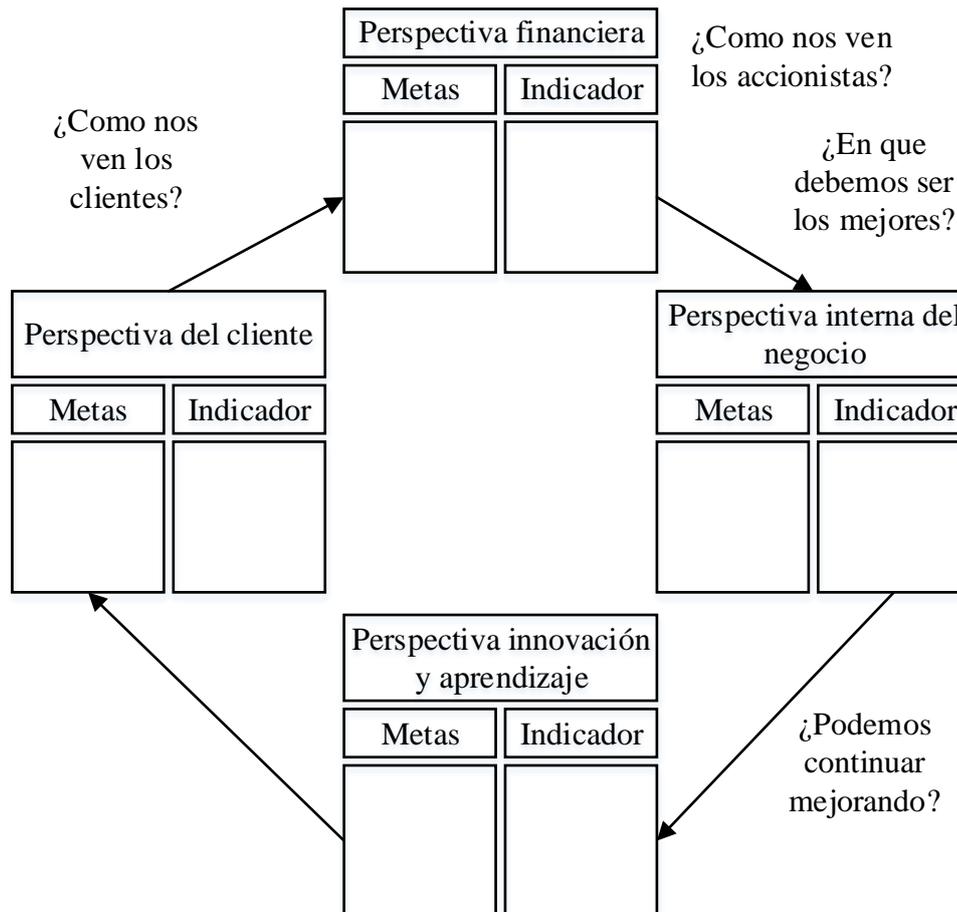


Figura N° 4: Representación simple del balanced scorecard.
Fuente: Modificado del libro de Hindle (2009).

2.2.6. Análisis financiero

Es un método que permite analizar las consecuencias financieras en las decisiones de negocios. Para esto es necesario conocer recolectar información financiera de cada uno de los procesos que operan para sacar el producto final, hacer las mediciones e invertir tiempo y dinero para lograr este objetivo.

El análisis financiero ayuda a comprender el funcionamiento del negocio y a maximizar la rentabilidad a partir de la actuación sobre los recursos existentes. Los directivos y gerentes pueden acceder a información sobre el efecto esperado de las decisiones estratégicas. Para realizar este análisis se utiliza información de varias fuentes, como por ejemplo estimaciones de ventas futuras, costos, inversiones a realizar, estudios de mercado, de demanda, costos laborales, costos de financiamiento, estructura impositiva, etc. (Mora, 2014).

2.2.7. Punto de equilibrio

Es un indicador de actividad económica financiera, en el cual están expresados todos los costes operativos y administrativos de una empresa, tiene por objetivo dar a conocer la realidad financiera de la actividad.

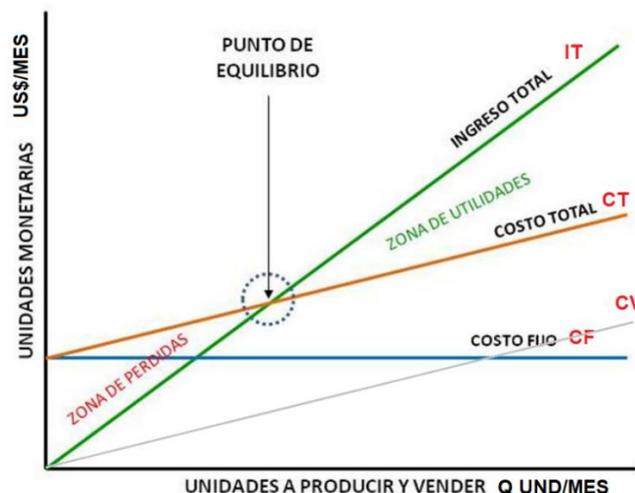


Figura N° 5: Punto de equilibrio.

Fuente: Modificado en base a publicación web Pymes Futuro (Internet).

Los componentes del punto de equilibrio son:

Costo fijo (CF): es aquel costo de una determinada actividad que no varía durante un cierto período, independientemente del volumen de esa actividad.

Costo variable total (CVT): es aquel cuyo valor está determinado, en proporción directa, por el volumen de producción, ventas o cualquier otra medida de actividad. El costo



variable unitario (CVU), es el valor asociado a cada unidad de lo que se produce o del servicio que se presta.

Modelo matemático del punto de equilibrio:

$$Q_e = \frac{CF}{(P - CVu)} \quad \dots\dots(1)$$

Donde:

Qe : Volumen de operaciones de equilibrio (und/periodo)

P : Precio (US\$/und)

CVu : Costo variable unitario (US\$/und)

CF : Costo fijo (US\$/periodo)

2.2.8. Inversión

Mora (2014): Inversión es el destino de dinero para la compra de bienes que no son de consumo final y que sirven para producir otros bienes o también hablamos de inversión cuando utilizas tu dinero en productos o proyectos que se consideran lucrativos, ya sea la creación de una empresa o la adquisición de acciones. Toda inversión tiene implícito un riesgo a contemplar antes de tomar una decisión. Por ejemplo para el diseño e implementación del sistema de costeo, se necesita saber la cantidad de recursos (efectivo, equipos, mano de obra, etc.) que es necesario para su aplicación en la empresa ya sea a través de un préstamo bancario o por recursos propios de la empresa, además de ello. Es necesario contar con herramientas financieras para su evaluación económica y financiera. El VAN y el TIR son dos herramientas financieras procedentes de las matemáticas financieras que nos permiten evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión, entendiéndose por proyecto de inversión no solo como la creación de un nuevo negocio, sino también, como inversiones que podemos hacer en un negocio en marcha, tales como



el desarrollo de un nuevo producto, la adquisición de nueva maquinaria, el ingreso en un nuevo rubro de negocio, etc.

- a) VAN, es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, nos quedaría alguna ganancia. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable. El VAN también nos permite determinar cuál proyecto es el más rentable entre varias opciones de inversión. Incluso, si alguien nos ofrece comprar nuestro negocio, con este indicador podemos determinar si el precio ofrecido está por encima o por debajo de lo que ganaríamos de no venderlo.

Donde

El modelo matemático para el cálculo del VAN es el siguiente:

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n} \quad \dots\dots(2)$$

Donde:

I : Inversión

Q_n : Flujo de caja del año n

r : La tasa de interés de la compra inicial

n : Número de años de la inversión

- b) TIR, La tasa interna de retomo o tasa interna de rentabilidad (TIR) de una inversión está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero. Estos valores (VAN o VPN) son calculados a partir del flujo de caja o cash flow anual, trayendo todas las cantidades futuras -flujos negativos y positivos- al presente. La TIR es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, que se lee a mayor TIR, mayor rentabilidad. Por esta razón, se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión.



El modelo matemático para el despeje de la tasa interna de retorno es:

$$VAN = 0 = \sum_{t=1}^n \frac{Vft}{(1 + TIR)^t} - I_0 \quad \dots\dots(3)$$

Donde

Vft : Flujo neto en un periodo t

t : Periodo de evaluación

I₀ : Inversión inicial

2.3. MANTENIMIENTO MINA Y LOGÍSTICA

El mantenimiento es una actividad que tiene por finalidad dar la máxima disponibilidad posible de los equipos de la mina, por lo que tiene un impacto directo sobre la capacidad productiva de la mina, es también un área de alto riesgo para la seguridad e integridad de los colaboradores de la mina por lo que pretende alcanzar unas condiciones de seguridad y de protección medioambiental de acuerdo con las políticas de desarrollo sostenibles de la empresa y el reglamento nacional de protección del medio ambiente. Por lo tanto, es una actividad que adquiere un papel primordial en las operaciones de la mina.

2.3.1. Definición de tiempos operativos

Para el control de mina y la planificación del área de mantenimiento de manera integrada con las demás áreas, en especial con las de logística y operaciones mina, se debe de definir de manera correcta los tiempos y demoras operativas según (Sandoval Angeles, 2009). Todas las mediciones de tiempo deben basarse en el tiempo calendario tal como muestra la figura 06.

2.3.1.1. Tiempo calendario (CT)

Se define como tiempo calendario al total de horas en el período, o sea 24 horas por día, 365 días por año es 8760 horas por año.



Figura N° 6: Definiciones de tiempo.

Fuente: Modificado en base a la publicación de Sandoval (2009).

2.3.1.2. Tiempo disponible (AT)

Es el total de horas en que el equipo está disponible para ser usado.

2.3.1.3. Tiempo improductivo (DT)

Total de horas en que el equipo no está disponible para ser usado

2.3.1.4. Pérdida planificada (PL)

Total de horas en que el equipo no está disponible debido a tiempos improductivos programados para mantención

2.3.1.5. Pérdida por avería (BL)

Total de horas en que el equipo ha sido programado para ser usado, pero no está disponible debido a una avería

2.3.1.6. Tiempo de espera de operación

Total de horas en que el equipo está disponible para ser usado pero no es usado.

2.3.1.7. Tiempo utilizado (UT)

Total de horas en que el equipo tiene un operador asignado.

2.3.1.8. Tiempo de operación (OT)

Total de horas en que el equipo está operando productivamente

2.3.1.9. Demora en la operación (OD)

Total de horas en que el equipo tiene un operador asignado pero no está operando productivamente.



2.3.1.10. Definiciones de pérdida

- a) Pérdida planificada (PL), Tiempo durante el cual el equipo no ha sido operado debido a:
- Tarea de mantenimiento programada incluyendo reparaciones completas del equipo y limpieza del mismo.
 - Inspecciones y ensayos para mantenimiento preventiva, calibración de instrumentos y regulaciones de seguridad.
 - Actividades de mantenimiento correctiva generadas a partir de inspecciones y PMs.
 - Mantenimiento oportuna que ha sido correctamente planificado pero todavía no programado.
- b) Pérdida por Falla (BL), tiempo en que el equipo no funciona debido a actividades de mantenimiento inesperadas durante un período de operación programado.
- c) Tiempo en espera de operación (OS), el tiempo en que el equipo esté disponible pero no se utiliza debido a factores externos como el tiempo, y factores internos como falta de trabajo para producción.
- d) Demora en la operación (OD), el tiempo en que el equipo está operando, pero no en modo productivo como al hacer fila y recargando combustible.
- e) Elementos de tiempo secundarios, los elementos de tiempo secundarios son aquellos en que se interrumpe el tiempo de operación directa (OT), demora en la operación (OD), tiempo en espera de operación (OS), pérdida planificada (PL) y pérdida por avería (BL). La pérdida planificada incluye actividades de mantenimiento oportunas que hayan sido correctamente planificadas, pero no programadas.



- f) Los elementos de tiempo secundarios requerirán un mayor trabajo por parte de cada Unidad de Negocios que categorice totalmente cada tipo de equipo importante sobre la base de las definiciones establecidas en la Figura 6.

2.3.2. Definición de indicadores operativos

Mides una cosa para aprender algo al respecto. Para saber qué tan pesado es un artículo, lo pesas. Para conocer su tamaño y forma, mide sus dimensiones. A partir de su volumen y peso puede calcular su densidad. Las mediciones lo ayudan a comprender mejor una cosa, cómo funciona y cómo debe trabajar con ella. La medición del mantenimiento no es diferente en intención. Las medidas de mantenimiento útiles son de dos tipos: las que mejoran el efecto de mantenimiento en el rendimiento del negocio y las que impulsan buenos comportamientos de construcción de confiabilidad. Los indicadores clave de rendimiento (KPI) que utiliza deben ayudarlo a comprender qué está haciendo Mantenimiento, qué está logrando para el negocio y qué más puede hacer para mejorar el rendimiento operativo. (Sondalini, 2007, p10).

2.3.2.1. Disponibilidad (A)

Es el porcentaje del tiempo calendario en que el equipo estuvo físicamente disponible para trabajar.

Donde:

$$A = \frac{AT}{CT} * 100\% \quad \dots\dots(4)$$

AT : Tiempo disponible

CT : Tiempo calendario



2.3.2.2. Uso de Disponibilidad (UA)

El porcentaje de tiempo en que el equipo estuvo físicamente disponible y tuvo un operador asignado.

$$UA = \frac{UT}{AT} * 100\% \quad \dots\dots(5)$$

Donde:

UT : tiempo utilizado

AT : tiempo disponible

2.3.2.3. Eficiencia de Operación (OE)

Porcentaje de tiempo en que el equipo estuvo disponible con un operador y estuvo realizando su trabajo productivo:

$$OE = \frac{OT}{UT} * 100\% \quad \dots\dots(6)$$

Donde:

OT : tiempo de operación

UT : Tiempo utilizado

2.3.2.4. Utilización (U)

Porcentaje de tiempo calendario en que el equipo estuvo realizando su función primaria.

$$U = \frac{OT}{CT} * 100\% \quad \dots\dots(7)$$

Donde:

OT : tiempo de operación

CT : tiempo calendario

2.3.2.5. Costo por Hora de Operación (CPOH)

Es el costo total por el tiempo en que un operador ha sido asignado y el equipo estuvo en un modo de operación productivo. Los costos incluyen todos los gastos de operación y mantenimiento del equipo, excluyendo la depreciación.



$$CPOH = \frac{USD}{OT} \quad \dots\dots(8)$$

Donde:

USD : costos de operaciones totales

OT : tiempo de operación

2.3.2.6. Esfuerzo de Mantenición por Hora de Operación (MPOH)

Es la cantidad total de horas por mantención durante el tiempo en que el operador fue asignado y en que el equipo ha estado en un modo de operación productivo. El total de horas de mantención incluyen al gerente de mantención, al superintendente, supervisores, planificadores, empleados y vendedores, etc.

$$MPOH = \frac{THM}{OT} \quad \dots\dots(9)$$

Donde:

THM : total horas de mantención

OT : tiempo de operación

2.3.2.7. Relación de Mantención Planificada (PR)

Es el porcentaje de tiempo improductivo que ha sido programado/planificado.

$$PR = \frac{PL}{DT} \quad \dots\dots(10)$$

Donde:

PL : Perdida planificada

DT : tiempo improductivo

2.3.2.8. Tiempo Promedio Entre Detenciones por Mantención (MTBS).

Es el tiempo promedio en horas entre eventos de mantención ya sea planificados, programados o por avería mientras el equipo se utiliza.

$$MTBS = \frac{UT}{(NDT + NDA)} \quad \dots\dots(11)$$



Donde:

UT : tiempo utilizado

NDT : número de detenciones planificadas

NDA : número de detenciones por avería

2.3.2.9. Tiempo Promedio para Reparar y Servicio (MTTR&S).

Es el tiempo promedio planificado en horas para reparar, o eventos programados y por avería. Es la proporción de la suma de pérdida planificada y pérdida por avería (tiempo improductivo, DT) dividida por el número total de eventos de pérdida planificada por reparaciones y averías. Nota: El tiempo de reparación debe incluir el tiempo requerido para notificar, diagnosticar, transportar, limpiar y preparar el equipo para actividades de mantención, realizar actividades de mantención y el tiempo requerido para devolver el equipo a operación plena.

$$MTTR\&S = \frac{DT}{NDT + NDA} \quad \dots\dots(12)$$

Donde:

DT : tiempo improductivo

NDT : número de detenciones planificadas

NDA : número de detenciones por avería

2.3.2.10. Tiempo Promedio Entre Averías (MTBF).

Es el tiempo promedio en horas entre interrupciones en la producción ocasionadas por eventos de pérdida por averías (BL) mientras el equipo está siendo utilizado.

$$MTBF = \frac{UT}{NDA} \quad \dots\dots(13)$$

Donde:

UT : tiempo utilizado



NDA : número de detenciones por averías

2.3.2.11. Tiempo Promedio para Reparar Averías (MTTR).

Es el tiempo promedio ocupado para reparar un evento de Pérdida por Avería (BL). Nota: No se incluyen las reparaciones efectuadas debido a tareas de mantención planificadas y programadas.

Esta medida indica la facilidad del equipo de reparación y la efectividad de los recursos de movilización cuando ocurre una falla por avería.

$$MTTR = \frac{BL}{NDA} \quad \dots\dots(14)$$

Donde:

BL : pérdida por avería

NDA : número de detenciones por avería

2.4. OPERACIONES MINA

2.4.1. Productividad de equipos de transporte y carguío en superficie

2.4.1.1. Tiempo de carga (TC)

El tiempo de carga depende del número de paladas necesarias para llenar la capacidad del camión (o unidad de transporte). Se puede calcular mediante los siguientes pasos: Calcular el número de paladas: esto mediante la siguiente formula y su resultado se redondea al entero superior:

$$Np = \frac{Ctt}{Cc * FLb * Fe * D} \quad \dots\dots(15)$$

Donde:

Np : Numero de paladas.

Ctt : Capacidad nominal del equipo de transporte (ton).

Cc : Capacidad de la pala del equipo de carguío (m3).

FLb : Factor de llenado del balde (%).

Fe : Factor de esponjamiento

D : Densidad del material in situ (ton/m³).

Calcular el Tiempo de carga (TC): corresponde al tiempo de carguío del equipo y se calcula según la fórmula:

$$TC = \frac{Np}{TCc} \quad \dots\dots(16)$$

TCc : Tiempo de ciclo del equipo de carguío (min).

Np : Numero de paladas.

2.4.1.2. Tiempo de giro, posicionamiento y descarga (TMt)

El tiempo de maniobras de transporte depende de las condiciones de trabajo y del tipo de descarga del equipo. Como referencia, se entregan los valores de la siguiente tabla.

Tabla 1: Tiempo de posicionamiento punto de carguío según condición de operación.

Condiciones de operación	Tiempo según tipo de descarga (min)		
	Inferior	Trasera	Lateral
Favorables	0,3	1	0,7
Promedio	0,6	1,3	1
Desfavorables	1,5	1,5-1,2	1,5

Fuente: Educar Chile – Web.

2.4.1.3. Tiempo de posicionamiento en el punto de carguío (TPc)

Corresponde al tiempo necesario para disponer del vehículo en el lugar de carguío, estos tiempos también dependen del tipo de equipo de transporte y de las condiciones de trabajo. A continuación, se presenta una tabla con valores referenciales.

Tabla 2: Tiempos de posicionamiento en el punto de carguío.

Condiciones de operación	Tiempo según tipo de descarga (min)		
	Inferior	Trasera	Lateral
Favorables	0,15	0,15	0,15
Promedio	0,5	0,3	0,5
Desfavorables	1	0,5	1

Fuente: Educar Chile – web.



2.4.1.4. Tiempo de transporte (TVt)

Está determinado por el peso del equipo y las condiciones de la vía. La velocidad de transporte dependerá de la calidad y pendiente del camino y del peso del equipo de transporte y su carga (Educar Chile, 2014).

Una característica en la operación de estos vehículos es que deben moderar la velocidad de manera de que los frenos funcionen sin superar la capacidad de enfriamiento del sistema. El cálculo de velocidades de estos camiones depende entonces de la pendiente de bajada.

El tiempo de transporte (TVt) se compone por el tiempo de viaje cargado (TVct) y el tiempo de viaje vacío (TVdt).

El Tiempo de viaje cargado viene dado por la fórmula:

$$TV_{ct} = \frac{D_{cht}}{V_{cht}} + \frac{D_{cst}}{V_{cst}} + \frac{D_{cbt}}{V_{cbt}} + \frac{D_{cct}}{V_{cct}} \quad \dots\dots(17)$$

Donde:

Dcht (m) : Distancias Horizontales (pendiente 0%).

Dcst (m) : Distancias en Subida (pendiente > 0%).

Dcbt (m) : Distancias en Bajada (pendiente < 0%).

Dcct (m) : Distancias en Curvas (con su respectiva pendiente).

Vcht (m/min): Velocidades en distancias horizontales (pendiente 0%+RD%).

Vcst (m/min): Velocidades en subida (P% + RD%).

Vcbt (m/min): Velocidades en bajada (P% – RD%).

Vcct (m/min): Velocidades en curvas (P% +/- RD%).

Además tendremos que definir:

RD%: Resistencia a la Rodadura del equipo de transporte (%), que corresponde al esfuerzo de tracción necesario para sobreponerse al efecto retardatorio entre los



neumáticos y la vía. A modo de ejemplo, para un camino bien mantenido y seco de tierra y grava, la resistencia es de 2% del peso movilizado.

P%: Resistencia por pendientes máximas a vencer por el equipo de transporte (%), corresponde al esfuerzo de tracción necesario para sobreponerse a la gravedad y permitir el ascenso del vehículo en una vía con pendiente positiva (es decir, una vía que asciende). Corresponde a 1% del peso del vehículo por cada 1% de pendiente. Por ejemplo, un camino con 5% de pendiente tiene una resistencia por pendiente de un 5% del peso total movilizado (peso del camión más el peso de la carga).

Para el cálculo de la velocidad a la que el vehículo, cargado o descargado, puede enfrentar los distintos tramos del recorrido de transporte, se utilizan los gráficos de rendimiento que los proveedores de los vehículos de transporte entregan.

2.4.1.5. Productividad teórica (P_t)

Con el tiempo de ciclo de transporte se puede calcular las diversas *productividades del sistema, la productividad teórica corresponde al peso o volumen por hora producido por una unidad en operación si no ocurren retrasos o pausas en la producción. Indica el potencial máximo productivo de un equipo, lo que muy raramente ocurre en la práctica, se obtiene mediante la fórmula:

$$P_t = \frac{60 * C_t}{T_{Ct}} \quad \dots\dots(18)$$

Donde:

P_t : Productividad teórica (tn/hr)

C_{tt} : Capacidad nominal del equipo de transporte (ton).

T_{Ct} : tiempo del ciclo de transporte (min).

Además tenemos una tasa de remoción de volumen in situ (TR_{pt}) dada por:

$$TR_{pt} = \frac{60 * C_{tt}}{T_{Ct} * F_e * D_{Me}} \quad \dots\dots(19)$$



Donde:

Fe : Factor de esponjamiento (%).

Ctt : Capacidad nominal del equipo de transporte (ton).

DMe : Densidad del material esponjado (ton/m³).

TCt : tiempo del ciclo de transporte (min).

2.4.1.6. Productividad promedio (Pp)

Corresponde al peso o volumen por hora producido por una unidad en operación, considerando retrasos fijos y variables. Esta tasa de producción debe aplicarse al periodo de tiempo deseado (día, turno) para estimar la producción total.

La productividad promedio se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$Pp = 60 * \frac{(Dt - Rf) * Et * Ctt}{Dt * Tct} \dots\dots(20)$$

Donde:

Dt : Duración del período de tiempo, como turno, día, etc. (hr).

Rf : Retrasos fijos en la operación. (hr)

Et : Eficiencia del trabajo (fracción), equivale a los retrasos variables en la operación del equipo, retrasos no planificados en la operación.

Ctt : Capacidad nominal del equipo de transporte (ton).

TCt : tiempo del ciclo de transporte (min).

Además tenemos una tasa de remoción de volumen in situ (TRpp) para esta productividad dada por:

$$Pp = 60 * \frac{(Dt - Rf) * Et * Ctt}{Dt * Tct * D} \dots\dots(21)$$

Donde:

Fe : Factor de esponjamiento (%).



- D : Densidad del material in situ (ton/m³).
- TCt : tiempo del ciclo de transporte (min).
- Dt : Duración del período de tiempo (hr).
- Rf : Retrasos fijos en la operación (hr).
- Et : Eficiencia del trabajo (fracción).
- Ctt : Capacidad nominal del equipo de transporte (ton).
- TCt : tiempo del ciclo de transporte (min).

2.4.1.7. Productividad máxima por hora (Pm)

Corresponde al peso o volumen por hora producido por una unidad en operación, considerando sólo retrasos variables. Esta tasa de producción debe aplicarse para determinar el número de unidades de transporte asignadas a una pala, para lograr cierta producción requerida. La productividad máxima viene dado por:

$$Pm = 60 * \frac{Et * Ctt}{TCt} \quad \dots\dots(22)$$

Donde:

- Pm : Productividad máxima (tn/hr)
- Et : Eficiencia del trabajo (fracción).
- Ctt : Capacidad nominal del equipo de transporte (ton).
- TCt : tiempo del ciclo de transporte (min).

Además se obtiene una tasa de remoción de volumen in situ (TRpm) para esta productividad mediante la siguiente fórmula:

$$TRpm = 60 * \frac{Et * Ctt}{TCt * Fe * D} \quad \dots\dots(23)$$

Donde:

- Fe : Factor de esponjamiento (%).
- D : Densidad del material in situ (ton/m³).



- TCt : tiempo del ciclo de transporte (min).
Et : Eficiencia del trabajo (fracción).
Ctt : Capacidad nominal del equipo de transporte (ton).
TCt : tiempo del ciclo de transporte (min).

Considerando lo anterior tenemos que el número de equipos requeridos para cumplir con la producción del período resulta de:

$$NET = \frac{T}{Pm * HTd * DPc} \quad \dots\dots(24)$$

Donde:

- NET : Numero de equipos de transporte
T : Tonelaje total a mover por período (toneladas).
Pm : Productividad máxima por hora (ton/hr).
HTd : Horas trabajadas del día (hr).
DPc : Días del período de tiempo (unidad).

El resultado se tendrá que someter a un análisis criterios, que permita definir un número entero de equipos para la operación de transporte.

2.4.2. Dimensionamiento de flota

Todas las operaciones mineras que usan camiones tienen una necesidad común de hacer coincidir adecuadamente el número y el tamaño de las unidades de acarreo (camiones, vagones, raspadores, etc.) con una unidad de carga (cargadora de ruedas, pala hidráulica / excavadora, pala de cable, tractor de empuje, etc.). Para proporcionar el mejor partido de flota posible (Educar chile, 2014).

La optimización de la coincidencia de flota minimiza el costo por unidad de material movido por esa flota. A medida que cambian las condiciones de arrastre (longitud de arrastre, pendiente o resistencia a la rodadura). Es posible que sea necesario ajustar la cantidad de camiones para mantener la flota óptima. La producción y el costo de la flota

es una herramienta que entre otras cosas se puede usar para optimizar la coincidencia entre camión y cargador. (Gope & Morgan, 1994, p.3).

2.4.2.1. Costo y producción de flota 2.0 (FPC)

FPC utiliza un ciclo básico de transporte de cuatro partes para modelar sistemas de minería. Este ciclo de cuatro partes consiste en:

1. Carguío
2. Acarreo
3. Descarga y maniobra
4. Retorno

Finalmente cito a Gope & Morgan (1994): La optimización del factor de flota minimiza el costo por unidad de material movido por esa flota.

2.4.2.2. Interacción entre carguío y acarreo

Normalmente, el tiempo de ciclo de transporte es mayor que el tiempo de "carga con intercambio" para el cargador. Esto significa que se pueden cargar varios camiones con la misma herramienta de carga. Si el tiempo de ciclo promedio de un transportista fue de quince minutos y el tiempo promedio de "carga con intercambio" del cargador promedio fue de tres minutos, entonces el cargador debería poder trabajar con cinco transportistas sin tiempo de espera.

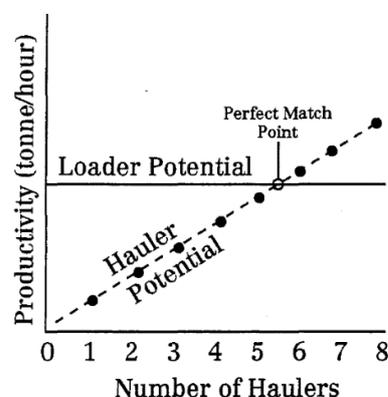


Figura N° 7: Punto perfecto de equilibrio.

Fuente: Society for mining metallurgy and exploration. Inc. (1994).



Tener el número ideal de transportistas para el cargador es "hacer coincidir" los transportistas con el cargador, y si tiene demasiados o muy pocos transportistas, tiene una "falta de coincidencia" (Gove & Morgan, 1994, p.3).

La "combinación perfecta" entre un cargador y un camión está representada por la intersección de la producción potencial del cargador (línea horizontal) y la producción potencial de la flota del transportista (línea inclinada). Consulte la figura 08. Cada línea se muestra al 100% de eficiencia y el número de transportistas es para un camino de acarreo dado (Gope & Morgan, 1994, p.3).

2.4.2.3. Métodos de eficiencia de trabajo

FPC modela las condiciones reales de la mina reduciendo la producción máxima teórica de una flota con tres factores de eficiencia de producción. Estos factores son especificados por el usuario y se enumeran a continuación:

1. Desajuste y agrupamiento
2. Eficiencia del operador
3. Disponibilidad de equipos

El efecto combinado de estos tres factores reemplaza el método más común para reducir la producción por "minutos de operación por hora".

2.4.2.4. Mismatch

FPC utiliza una relación matemática llamada "coincidencia de flota" para definir la pérdida de eficiencia debido a la interacción camión-cargador.

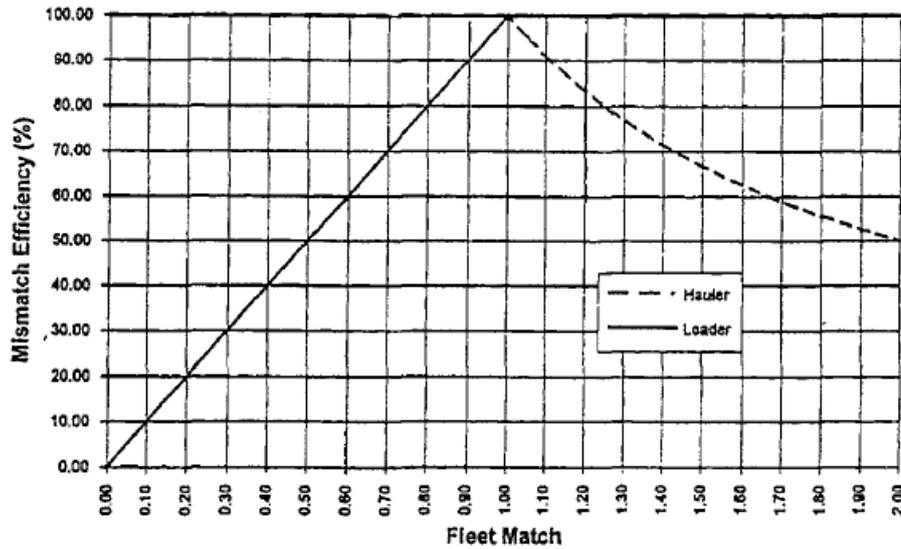


Figura N° 8: Mismatch efficiency vs. Fleet match (FM).
Fuente: Society for mining metallurgy and exploration. Inc. (1994).

Por lo tanto, el modelo perfecto para el fleet match es:

$$FM = \frac{LCT * NT}{HCT} \quad \dots\dots(25)$$

LCT : Loader cycle time – ciclo de carguío.

NT : Number of trucks – número de camiones.

HCT : Hauler cycle time-ciclo de transporte.

La combinación perfecta, es decir, ningún camión espera al cargador y el cargador nunca espera a un camión, tendría un Fleet Match de 1.0. Si hay menos camiones que la combinación perfecta, Fleet Match sería menor que 1.0 y si fuera mayor que 1.0, habría un exceso de camiones trabajando en el cargador. Dicho de otra manera, si Fleet Match es inferior a 1.0, los transportistas nunca deberían tener que esperar para ser cargados, por lo que su eficiencia productiva debería ser del 100%. Por otro lado, el cargador estaría esperando parte del tiempo y, por lo tanto, la eficiencia del cargador sería inferior al 100%. Si la coincidencia de flota fuera mayor que 1.0, entonces el cargador estaría



ocupado todo el tiempo y su eficiencia productiva sería del 100% y la eficiencia del transportista sería menor de 100% (Gope & Morgan, 1994, p.3).

2.4.3. Mantenimiento de vías

Un buen diseño y mantenimiento puede garantizar un acarreo de mineral y desmonte óptimo en una operación minera, reducir costos, minimizar daños e incrementar la productividad. Sin embargo, las prácticas de buen diseño para un óptimo desempeño de los volquetes es mínima, un 1% de resistencia puede ocasionar pérdidas de velocidad hasta de menos 10%.

En el clima económico actual, las decisiones de inversión y operación están bajo escrutinio. A la larga, este escrutinio devuelve eficiencias mejoradas y operaciones más ágiles y saludables. El enfoque de este proceso de evaluación en evolución debería y ciertamente recaerá en las operaciones de transporte, simplemente en virtud de su contribución al costo general de las operaciones, a menudo por encima del 50% del costo total de las minas a cielo abierto. *Si bien el resultado final (eficiencia mejorada y costo reducido por tonelada transportada)* no es en sí mismo problemático, es la ruta o el proceso seguido para lograr estos ahorros lo que debe manejarse con cuidado. Podemos guiarnos en este viaje por nuestra comprensión de cómo se desarrolla el diseño de una carretera y, críticamente, la interacción entre un buen diseño y un transporte seguro y rentable (Thompson, 2010, p.4).

Los pasos para el diseño estructural y geométrico de una buena vía como se muestran en la figura 9, esta información fue elaborada y presentada por (Thompson, 2010).

Defectos en el diseño de una vía

Los registros de accidentes atribuibles se analizaron más a fondo para determinar el acto o condición por debajo del estándar que condujo o estuvo implicado en cada accidente atribuible. Una vez que se identifica el agente, se identifica la acción o condición



específica implicada. Los principales factores de diseño de carreteras deficientes así determinados son, el diseño geométrico, diseño estructural, diseño funcional (Thompson, 2010, p.2).

2.4.3.1. Diseño geométrico

- Diseño de la unión: Mal diseño de la unión o señalización incorrecta o inapropiada. Mala visibilidad de o desde la unión. Uniformidad de los controles de tráfico.
- Bermas de seguridad: No hay bermas de seguridad donde la carretera discurre en un terraplén (área de relleno) o bermas demasiado pequeñas. Sin mantenimiento de bermas. Los vehículos que perdieron el control en estas secciones se salieron del camino.
- Carretera de hombros: Colisiones con vehículos (avería, etc.) estacionados al costado del camino, sin arcén o camino demasiado estrecho. Mala demarcación del equipo estacionado. Líneas de visión pobres u obstruidas temporalmente.

Run-away- frenos: Accidentes debidos a fallas en los frenos al transportar pendientes de bajada o pendientes de bajada de vehículos. Gradientes excesivos ($> 10\%$) (Thompson, 2010, p.2).

2.4.3.2. Diseño estructural

- Discordante: Mala calidad de conducción debido a la deformación permanente en la base o materiales in situ y daño reflejado en la superficie (desgaste).
- Estabilidad direccional: Grandes áreas de espesamiento y grietas por deslizamiento. Acción evasiva del vehículo al salir del carril delimitado.

2.4.3.3. Diseño funcional

- Polvo: El uso del curso de selección de material inapropiado.
- Mala visibilidad: Excesivo polvo generado por la cizalladura del viento del vehículo o debido a condiciones ventosas, especialmente de noche.

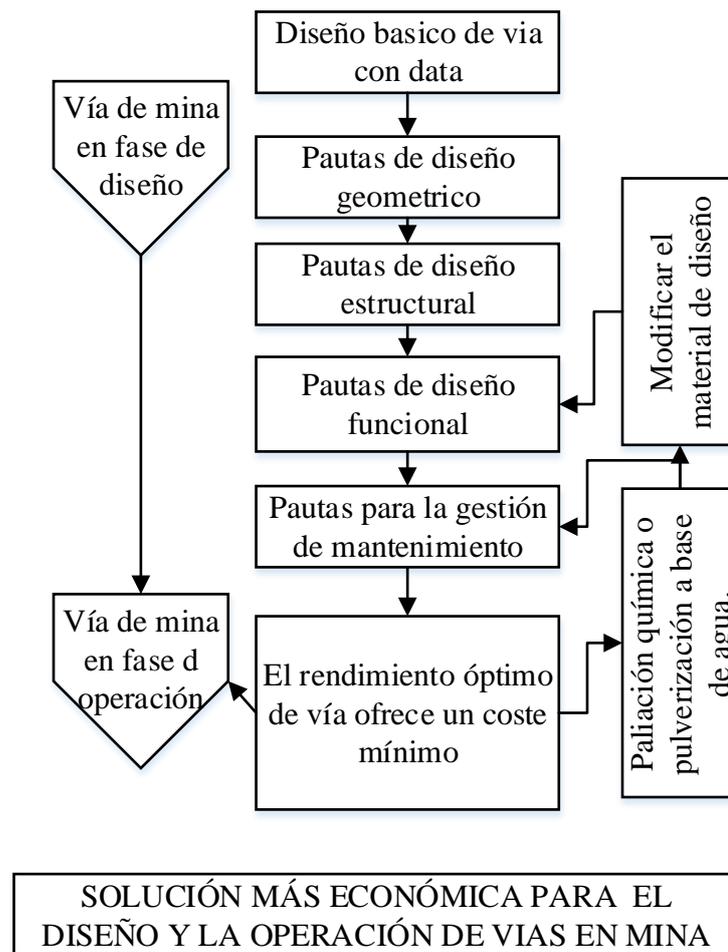


Figura N° 9: Integración típica de investigación para el diseño de vía.

Fuente: SME Annual Meeting, Phoenix, AZ.

- Resistencia al deslizamiento: Moje el material del curso de uso, ya sea después de la lluvia o riego para aliviar el polvo. En varios casos, la resistencia al deslizamiento en seco también es problemática. Material inapropiado para la ubicación geográfica de la carretera.
- Piedras grandes: LDV o vehículos utilitarios más pequeños que corren sobre grandes piedras que sobresalen del curso de uso. El derrame de camiones también es un factor causal común. Acción evasiva del vehículo al salir del carril delimitado.



2.4.3.4. Diseño geométrico

El diseño geométrico de un camino de acarreo de minas está dictado en gran medida por el método de extracción utilizado y la geometría tanto del área minera como del yacimiento. El software de planificación de minas permite considerar varias opciones geométricas de caminos de acarreo y seleccionar el diseño óptimo, tanto desde el diseño del camino como desde la perspectiva económica (costo más bajo de provisión). Si bien estas técnicas a menudo tienen valores de diseño predeterminados incrustados en el software, sin embargo, es necesario revisar los conceptos básicos del diseño geométrico si se deben considerar modificaciones en el diseño de caminos mineros, ya sea por razones económicas o, más críticamente, desde una perspectiva de seguridad (Thompson, 2010, p.4).

El diseño del camino, o la alineación, tanto horizontal como vertical, es generalmente el punto de partida del diseño geométrico. Prácticamente, a menudo es necesario comprometer entre un diseño ideal y lo que la geometría y la economía minera permitirán. Cualquier desviación de las especificaciones ideales dará como resultado reducciones en el rendimiento del equipo de carretera y transporte (Thompson, 2010, p.4).

Los datos USBM de Kaufman y Ault todavía forman una base sólida para este componente de diseño, aunque con actualizaciones de tipos y dimensiones de camiones. En términos generales, la seguridad y las buenas prácticas de ingeniería requieren que la alineación del camino de acarreo se diseñe para adaptarse a todos los tipos de vehículos que usan el camino, que operan dentro del límite de rendimiento seguro del vehículo o, cuando esto no es posible, en el límite de velocidad aplicado. Idealmente, el diseño geométrico debería permitir que los vehículos operen a su máxima velocidad segura, pero dado que se usa la misma carretera para el transporte cargado y sin carga, a menudo existe la necesidad de minimizar los tiempos de viaje cargados, a través de una alineación geométrica adecuada, mientras se acepta el compromiso (generalmente en forma de



límites de velocidad) en el recorrido de retorno sin carga. Algunos de los problemas de diseño geométrico más comunes se enumeran a continuación (Thompson, 2010, p.4);

- Evite curvas horizontales agudas en o cerca de la parte superior de una sección de pendiente de la carretera. Si es necesaria una curva horizontal, comience mucho antes de la curva vertical.
- Evite los retrocesos cuando sea posible, pero si el plan de la mina dicta su uso, haga el radio lo más grande posible y evite colocarlo en la pendiente.
- Evite curvas horizontales agudas que requieran una reducción de velocidad (adicional) luego de una bajada sostenida durante mucho tiempo donde los camiones de acarreo están normalmente a su velocidad máxima.
- Evite tangentes cortas y diferentes grados, especialmente en carreteras de varios carriles. Las calificaciones deben ser suaves y de porcentajes de calificaciones consistentes.
- Evite las intersecciones cerca de la cresta de curvas verticales o curvas horizontales afiladas. Las intersecciones deben ser lo más planas posible, teniendo en cuenta las distancias de visión en los cuatro cuadrantes. Cuando una intersección se encuentra en la parte superior de una rampa, considere 100-200m de camino nivelado antes de la intersección y evite detenerse y comenzar un camión de acarreo cargado en pendiente.
- Evite las intersecciones con mal drenaje. El diseño del drenaje en las intersecciones debe detener cualquier estancamiento de agua contra las curvas super-elevadas de la intersección.
- Evite tramos de carretera sin curvatura o caída transversal. A menudo se encuentran en la curva de súper elevación de entrada o salida, estas secciones planas deben estar preferiblemente en un grado vertical de 1-2% para ayudar al drenaje.



- Evite cruces escalonados u otros cruces de caminos múltiples. Vuelva a alinear las carreteras para proporcionar diseños transversales convencionales y en cualquier cruce, siempre proporcione divisores o islas medianas para evitar que los vehículos corten las esquinas a través de un cruce.
- Evite la señalización, la vegetación, el mobiliario en el camino o las islas divisorias excesivamente altas que de otro modo limitarían las distancias de visión en cualquiera de los cuatro cuadrantes requeridos.
- Evite tener el lado interior (y más bajo) de un camino de acceso súper elevado de banco a rampa en un gradiente más empinado que el camino de la rampa, al reducir la pendiente de la línea central de la curva. La pendiente interior de la curva no debe exceder la del camino de la rampa. Usando una espiral de transición, y donde la sala de boxes lo permita, establezca el gradiente interior de la curva más plano que la pendiente de la rampa en un 2-3% para compensar el aumento de la resistencia a la rodadura de la curva (Thompson, 2010, p.4).

2.4.3.5. Guía de Diseño estructural

El método de diseño CBR (USBM (3)) se ha aplicado ampliamente al diseño de caminos de acarreo de minas en los que se utilizan materiales no tratados. Aunque en general ha sido reemplazado por el enfoque mecanicista descrito más adelante, hay algunos casos de diseño en los que aún sería apropiado. En la Figura 11, se presenta una versión actualizada de los cuadros de diseño de USBM CBR, apropiados para las cargas de las ruedas de camiones de clase superior, junto con las capacidades de carga aproximadas de varios tipos de suelos definidos por la Clasificación Unificada de Suelos y la Asociación Estadounidense de Transporte Estatal de Carreteras Sistemas de funcionarios.

El modelo matemático Nro. 26 se puede usar para estimar el espesor de la cubierta (Z_{CBR} (m)) requerido por encima de un material de California Bearing Ratio (CBR%):

$$Z_{CBR} = \frac{9.81w}{P} [0.104 + 0.331e^{-0.00287t_w}] [2 * 10^{-5}(CBR/P)] \left[\left(\frac{CBR}{P} \right)^{-(0.415 + Px10^{-4})} \right]^w \quad .(26)$$

Donde:

CBR : California bearing ratio (Relación de soporte de california)

T_w : Carga por llanta en toneladas

P : Presión en KPa

Z_{eswl} : Esta dada por la siguiente ecuación (calculo en la ecuación 26).

$$Z_{ESWL} = Z_{CBR} + \left[0.184 + \left(0.086CBR + \frac{17.76CBR}{T_w} \right) \right]^{-1} \quad \dots(27)$$

Sin embargo, cuando se consideran caminos de varias capas junto con una capa base de roca de desecho arruinada seleccionada, es más apropiado un enfoque mecanicista. Cuando una capa de roca residual seleccionada se encuentra debajo de la pista de desgaste, el rendimiento del camino mejora significativamente, principalmente debido a la capacidad de carga de la capa de roca residual que reduce la susceptibilidad de la sub-pendiente suave e in situ a los efectos de la alta cargas por eje. También tiene la ventaja adicional de reducir los costos de construcción (en virtud de los requisitos volumétricos y de compactación reducidos), en comparación con el enfoque de diseño de cobertura CBR (Thompson, 2010, p.4).

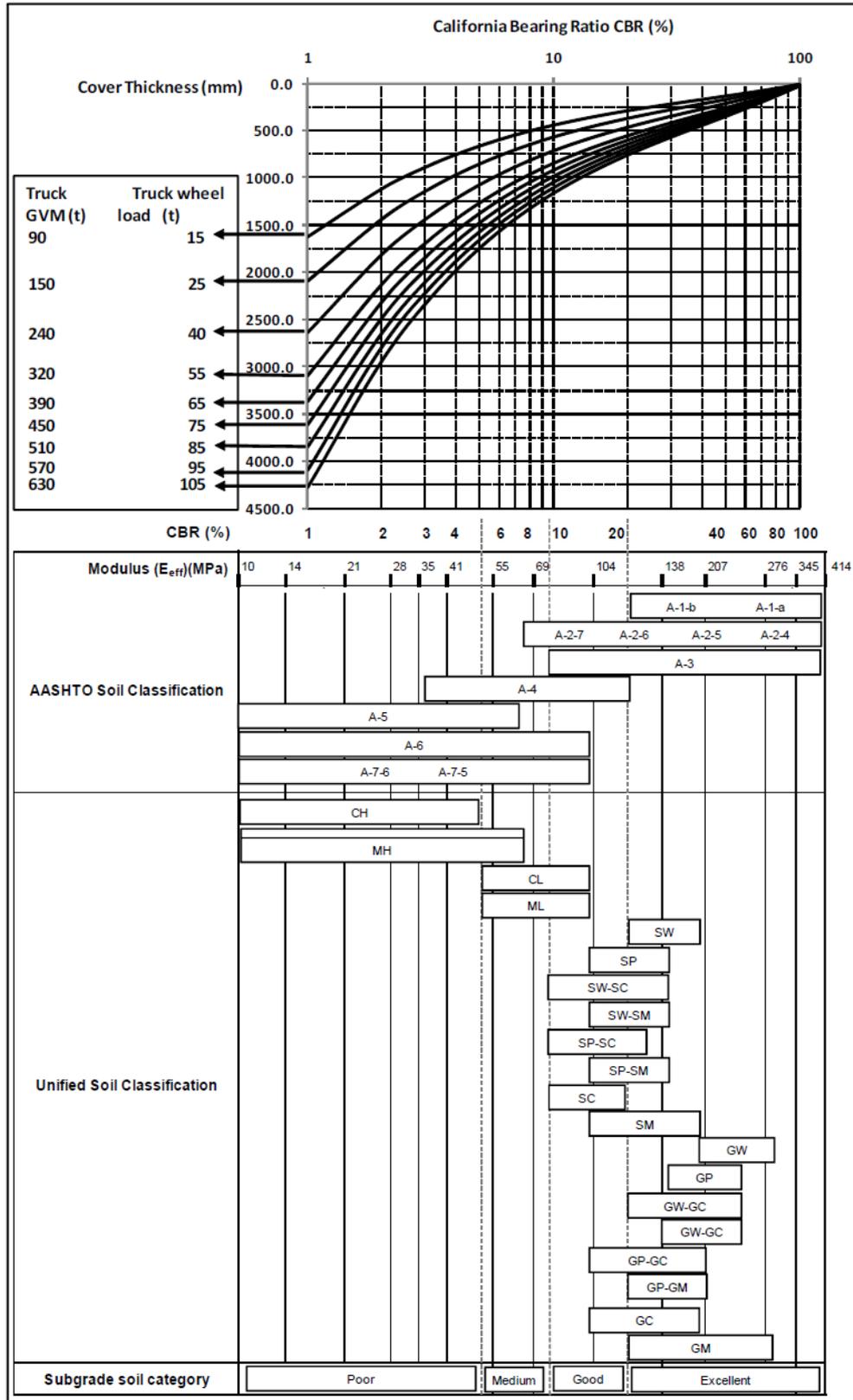


Figura N° 10: CBR Cobertura para camiones de 90-630 ton GVM y cargas aproximadas de varios tipos de suelos definido por American Association of State Highway Transportation Officials' (AASHTO) & SUCS.



2.5. RECURSOS HUMANOS

2.5.1. Teoría de Herzberg

Pacheco, (2012): “Ha quedado demostrado a través de las diversas investigaciones, que existe una fuerte relación entre empleados felices y la productividad, la mayoría de las personas aprecian cuando su supervisor se toma un tiempo para darles las gracias por un trabajo bien hecho”. (Clark, 2009,10-14). Es por ello que la teoría de la motivación trata de responder a dos cuestiones principales:

- ¿Qué condiciones son necesarias para seleccionar y preparar un grupo de trabajo? Es decir, ¿qué motiva a los miembros del grupo a permanecer en él?
- ¿Qué condiciones de trabajo son necesarias para conseguir los objetivos de productividad que exige la organización? Luego del análisis efectuado, se consideró que la Teoría de los dos factores de Herzberg era la que mejor concertaba con el enfoque que se realizó en el proyecto desempeñado, debido a que sus investigaciones se centran en el ámbito laboral. Propone que los factores intrínsecos o motivacionales están relacionados con la satisfacción en el cargo y con la naturaleza de las tareas que el individuo ejecuta (Pacheco, 2014, p.15).

Por esta razón, los factores motivacionales están bajo el control del individuo, pues se relacionan con aquello que él hace y desempeña, involucran los sentimientos relacionados con el crecimiento y desarrollo personal, el reconocimiento profesional, las necesidades de autorrealización, la mayor responsabilidad y dependen de las tareas que el individuo realiza en su trabajo, éstos estimulan el buen rendimiento. Por otro lado, “factores extrínsecos o de higiene están relacionados con la insatisfacción, pues se localizan en el ambiente que rodean a las personas y abarcan las condiciones en que desempeñan su trabajo. Estos conceptos son presentados en la tabla 03 (Pacheco, 2014, p.15).



Como esas condiciones son administradas y decididas por la empresa, los factores higiénicos están fuera del control de las personas, el salario, las circunstancias físicas y sociales del trabajo, la supervisión, la seguridad de empleo y las políticas empresariales son agentes de satisfacción, pero no de motivación. Su presencia es higiénica porque evita la aparición de insatisfacción”. (Toro, 2002, 116).

Es importante resaltar la vigencia que aún mantiene esta teoría después de más de 50 años de formulada, ejemplo de ello es un estudio realizado en Estados Unidos que hace referencia en el artículo “Does Herzberg’s motivation theory have staying power?, aplicado con cinco mil encuestas realizadas a Gerentes Generales, ejecutivos de línea y operarios de diversas compañías, gracias a ello se pudo demostrar que existen aún muchos factores motivadores analizados por Herzberg que contribuyen a la generación de ideas dentro de la organización, a su vez a un mejor desempeño teniendo un resultado óptimo en la productividad”. (Pacheco, 2014, p.15).

Tabla 3: Teoría de la motivación e higiene de Herzberg.

Motivadores	Factores de higiene	
Logro	Supervisión	
Reconocimiento	Políticas de la empresa	
El trabajo mismo	Relación con el supervisor	
Responsabilidad	Condiciones de trabajo	
Progreso	Salario	
Crecimiento	Relación con los colegas	
	Vida personal	
	Relación con los subordinados	
	Seguridad	
	Estatus	
<i>Extremadamente satisfecho</i>	<i>Neutral</i>	<i>Extremadamente insatisfecho</i>

Fuente: Adaptado por Pacheco (2012) de administración Stephen, Robbins, 8va edición, pag. 395.

CAPÍTULO III:

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CONTEXTO Y DISEÑO:

3.1.1. Alcance de la investigación.

De acuerdo a la información del marco teórico la investigación tendrá un alcance correlacional – explicativo, las razones del alcance obedecen principalmente a la perspectiva de relacionar las variables dependientes, independientes y los resultados de manera sistemática, siguiendo un flujo de jerarquía, el objetivo de la investigación es crear un sistema que integre todas las áreas de producción, el objetivo además de relacionar las variables es obtener un explicación cuantitativa de las relaciones, de esta manera obtener reglas y comportamientos directa e inversamente proporcionales.

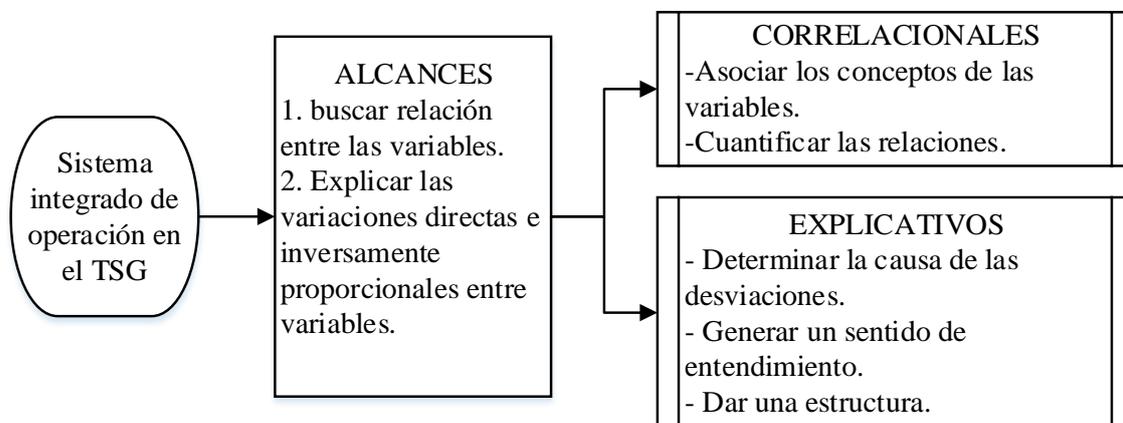


Figura N° 11: Estructura del alcance de la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

El alcance busca responder las siguientes preguntas ¿si reduzco personal directo cual será la variación de la producción?, otra pregunta que responde ¿de invertir dinero en la motivación y satisfacción de los colaboradores en cuanto mejorará la producción individual y total de la guardia?, más allá de solo medir la variación de la productividad



se busca una explicación del porqué de las variaciones, de tal forma que se podrá extrapolar e interpolar hipótesis de nuevas preguntas.

3.1.2. Formulación de la hipótesis.

Según Hernández (2014) la hipótesis está definida como la guía de investigación o estudio, que indica lo que tratamos de probar y se definen como explicaciones tentativas del fenómeno investigado, a lo que yo debo añadir que es adelantarse al resultado final para mediante una hipótesis de investigación, validar o refutar un fenómeno o caso técnico.

De acuerdo al concepto base, he planteado una hipótesis de investigación del tipo descriptivo causa, puesto que busco calcular el margen y beneficio económico de la contrata mediante la manipulación de las variables independientes y su influencia en las variables dependientes, con el segundo enunciado se buscará las razones causales del fenómeno, de esta manera podremos extrapolar reglas prácticas que busquen minimizar el costo de producción y ampliar el margen de ganancia.

3.1.2.1. Hipótesis general

Mediante la implementación del sistema integrado de producción entre operaciones mina, oficina técnica, logística, recursos humanos en el Tajo San Gerardo se incrementara el beneficio económico.

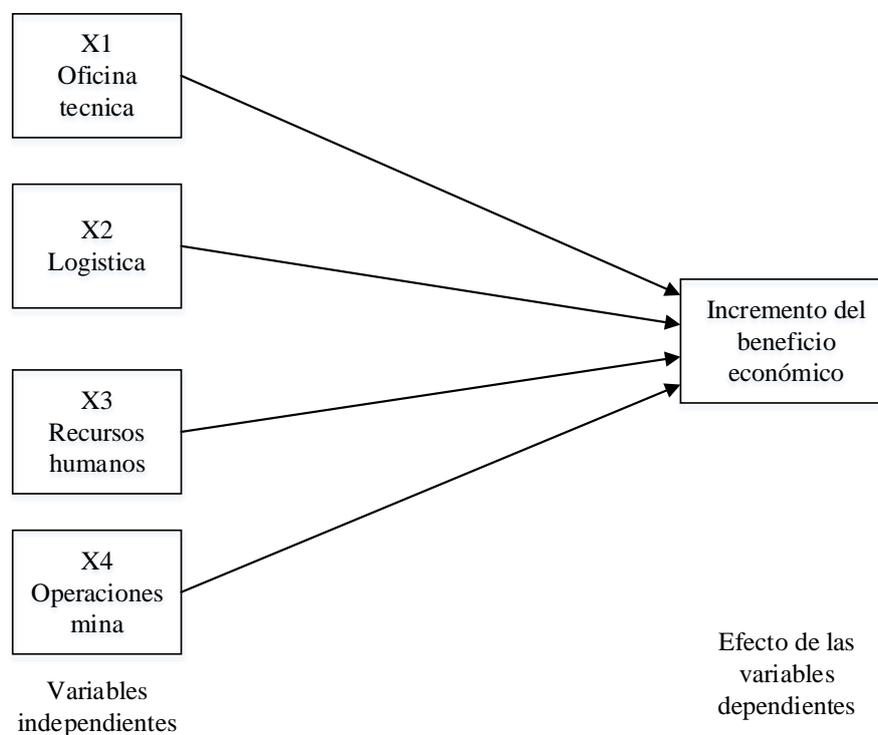
3.1.2.2. Hipótesis específicas

- Oficina técnica, si se implementa los sistemas de costeo Activity Based Cost, Ciclo PDCA y Resultado Operativo, se identificara los desperdicios económicos.
- Logística, de implementarse los algoritmos de reposición ReOrden Point & Recommeded Order Quanty se eliminara las paradas de operaciones mina por falta de requerimientos claves.

- Recursos humanos, si se mejoran las necesidades higiénicas de los colaboradores del Tajo San Gerardo se mostrara un incremento en la producción.
- Operaciones mina, de implementarse el sistema de control de tiempos por actividades se identificara las demoras operativas de los equipos del Tajo San Gerardo.

3.1.3. Diseño de la investigación.

El diseño que se utilizó en esta investigación fue del tipo correlacionar-causal complejo puesto que se abarcar modelos o estructuras complejas como se muestra en la figura 12.



*Figura N° 12: Diagrama de variables, Hernández (2014).
Fuente: elaboración propia.*

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA:

3.2.1. Población.

La población en estudio comprende los procesos productivos de: operaciones mina, almacén logístico, costos, oficina técnica, control de proyecto y productividad, mantenimiento, etc.



3.2.2. Muestra.

Las muestras se recolectaron de forma no aleatoria conforme a las variables dependientes X, en cuyo caso se espera tener repercusiones directas en las variables dependientes. Por lo que las muestras fueron tomadas en cuatro grupos los cuales son:

- Oficina técnica: (reportes de disponibilidad mecánica, movimiento de almacén, control de servicios a sub contratistas, maestro de horómetros, log de trabajos adicionales, estado de pago, contratos y sub contratos).
- Logística: (registro de movimiento de materiales de almacén)
- Recursos humanos: (reporte mensual de personal, reporte de satisfacción laboral de empleados).
- Operaciones: (reporte de producción mensual, semanal y diaria).

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIÓN DE VARIABLES:

Definición general las variables:

Variable 1 → Oficina técnica, costos y productividad: El desempeño de esta variable tiene como función principal medir y cuantificar las variaciones económicas respecto al contrato en base a los resultados del ABC System, Teoría de Deming y Resultado Operativo.

Variable 2 → Logística: La implementación de los algoritmos de reposición representa esta variable la cual debe garantizar un stock mínimo de requerimientos.

Variable 3 → Recursos humanos y administración: La motivación en los trabajadores es parte primordial de la productividad, por lo se plantea cuantificar el nivel de satisfacción extrínseca de los colaboradores del Tajo San Gerardo.

Variable 4 → Operaciones mina Esta variable representara un estudio de tiempos de los equipos auxiliares de mina, específicamente de los equipos de carguío.

3.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos para las variables consideradas en esta investigación se muestra en la tabla 04.

Tabla 4: Variables de la investigación.

VARIABLES	DIMENSIONES	INSTRUMENTOS	TÉCNICA APLICADA
X1. Oficina técnica.	Control de costos e identificación de desperdicios.	Estado de pago, maestro de horómetros, log de adicionales.	ABC System, PDCA, Balanced Scorecard.
X2. Logística.	Gestión de requerimientos.	Movimientos de almacén.	Re-order point y Recommended Quanty.
X3. Recursos humanos.	Gestión de satisfacción del personal.	Reporte mensual de personal.	Teoría de Herzberg.
X4. Operaciones Mina.	Control de tiempos e identificación de demoras.	Reporte, diario, semanal y mensual de producción.	Control de tiempos por actividades.

Fuente: Elaboración propia.

3.5. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN:

En oficina técnica se utilizara los conceptos de Activity Based Cost, Teoria de Deming y Resultado operativo, para finalmente crear un Balanced scorecard. El ABC servirá como un instrumento de medida para identificar las desviaciones, por lo que requerirá de todos los costos de las áreas de operación, seguridad, mantenimiento entre otras, administración, subcontratos, logística, entre otros. Después de tener la información se pasara a asignar cada costo a su centro de costo en base a las partidas contractuales, estos cálculos serán parte del ciclo de Deming justo en la parte de “DO”.

El ciclo de Deming inicia elaborando un presupuesto por actividades, por lo que se tomó como referencia el presupuesto del contrato. En la Parte de CHECK se pasó a comparar los costos operativos unitarios con el presupuesto contractual y se identificó las



desviaciones. Finalmente se hizo un plan de corrección de desviaciones, identificando grandes pérdidas por desperdicios.

En el área de Logística, para la implementación de los algoritmos de ROP & ROQ se tomó la data de un año, para generar estadística, se identificó la media aritmética de consumo de 2500 requerimientos, se calculó el consumo mensual y trimestral de estos. Posteriormente se hizo el cálculo de la desviación estándar y se aplicó el modelo del algoritmo, se utilizó un nivel de servicio del 75%.

En el área de Recursos humanos se hizo una encuesta para cuantificar el nivel de satisfacción en base a la teoría de los dos factores de Herzberg, luego de ellos de acuerdo al análisis y los resultados de la encuesta se experimentará induciendo a la muestra a cierto estímulo higiénico y se medirá la variación de producción en base al master.

En el área de operaciones se implementara nuevos formatos de producción que contemplen control de tiempos por actividades, para lo cual se mapeo y selecciono códigos operativos para todos los equipos auxiliares del contratista en el Tajo San Gerardo, posterior a ello se capacito a los operadores en base a la teoría de distribución de tiempos y correcto llenado del nuevo formato. Con el objetivo de controlar los tiempos de acuerdo a su distribución, tiempos efectivos, demoras operativas, demoras no operativas y tiempos muertos.

3.6. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

3.6.1. Ubicación

La compañía minera Atacocha es una mina polimetálica (cobre, zinc, plata y oro) que ha sido explotada desde 1936, la mina se divide en dos zonas de trabajo, Atacocha y Santa Bárbara, cada una de las cuales presenta distintos tipos de mineralización. Dentro de las operaciones de la - zona Atacocha- se encuentra el Tajo San Gerardo que viene desarrollándose por empresas especializadas.

La Unidad Minera (UM) Atacocha está ubicada en la sierra central del Perú, en la cordillera Occidental, muy cerca del nudo de Pasco. Localizados en la sierra central del Perú a 15 Km. al Norte - Este de Cerro de Pasco donde el principal acceso es a través de la carretera Lima - Huánuco. La mina se encuentra rodeada por el río Tingo hacia el oeste y por el Huallaga hacia el este, limitado por el norte con la comunidad minera de Cerro de Pasco. El pico más alto de la zona es el Pumaratanga, que tiene una elevación de 4560 msnm, las coordenadas UTM de su centro de gravedad son N 8'831,009 y E 367,565".

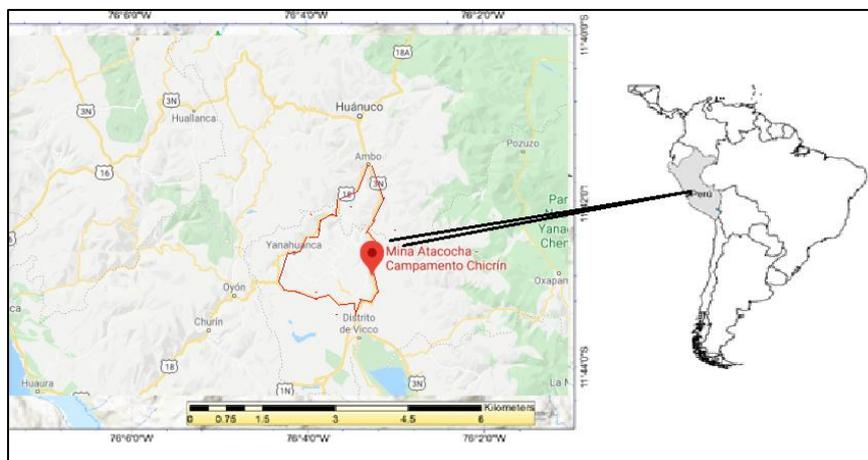


Figura N° 13: Ubicación del Tajo San Gerardo.

Fuente: Adecuado de Google Maps (2019).

El método de explotación es a cielo abierto, perforando y utilizando explosivos para extraer los minerales. Para el carguío de mineral y desmonte se cuenta con tres excavadoras y un cargador frontal, para el acarreo de mineral y desmonte se tiene a disposición ocho volquetes de 20 m³ de tolva y de tres volquetes de 15 m³ de capacidad de tolva, también se cuenta con equipos auxiliares para el mantenimiento de vías y ejecución de trabajos auxiliares a la operación de la mina.

3.6.2. Accesibilidad

La principal vía de acceso al yacimiento desde la ciudad de Lima es la Carretera Central. La ruta es Lima, Chosica, La Oroya, Junín, Colquijirca, Chicrín. Son 331 kilómetros de



recorrido, unas 8.5 horas. El acceso al tajo San Gerardo desde Chicrín es mediante una vía transitable de 7 kilómetros que abarca una cuesta de 450 metros cuyo tiempo de viaje es de 15 minutos.

3.6.3. Clima y vegetación

El clima de Atacocha es típico de la sierra peruana. Es decir, un clima de puna caracterizado por ser seco y frío durante todo el año, con precipitaciones de cuatro a cinco meses del año en forma de lluvias, granizos o nevadas. Estos se acentúan de diciembre a marzo. De junio a agosto, generalmente, las precipitaciones son mínimas. El promedio local es de 956.6 milímetros por año (Bazan, 2014, p.34).

Las temperaturas varían levemente de estación a estación, con pronunciadas permutas durante el día y la noche. Oscilan de 5 a 25 °C. La temperatura promedio anual es de 11,5 °C. El ambiente es mayormente seco, pues la humedad es relativamente baja.

La velocidad promedio de los vientos es de 2.2 kilómetros por hora y una dirección predominante nornoroeste. Estos son más violentos de junio a setiembre. Esta región posee una evaporación promedio anual de 1,556 milímetros.

3.6.4. Topografía y fisiografía

En el área de la Compañía Minera Atacocha existen hasta tres zonas morfológicas muy distintas: la superficie puna, la zona cordillerana y la zona de valles periglaciales. La topografía se caracteriza por relieves fuertemente ascendentes, que llegan hasta los 4,500 metros de altitud (Bazan, 2014, p.34).

El área presenta una morfología con relieves suaves y fuertes pendientes. Las cotas varían de 4,000 a 4,500 metros, correspondiendo a las zonas más elevadas los cerros Santa Bárbara, y el cerro Cherchere.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. OFICINA TÉCNICA, SISTEMA ABC Y CICLO DE DEMING

En esta parte de la investigación se hizo un análisis entre el costeo tradicional y el costeo basado en actividades, por lo que en el ítem 4.1.1 se desarrolló el costeo tradicional y en el ítem 4.1.2, se desarrolló el costeo ABC. Al final se llega a resultados que tienen tendencia al mismo punto pero la ventaja del ABC es que disgrega los costos e identifica desviaciones.

4.1.1. Procedimiento y resultado de costeo tradicional

4.1.1.1. Cálculo del costo de personal directo e indirecto

El Tajo San Gerardo, Pevoex cuenta con 190 personas, de los cuales, 145 personas son mano de obra directa y tienen un costo mensual de 817,945.00 soles. La planilla del personal indirecto tiene un costo de 219,820.00 soles, que es el 26.8 % del costo de mano de obra directa.

Por otro lado los costos administrativos de la oficina central de Lima suman 40,600.00 soles. El control de costos actual considera toda la mano de obra como un todo, mas no son asignados a centros de costos, tal como muestra la tabla 05.

Tabla 5: Planilla mensual de los colaboradores del Tajo San Gerardo.

Guardia o grupo	Numero de colaboradores	Acumulado mensual presupuestado S/.	Acumulado mensual Real S/.
A	48	167,800.00	243,310.00
B	47	170,900.00	247,805.00
C	51	225,400.00	326,830.00
Administrativos			
Lima	2	28,000.00	40,600.00
Administrativo obra	38	151,600.00	219,820.00
Total general	145	743,700.00	1,078,365.00

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por oficina técnica-Pevoex.

4.1.1.2. Costo valor de materiales

En obra se tiene un valor de activos de USD 233,763.38, los cuales son el stock y representan una parte de la provisión, este activo genera intereses financieros, por lo que no es recomendable almacenar más stock del necesario, hay radica la importancia de los algoritmos de reposición ROP & ROQ, desarrollados e implementados para esta investigación en el tópico 4.2, Logística y tópicos de implementación de algoritmos de reposición. La tabla 06 muestra el valor de almacén de acuerdo al área de destino, perteneciente al mes de mayo del 2018.

Tabla 6: Activos en almacén, mayo 2018.

GRUPO	VALOR USD
Aceros de perforación	\$41,917.95
Artículos de seguridad	\$19,735.65
Equipo liviano	\$891.41
Equipos de comunicación	\$3,460.42
Equipos de oficina	\$839.33
Formatos	\$2,437.59
Herramientas	\$2,102.69
Herramientas mecánicas	\$12,287.50
Hidrocarburos	\$18,355.88
Materiales de limpieza	\$259.05
Repuestos	\$130,794.33
Útiles de oficina	\$681.58
Total general	\$233,763.38

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de consumo de consumibles, haremos un histograma de los últimos 5 meses, para tener una media de consumo mensual, esto es para calcular también mediante una regresión cuadrática un proyectado para los meses venideros, por lo que se presenta un cuadro que representa el costo mensual de consumibles.

Con los resultados anteriores se empezará a hacer una regresión lineal, para provisionar y estimar los recursos, esto dependerá de otros factores como el aumento o disminución de la producción, así como de factores como el desempeño de los operadores, entre otros.

Tabla 7: Costo de consumibles, mensual.

MES	SALIDA
Enero	\$143,579.88
Febrero	\$81,357.64
Marzo	\$100,754.11
Abril	\$105,068.15
Mayo	\$61,495.80
Total	\$492,255.58

Fuente: Elaboración propia.

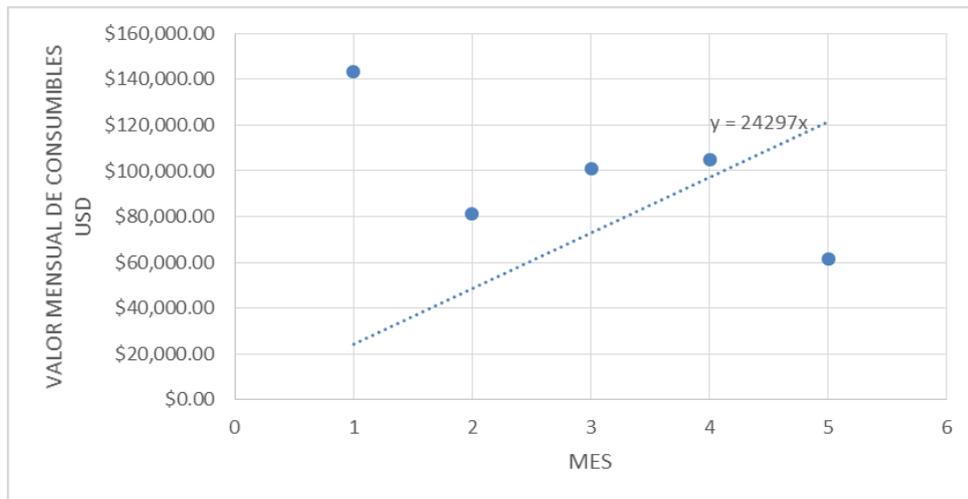


Figura N° 14: Regresión polinómica de 2do grado, pasivos de consumibles.
Fuente: Elaboración propia.

Del cual obtenemos la siguiente ecuación lineal:

$$VM = 2497 * Y \quad \dots\dots(28)$$

VM : Valor mensual (USD)

Y : Mes; $0 < y \leq 12$

4.1.1.3. Costo de mantenimiento

El costo de mantenimiento, tiene ingresos y egresos, puesto que este ítem es un costo que no tiene retorno directo sin embargo genera valor económico cuando se trata de equipos de subcontratistas, puesto que en su costo de alquiler incluye mantenimientos preventivos.



Tabla 8: Planilla de mantenimiento, acumulado por puesto.

<i>Detalle</i>	<i>Sueldo básico</i>	<i>Sueldo beneficios sociales</i>
Directo	S/57,750.00	S/83,737.50
Instructor de equipos	S/4,500.00	S/6,525.00
Llantero	S/3,700.00	S/5,365.00
Mecánico electricista	S/3,000.00	S/4,350.00
Mecánico llantero	S/1,800.00	S/2,610.00
Oficial mecánico	S/3,700.00	S/5,365.00
Técnico electromecánico	S/9,250.00	S/13,412.50
Técnico mecánico	S/28,300.00	S/41,035.00
Técnico mecánico	S/3,500.00	S/5,075.00
Indirecto	S/45,800.00	S/66,410.00
Conductor	S/7,800.00	S/11,310.00
Jefe de mantenimiento	S/19,200.00	S/27,840.00
Planeador de mantenimiento	S/9,600.00	S/13,920.00
Supervisor de mantenimiento	S/9,200.00	S/13,340.00
Total general	S/103,550.00	S/150,147.50

Fuente: Administración TSG, Pevoex.

Tabla 9: Costo mensual de mantenimiento.

<i>Descripción</i>	<i>Total USD</i>	<i>Descripción</i>	<i>Total USD</i>
Ene-18	42962.20	Abr-18	54,575.15
Cámara	418.6	Cámara	328.90
Ferretería	8.4	Filtro	4,155.78
Filtro	9717.36	Gets	7,843.89
Gets	4861.7	Guarda cámara	189.00
Guarda cámara	405	Llantas	3,920.00
Llantas	5880	Neumáticos	10,336.00
Neumáticos	14337.2	Repuestos	27,801.57
Repuestos	7333.93		
Feb-18	27142.38	May-18	20,356.50
Camara	271.8	Filtro	1,014.09
Ferretería	12.6	Gets	3,593.62
Filtro	2277.54	Llantas	1,960.00
Gets	3216.03	Neumáticos	10,889.90
Guarda cámara	130.2	Repuestos	2,898.88
Neumáticos	11856.3		
Repuestos	9377.89		
Mar-18	32152.11		
Camara	565.1		
Filtro	3374.33		
Gets	6850		
Guardacamara	431		
Neumáticosl	1692		
Repuestos	19239.66		

Fuente: Logística Tajo San Gerardo – Pevoex Contratistas.

Por lo que los costos de mantenimiento estarán agrupados en (1) mano de obra, (2) costo de repuestos mecánicos y consumibles. Por otro lado, los ingresos corresponderán al beneficio generado por el mantenimiento de los equipos de subcontratistas y equipos propios.

4.1.1.4. Energía

Los costos de energía deberían de incluir todos los tipos de costes energético utilizados en el TSG tales como energía eléctrica, energía química, pero contractualmente Pevoex se encarga de la energía diésel para el movimiento de todos sus equipos, por tal razón es imprescindible hacer el estudio del mismo y calcular los ratios de consumo unitario de cada equipo y un consumo mensual de este.

Tabla 10: Facturado de combustible diésel mensual.

Mes	Cantidad (galón)	Facturado
Enero	44,950.00	\$141,944.8
Febrero	59,631.00	\$201,382.8
Marzo	55,849.00	\$180,510.8
Abril	60,550.00	\$194,042.4
Total	220,980.00	\$717,880.6

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la tabla 10, son aquellos obtenidos de las facturas mensuales que el cliente nos proporciona, más operativamente se tiene otros resultados que difieren de los pagados, esto puede obedecer a factores como la calibración del surtidor de combustible, desperdicio al momento del compostaje, o también a factores ya encontrados anteriormente como el hurto de combustible por parte de los conductores. Por lo que se ha implementado la medición de control de ratios de consumo de combustible de cada uno de los equipos como muestra la tabla 11. El controlador de equipos verifica cada ratio de consumo e identifica anomalías.

Es importante capacitar al personal que controla el abastecimiento de combustible, puesto que ellos reportan los consumos excesivos u otras anomalías que puedan ocurrir. La tabla

11 es un estudio elaborado en base a históricos anuales, con el único fin de identificar los consumos de cada equipo, si bien es cierto el fabricante tiene estos datos, estos se vuelven relativos a condiciones de trabajo peculiares tales como, la altura, pendiente, operador, equipo con motor reparado, desgaste.

Tabla 11: Consumo de combustible línea amarilla, tajo San Gerardo.

Código Mina	Marca y modelo	Potencia HP	Unidad	Consumo real
ANR-705	Camioneta Hilux 4X4	171	km/gal	21
CF-005	Volvo L150	260	gal/hr	4.9
CF-003	Cargador Frontal 966H	317	gal/hr	5.2
CG-007	Cisterna Agua Hino FM	380	gal/hr	2.25
CC-001	Cisterna Combustible Hino FM	380	gal/hr	1.3
D1L-961	Coaster County	-	km/gal	15
D3D-965	Minibus Hiace	90	km/gal	26
EX-002	Excavadora 336D2L	280	gal/hr	8
EX-003	Excavadora 336D2L	280	gal/hr	8.5
EX-005	Excavadora 374 F	476	gal/hr	14
EX-007	Excavadora 374 DL	476	gal/hr	13.5
EX-008	Excavadora Doosan 340	247	gal/hr	8
EX-009	Martillo H. Doosan 340 (Picoton)	247	gal/hr	5.5
MO-001	Motoniveladora 140K	190	gal/hr	2.8
PE-001	Rock Drill Hidráulico Dp 1500I	360	gal/hr	9
PE-004	Rock Drill Hidráulico Flexiroc D65	425	gal/hr	13
PE-005	Rock Drill Hidráulico Dx 800	225.3	gal/hr	7
PE-007	Rock Drill Hidráulico Dx 800	225.3	gal/hr	7.5
RE-004	Retroexcavadora 420F2-Be	130	gal/hr	1.75
RE-006	Retroexcavadora JCB 3C	128	gal/hr	1.75
TR-001	Tractor Sobre Orugas Cat D6T	215	gal/hr	5.2
TR-005	Tractor Sobre Orugas Cat D8T	348	gal/hr	7

Fuente: Elaboración propia.

Se ha aplicado estadística y métodos numéricos (regresiones para ver la función y línea de tendencia ideal para cada caso).

4.1.1.5. Costo de alquiler de equipos

El Tajo San Gerardo a través de su principal contratistas Pevoex, cuenta con 12 volquetes de 15 y 20 m³, además de ello cuenta con 3 excavadoras, 374 D y 336 DL, y 10 equipos auxiliares entre, tractores, motoniveladoras, rodillos, retroexcavadoras, otros, para

garantizar una producción continua y sostenible. Por lo que todos estos equipo de acuerdo a su propietario se pueden dividir en dos grupos: (1) equipos propios y (2) equipos rentados, cada uno tiene un propio análisis para el cálculo de su mantenimiento y la utilidad que representa a la contratista, puesto que el control de la cantidad de horas mínimas es imprescindible. Hacer trabajar a un equipo las horas correctas y dividir estratégicamente su jornada de trabajo garantiza una operación sustentable y con buena salud financiera.

Por lo que se implementó un Balanced socorecard (ver figuras 22 y 38), para el control de los equipos, este es un informe rápido a los jefes de guardia, asistentes de operación y distpach, para que tomen decisiones correctas y eficientes. La tabla 12 muestra el costo de alquiler de los equipos auxiliares.

Tabla 12: Valorización subcontratos de equipos.

		USD				USD	
MES	CANT.	ACUM.	MES	CANT.	ACUM.	MES	ACUM.
MAYO	30	\$335,810.42	JULIO	25	\$339,847.70		
cargador frontal	1	\$11,700.00	cargador frontal	1	\$12,096.50		
cisterna de agua	2	\$7,999.80	cisterna de agua	3	\$11,999.70		
Excavadora	3	\$73,070.00	excavadora	3	\$83,152.40		
Motoniveladora	1	\$16,036.20	motoniveladora	1	\$17,528.90		
Perforadora	3	\$43,200.00	perforadora	3	\$46,896.00		
Retroexcavadora	1	\$10,626.00	retroexcavadora	1	\$13,517.00		
tractor de orugas	2	\$35,126.20	rodillo	1	\$5,940.00		
Volquete	17	\$138,052.22	tractor de orugas	2	\$38,526.00		
			volquete	10	\$110,191.20		
		USD				USD	
MES	CANT.	ACUM.	MES	CANT.	ACUM.	MES	ACUM.
JUNIO	38	\$374,014.69	AGOSTO	25	\$319,799.13		
cargador frontal	1	\$11,700.00	cargador frontal	1	\$13,507.00		
cisterna de agua	2	\$7,999.80	cisterna de agua	2	\$7,999.80		
Excavadora	5	\$99,742.95	excavadora	3	\$75,168.45		
Motoniveladora	1	\$15,835.60	motoniveladora	1	\$10,620.00		
Perforadora	3	\$43,200.00	perforadora	3	\$52,576.00		
retroexcavadora	2	\$13,779.50	retroexcavadora	1	\$10,304.00		
rodillo	1	\$5,940.00	rodillo	1	\$5,940.00		
tractor de orugas	2	\$34,950.00	tractor de orugas	2	\$35,598.00		
Volquete	21	\$140,866.84	volquete	11	\$108,085.88		

Fuente elaboración propia.

4.1.1.6. Resultado costeo tradicional de producción USD/Tonelada

El sistema de costeo tradicional contable, es un sistema diseñado para reportar costos con fines tributarios, a diferencia del sistema ABC que mide directamente los costos de las actividades y no las estima, facilitando la toma de decisiones gerenciales.

Por lo que el análisis de los costos basado en las actividades desarrolladas en el capítulo 4.1.2, y este debería presentarse semanalmente para la gerencia de mina y enviarse mensualmente a la gerencia de proyecto en Lima. La oportuna toma de decisiones bien informada y respaldada por cifras bien hechas puede evitar desperdicios, y mejorar actividades, La tabla 13 muestra el costeo tradicional, del tipo contable.

Tabla 13: costeo tradicional del TSG.

	May moth cost	Jun moth cost	Jul moth cost	Aug moth cost
Labor	\$44,161.03	\$44,161.03	\$44,161.03	\$44,161.03
Equipment	\$335,810.42	\$302,229.38	\$308,945.59	\$280,799.13
Operation materials & other materials	\$21,826.57	\$20,735.24	\$18,869.07	\$18,661.72
Maintendance materiales	\$20,356.51	\$18,117.29	\$19,929.02	\$21,921.92
Energy	\$194,042.40	\$184,340.28	\$180,653.47	\$172,018.82
Total cost	\$616,196.94	\$569,583.23	\$572,558.19	\$537,562.62
Trabajos auxiliares	\$121,577.98	\$112,281.81	\$134,252.26	\$130,287.00
Adicionales	\$17,674.92	\$17,568.18	\$13,300.17	\$4,439.77
Mineral BCM	24,235.19	23,786.99	24,118.27	14,978.59
Desmante BCM	62,022.76	51,022.08	61,721.05	43,459.42
Costo USD/BCM	\$5.53	\$5.88	\$4.95	\$6.89

Fuente: Elaboración propia.

Del resumen podemos analizar que cada mes hay pérdidas cuantiosas, puesto que el sobredimensionamiento de la flota y la baja disponibilidad mecánica de los equipos obliga a tener equipos buck-up (equipos listos para reemplazar a otros equipos), el costo de renta es demasiado elevado por lo que una de las soluciones es mejorar la respuesta

del área de mantenimiento y desmovilizar 2 volquetes de 15 m³, siendo así se podría ahorrar USD 10,082.0, la excavadora 374 F es muy grande para una flota de 9 volquetes, esta no requiere que un equipo tan grande, el valor de este equipo por stand by es de USD 18,000.0 al mes, La desmovilización del tractor D6T, dará un ahorro de USD 5,600.0.

Por otro lado la energía, diésel, es otro de los factores a controlar, se tiene claro que los ratios de consumo de combustible son importantes para evitar el hurto por parte de los operadores.

También tener consideración en la capacitación de los operadores puesto que el costo de repuestos y materiales de mantenimiento de los equipos es elevado, como meta para el Tajo San Gerardo es importante remediarlo y reducir esta brecha con capacitación y sobre todo llevar un control de operadores, identificando a los que constantemente comenten errores de manejo y aplicar medidas correctivas, muchas veces el factor amical evita que estas personas sean identificadas o incluso son promovidas.

Tabla 14: Costo de tonelada movida en el TSG, USD/BCM.

	May	Jun	Jul	Aug
Labor USD/tonne	0.40	0.46	0.38	0.57
Equipment rent USD/tonne	3.01	3.12	2.67	3.60
Operation Materials USD / tonne	0.20	0.21	0.16	0.24
Maintendance material USD/ tonne	0.18	0.19	0.17	0.28
Energy USD / tonne	1.74	1.90	1.56	2.21
total cost traditional USD/ bcm	5.53	5.88	4.95	6.89
Budget contract waste per BCM 3.2 KM	4.74	4.74	4.74	4.74

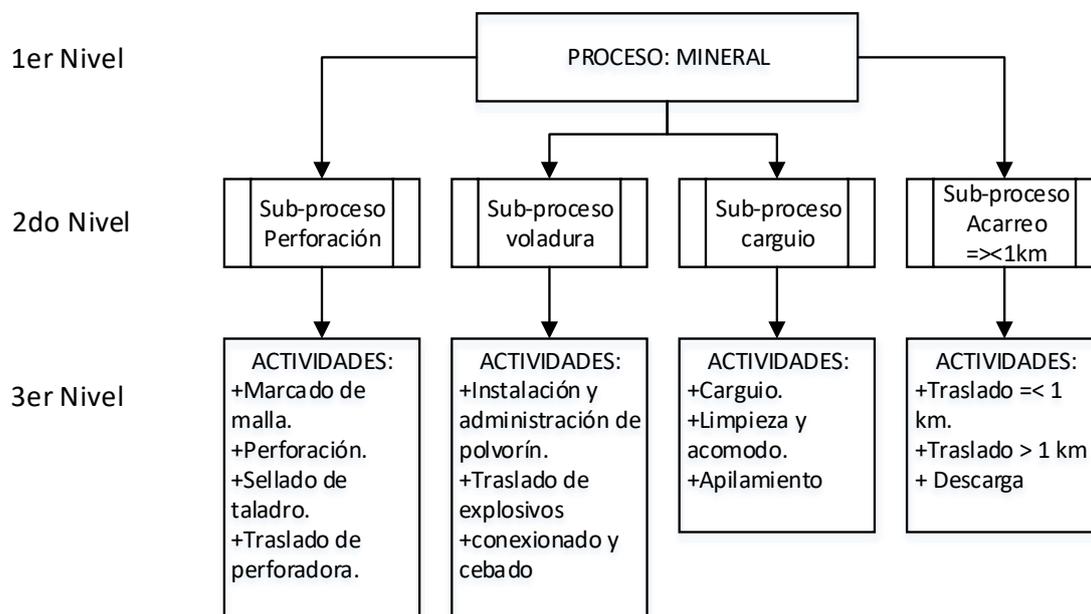
Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Implementación del ABC System y ciclo PDCA

El ABC System, el Ciclo PDCA y el Resultado Operativo, son herramientas complementarias que junto con el tablero de comando Balanced scorecard, serán los pilares fundamentales de control de proyecto del Tajo San Gerardo.

4.1.2.1. Activity based cost aplicado

El costo basado en las actividades (ABC system), es un sistema que busca asignar los costes de los productos en base a sus recursos. Por lo general en la mayoría de industrias entre ellas la minería se hace el cálculo de los costos de operación de manera global, en algunos casos se disgrega a centros de costos que son clasificados por áreas de trabajo, pero el ABC system va más allá de ello, puesto que busca cuantificar los costes en base a las actividades desarrolladas dentro del proceso de producción, teniendo jerarquías tales como proceso, sub proceso y actividades mostrados en la figura 15.



*Figura N° 15 Propuesta de diagrama de proceso, sub procesos y actividades para TSG.
Fuente: Elaboración propia.*

Un ejemplo práctico en minería sería –extracción de mineral- este proceso, está dividido en sub procesos tales como, perforación, voladura, carguío, acarreo y descarga, a su misma vez cada sub proceso contiene actividades, tomando el ejemplo de la –perforación-



dentro de este se tiene actividades tales como marcado de malla, perforación, limpieza y barrido de taladro, sellado y por ultimo medición de hoyo, ver figura 15.

Mientras más sub procesos y actividades dividamos la asignación de costos se tendrá una mayor precisión en los cálculos de los costos, por lo que mejorará el control y la identificación de desperdicios operativos. Por otro lado, es importante aclarar que este concepto puede ser complicado de llevar a la practica en megaproyectos de gran complejidad, puesto que estos tienen identificadas miles de actividades su control e identificación se vuelve muy complicada, por lo que requiere de sistemas especializados de control de proyectos y bastante personal para un control eficiente.

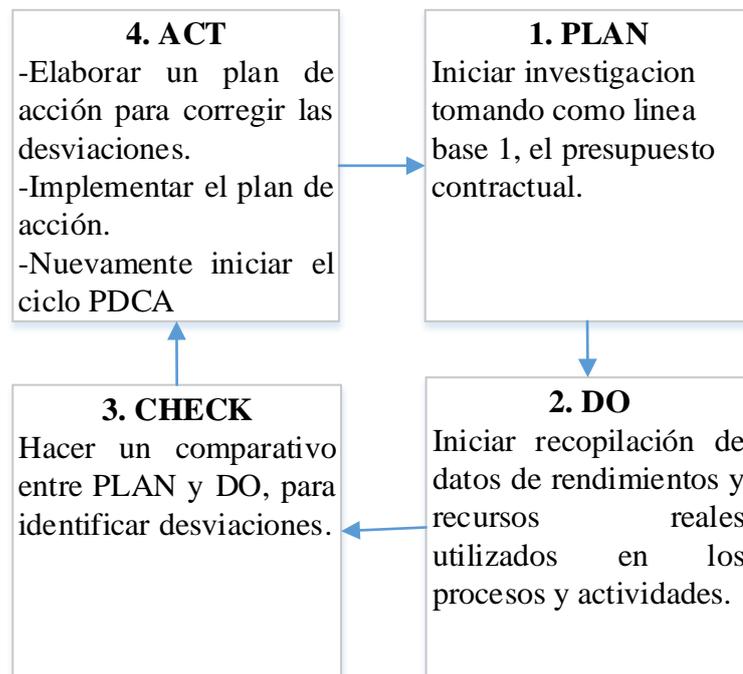
En la experiencia del tesista en megaproyectos mineros tales como By Pass Road - Quellaveco en Moquegua y la construcción de los espesadores, planta de filtros y celdas de flotación en la Expansión de Toromocho, le han llevado a ver que es mucho más sencillo llevar un control de costos en operaciones mineras de contratistas puesto que esta tiene no más de 22 procesos en la parte de extracción a diferencia de los 1236 procesos y más de 10,000 sub procesos que teníamos en la construcción de la planta concentradora en la Expansión de Toromocho. En el Tajo San Gerardo Pevoex tiene contractualmente 22 procesos por lo que se deberá un llevar un control de costos con gran precisión que deberá mejorar de manera iterativa mensualmente con por los menos en 3 niveles (proceso, sub procesos y actividades).

Finalmente, el sistema ABC apareció a principios de la década de 1980, en gran parte por la creciente insatisfacción con las formas tradicionales de asignar costos, Michael Porter fue quien inicio este sistema, pero fue Robert Kaplan, profesor de la escuela de negocios de Harvard quien lo hizo público y dio los fundamentos para su implementación mundial. Este método tiene muchos usuarios satisfechos tales como Chrysler que a principios de 1990 mediante el ABC demostró que el costo real de ciertas partes era treinta veces mayor

que el costo original estimado. Hallazgo que convenció a la compañía que debía tercerizar la fabricación de esas partes (Hindle, 2008).

4.1.2.2. Teoría de Deming ò Ciclo PDCA

Es una herramienta poderosa de mejora continua e implementación del ABC System, que de aplicarse correctamente tendrá un impacto directo en las operaciones mineras, el objetivo es optimizar los diferentes procesos dentro del TSG, ver figura 16.



*Figura N° 16: Ciclo PDCA aplicado como plan de implementación del ABC en el TSG.
Fuente: Elaboración propia.*

Se explicará el funcionamiento del ciclo PDCA que a la vez servirá como plan de implementación del ABC System, como sigue a continuación:

- PLAN, Teóricamente se refiere al presupuesto anual de gastos, por lo que este se convertirá en la línea base de esta investigación, se partirá del presupuesto contractual entre Pevoex y CMA.
- DO, Esta parte del proceso se refiere a recolectar los datos y rendimientos reales de los procesos ejecutados, se hizo un análisis de data real anual además de ello



se elaboró un registro de tiempos nuevo diario y dividido por guardia de producción.

- CHECK, En esta parte del ciclo, se hizo un comparativo entre el contractual y el costeo por actividades real, identificar las desviaciones.
- ACT, Elaborar un plan de acción para mitigar las desviaciones e implementarlo para nuevamente iniciar el ciclo PDCA.

Como se ha podido observar esta herramienta es fundamental para implementar la mejora continua dentro del negocio, la figura 16 la detalla gráficamente.

4.1.2.3. PLAN - presupuesto contractual LBI (paso1)

Para la implementación del sistema de costeos ABC, iniciaremos analizando el contrato celebrado entre Pevoex y Compañía Minera Atacocha el día 18 de diciembre del 2015.

La modalidad de contratación es a precios unitarios.

Bajo este presupuesto se iniciará el desglose de las actividades partiendo del proceso, como se observa en la tabla se tiene cuatro procesos, mas es importante incluir los costos indirectos que no están considerados en este presupuesto.

El objetivo de esta parte es conseguir los niveles de jerarquía de los procesos de manera definitiva para iniciar la primera iteración. Todos los procesos y flujos de actividades que se hicieron en la investigación se muestran en el anexo 3. La figura 17, muestra los procesos, sub-procesos y actividades de los gastos generales, las demás actividades están formadas de esa misma estructura.

Tabla 15: Itemizado del presupuesto contractual entre Pevoex y Minera Atacocha.

ITEM	DESCRIPTION	UNIT	Qty	PU (USD)	SUB TOTAL (USD)
A	ACTIVIDADES GENERALES				305,045.2
A.1.1	Movilización	glb	1	9,299.7	9,299.7
A.1.2	Desmovilización	glb	1	23,178.8	23,178.8
A.1.3	Trazo y replanteo	mes	19	7,441.4	141,387.4
A.1.4	Instalaciones provisionales	mes	19	6,904.2	131,179.4
B	MINERAL				1,939,456.5
B.2.1	Perforación - mineral	bcm	594,643	0.5	309,273.8
B.2.2	Voladura - mineral	bcm	594,643	0.1	56,150.3
B.2.3	Carguío - mineral	bcm	594,643	0.7	412,059.8
B.2.4	Acarreo - mineral < 1km	bcm- km	594,643	1.5	866,518.9
B.2.5	Transporte de mineral > 1km	bcm- km	297,321	1.0	295,453.8
C	DESMONTE				9,076,792.3
C.3.1	Perforación - desmonte	bcm	3,323,866	0.5	1,728,742.9
C.3.2	Voladura - desmonte	bcm	3,323,866	0.1	313,862.5
C.3.3	Carguío - desmonte	bcm	3,323,866	0.5	1,789,260.7
C.3.4	Transporte desmonte < 1km	bcm- km	3,323,866	1.2	3,987,485.5
C.3.5	Transporte desmonte > 1km	bcm- km	1,661,933	0.8	1,257,440.7
D	SERVICIOS AUXILIARES				3,729,900.7
D.4.1	Servicios aux. - mano de obra	m3	3,918,509	0.3	1,179,100.2
D.4.2	Servicios aux. - equipos	mes	19	134,252.7	2,550,800.4
GG.1	GENERAL EXPENSES				2,444,453.0
GG.01	Personal indirecto	mes	19	83,952.3	1,595,093.1
GG.02	Materiales e insumos	mes	19	10,624.5	201,865.5
GG.03	E. medico impuestos y seguros	mes	19	2,475.0	47,025.0
GG.04	Comunicación	mes	19	3,972.8	75,483.2
GG.05	Equipos y herramientas	mes	19	25,155.9	477,961.2
GG.06	Campamentos, oficinas, servicios temporales de obra	mes	19	2,475.0	47,025.0

Fuente: Contratos Pevoex contratistas SAC.

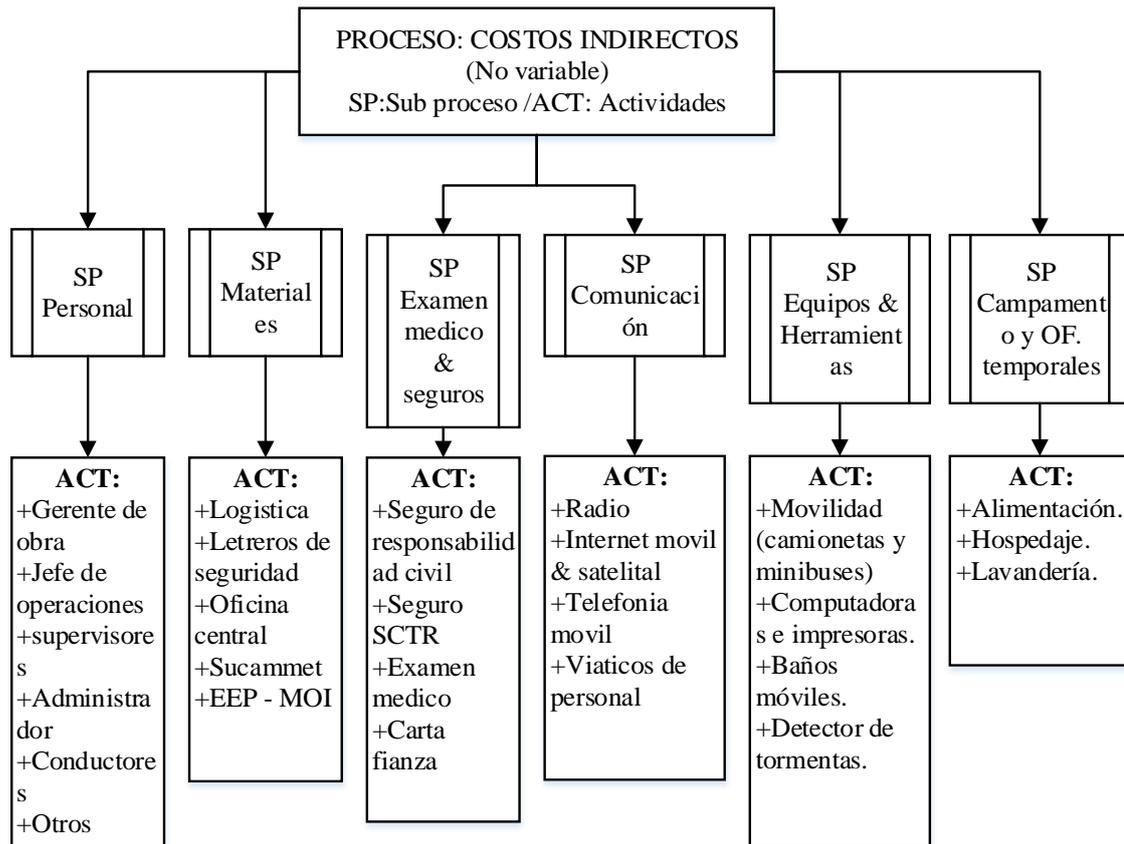


Figura N° 17: Procesos y actividades de los gastos generales del TSG.
Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2.4. DO – Costos de producción por actividades (paso 2)

Para la elaboración de la línea base 2, en referencia a los costos reales mensuales tomaremos como campo de muestra el periodo mayo - julio 2018. Donde analizaremos mensualmente las desviaciones.

En la elaboración de los costos operativos por actividades se ha utilizado diferentes técnicas, registros y reportes. Las actividades de producción a su vez se han subdividido en tres costos de producción, (1) mano de obra, (2) equipos y (3) materiales, los cuales hacen un comparativo realmente exacto y posteriormente podrán comparar de manera efectiva las desviaciones.

Para la elaboración de los costos de producción por actividades se ha requerido de los siguientes nueve items:

1. Valorización conciliada (ventas).



2. Contrato vigente.
3. Maestro de horómetros.
4. Reporte mensual y diario de producción.
5. Log de trabajos adicionales.
6. Reporte mensual de personal y planillas.
7. Todos los costos y movimientos de almacén.
8. Tarifas de equipos propios de proveer y subcontratos de equipos y proveedores.
9. Todos los subcontratos.

Con todos los anteriores documentos y reportes se ha podido elaborar un análisis de costos unitarios de producción, en referencia a las tarifas contractuales y tomando como base el paso 1 (El presupuesto o Plan) del ciclo PDCA mostrado en la figura 16. Se recomienda utilizar al presupuesto como línea base 1, esta recomendación es para contratistas mineros y de construcción puesto que en las ventas se ven representadas estos lineamientos.

En la elaboración de los Costos Unitarios de Producción (CUP) se utilizó microprocesos del ciclo PDCA en la elaboración de las tarifas reales, tales como las horas hombre de la mano de obra directa, también de las horas máquina de los equipos y materiales, este sub proceso indica la primeras medidas de desviación.

El anexo 4, muestra los costos unitarios de producción de acuerdo a las actividades de venta, es importante aclarar una vez más, que el típico error de los contratistas mineros es llevar un control de costos de forma contable o imitando el costeo de compañías mineras, puesto que los costos de producción unitarios están directamente relacionados a las ventas, y debe de hacerse una comparación y medición de desviaciones a través de sub-procesos (ver anexo 3).

Como se muestra en la figura 18, una compañía minera tiene 8 procesos de producción, los cuales son tercerizados o ejecutados por ellos, Pevoex contratistas únicamente tiene alcance en los primeros tres procesos, los cuales se sub-dividen en 16 actividades, las cuales representan las ventas a precios unitarios.



Figura N° 18: Proceso minero metalúrgico

Fuente: Sociedad Minera el Brocal.

4.1.2.5. CHECK – identificación de desviaciones (paso 3)

En esta etapa del ciclo PDCA se comparó el plan contractual y la línea base 2 elaborada bajo recursos y rendimientos reales, se ha identificado todas las desviaciones del presupuesto inicial encontrando que el presupuesto no contempla personal que actualmente lleva trabajando en obra, por otro lado, existe un sobredimensionamiento de flota en equipos de línea amarilla y línea blanca, con tarifas horarias que sobrepasan el presupuesto, esto es solo un resumen de las desviaciones identificadas, la tabla 16 muestra las desviaciones actuales en referencia al contrato.

El análisis dio como resultado un margen de ganancia de -4%, cuyo beneficio indica que se ha perdido en el mes de julio 47,112 dólares, donde las principales desviaciones se muestran en las partidas de actividades generales y partida de desmonte, básicamente obedece al sobre dimensionamiento de cuadrillas de topografía y el bajo rendimiento de



la excavadora y los volquetes en el acarreo de desmonte, este ítem será ampliamente desarrollado posteriormente por actividades. Mas es importante aclarar que Pevoex ha venido reportando importantes pérdidas a lo largo de su contrato más esta no ha acabado con la empresa por una razón, puesto que Pevoex tiene importantes activos (excavadoras, perforadoras, volquetes, etc.) en el Tajo San Gerardo que han mantenido a flote el contrato, revirtiendo las pérdidas a utilidades con un margen económico del 10% que representa un beneficio de 80,243 dólares. El objetivo de gerencia debe ser optimizar recursos de acuerdo a las partidas. El resultado obtenido está claramente explicado en la tabla 16 o en su versión ampliada mostrada en el Anexo 4. La sugerencia inicial para este ítem deber ser reducir personal en el área de topografía, renegociar tarifas con los proveedores de equipos de línea amarilla y línea blanca y cambiar a equipos que dispongan de mayor disponibilidad mecánica.

Análisis de tarifas contractuales de mano de obra y equipos

Para iniciar el análisis de costos por el método ABC system, como primera etapa se debe calcular los costos actuales de los equipos, y compararlos con los costos contractuales para medir las desviaciones, pero es importante aclarar que el presupuesto siempre debe de tener un margen de ganancia que de una holgura para posibles contingencias, un ejemplo de esto es el costo de un conductor de volquete, un promedio en la industria es de 9 – 11 dólares por hora, más el costo real en proyecto no sobre pasa los 6 dólares por hora, dando un margen de 3 dólares los cuales pueden podrían representar un beneficio o un margen para futuras contingencias, más en el análisis de costos indirectos el contractual es de 8.01 dólares y el costo real actual es de 8.47, lo cual representa pérdidas con un margen del -5%, en este caso me lleva a indicar que el presupuesto inicial no ha sido elaborado correctamente en algunas partidas.

En el análisis comparativo de equipos, mostrado en la tabla 17, se aprecia un sobre costo en todas las tarifas de los equipos que, a mi experiencia propia en los casos de las luminarias y volquetes de 15m³ tienen un precio muy por encima del mercado, por otro lado, puedo afirmar que los costos del presupuesto están muy por debajo de lo real, sugiero renegociar precios y tarifas con los proveedores para reducir costes.

Tabla 16: Balanced scorecard del costo basado en actividades del TSG.

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	VENTA [USD]	COSTO UNIT. PRODUCCION [USD]	MARGEN DE GANANCIA
A	ACTIVIDADES GENERALES			14,345.62	24,950.29	-43%
A.1.3	Trazo y replanteo	mes	1.00	7,441.44	13,531.20	-45%
A.1.4	Instalaciones provisionales	mes	1.00	6,904.18	11,419.09	-40%
B	MINERAL			95,770.38	91,076.14	5%
B.2.1	Perforación - mineral	bcm	30,043.40	15,625.57	23,925.49	-35%
B.2.2	Voladura - mineral	bcm	30,043.40	2,836.91	2,164.56	31%
B.2.3	Carguío para transporte - mineral	bcm	30,043.40	20,818.68	23,500.69	-11%
B.2.4	Acarreo - mineral < 1km	bcm-km	30,043.40	43,779.51	30,621.82	43%
B.2.5	Transporte de mineral > 1km	bcm-km	12,790.06	12,709.72	10,863.58	17%
C	DESMONTE			344,058.91	408,733.84	-16%
C.3.1	Perforación - desmonte	bcm	86,932.69	45,213.69	69,159.79	-35%
C.3.2	Voladura - desmonte	bcm	86,932.69	8,208.79	6,810.01	21%
C.3.3	Carguío para transporte - desmonte	bcm	86,932.69	46,796.48	66,452.68	-30%
C.3.4	Transporte de desmonte < 1km	bcm-km	86,932.69	104,289.04	135,569.46	-23%
C.3.5	Transporte de desmonte > 1km	bcm-km	184,441.55	139,550.92	130,741.91	7%
D	SERVICIOS AUXILIARES			169,451.38	168,447.19	1%
D.4.1	Servicios auxiliares - mano de obra	m3	116,976.09	35,198.73	35,473.67	-1%
D.4.2	Servicios auxiliares - equipos	mes	1.00	134,252.65	132,973.52	1%
GG.1	GASTOS GENERALES			128,655.42	88,928.48	45%
	UTILIDAD			52,384.61	52,384.61	
	COSTO DIRECTO			623,626.30	693,207.46	-10%
	ACTIVOS			115,942.50	-	
	TOTAL				840,365.37	-4%
	BALANCE FICTICIO			920,608.82	840,365.37	10%

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, Pevoex posee muchos activos dentro del tajo san Gerardo que de alguna forma dan holgura en el balance mensual de producción.

Considerar para la tabla 16 que la distancia conciliada para mineral del centro de gravedad del TSG Fase 2 al Ore pass 2 es de 1.2 kilómetros, para el mineral el conciliado del centro de gravedad del TSG Fase 2 al centro de gravedad del botadero es de 3.2 km.

Por otro lado el balance de personal muestra grandes desviaciones en las partidas de actividades generales, voladura y perforación, los costos de personal son muy elevados en referencia a la línea base 1, tanto en cantidad de personal como en los sueldos de las personas, se debe hacer una reducción de personal en estas áreas para reducir costes y mejorar el rendimiento - hombre hora.

Tabla 17: Comparativo de tarifas contractuales vs costos reales de equipos.

Equipo	Und.	H.Min	D2 Gl/hr	PU Real	P.U Contrato	▲	Proveedor
Excavadora 336	HM	150	7.5	78.1	81.5	\$ 3.43	Yarusyacan
Excavadora 375	HM	400	12.5	133.1	121.5	\$ -11.61	Ferreyros
Exc + Picotón	HM	180	7.5	92.6	126.5	\$ 33.93	Yarusyacan
Tractor D8T	HM	400	7	93.6	99.6	\$ 6.01	Pevoex
Tractor D6T	HM	560	4.5	83.1	86.5	\$ 3.43	Pevoex
Rodillo 10 ton	HM	150	2.5	31.6	33.1	\$ 1.46	Pevoex
Retroexcavadora	HM	150	1.75	33.6	24.8	\$ -8.77	SK Rental
Motoniv.140K	HM	150	2.2	70.6	50.8	\$ -19.84	Yarusyacan
Perforadora DX800	HM	150	6.2	161.6	155.9	\$ -5.67	Pevoex
Perforadora DP1500	HM	150	7.5	186.6	169.2	\$ -17.42	Pevoex
Perforadora PR	HM	150	7	161.6	169.2	\$ 7.58	Pevoex
Volquete 15m3	HM	400	3.2	30.6	49.6	\$ 18.97	Ameco
Volquete 20m3	HM	180	2.8	34.6	41.4	\$ 6.82	Yarusyacan
Cisterna de agua	DÍA	30	1.5	191.6	190.4	\$ -1.22	HVGroup
Cis. de combustible	DÍA	30	1.5	191.6	240.4	\$ 48.78	HVGroup
Cargador CAT 996	HM	150	5	61.6	80.0	\$ 18.39	Pevoex
Luminarias	HM	2700	0.5	3.6	5.7	\$ 2.13	Yarusyacan

Fuente: Elaboración propia.

Se tiene un excedente de 3 cadistas y 3 asistentes de topografía. De la misma forma existen 4 almaceneros no contemplados en el presupuesto. Se debe de reducir personal y optimizar el rendimiento de los colaboradores. La Tabla 18 muestra las desviaciones de

todo el personal directo, el cual debería ser motivo de análisis para tomar una decisión de reducción de personal.

Tabla 18: Comparativo de tarifas contractuales vs costos actuales de personal.

Cargo	CONTRATO				REAL		
	Und	Qty	PU	Sub total	Qty	PU	PU real
Jefe de topografía	mes	1	1,881.5	1,881.5	1	1,771.5	2,015.7
Cadista	mes	1	1,685.1	1,685.1	4	1,771.5	2,015.7
Asistente de topografía	mes	2	1,433.5	2,150.3	4	907.9	1,152.1
Almacenero	mes	2	1,848.3	2,150.3	6	1,022.3	1,266.5
Supervisor de campo	hh	3	2,212.0	6,706.7	3	2,288.2	13.8
Manipulador de explosivos	hh	6	1,602.0	9,526.2	8	1,212.4	8.4
Operador de perforadora	hh	6	1,846.0	11,302.5	6	1,889.6	11.8
Ayudante (vigía)	hh	4	1,244.0	5,137.4	4	631.1	5.5
Ayudante de perforación	hh	5	1,244.0	6,347.2	3	900.5	6.9
Ayudante de voladura	hh	3	1,244.0	3,698.7	4	841.5	6.6
Ayudantes	hh	22	1,244.0	26,792.2	19	729.6	6.0
Operador de excavadora	hh	8	1,602.0	13,231.6	6	1,380.3	9.3
Operador de volquete	hh	42	1,602.0	67,374.9	55	1,216.7	8.5
Operadores	hh	21	1,602.0	34,511.5	16	1,251.1	8.6
Mantenimiento directo	hh	-	-	-	18	1,091.2	

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de venta y CUP de la partida de actividades generales.

En esta partida de acuerdo a la figura 19, se puede apreciar que los costos de material y equipos no tienen una desviación considerable respecto al presupuesto, pero lo alarmante viene a ser la desviación en la mano de obra en ambas partidas, trazo y replanteo e instalaciones provisionales.

En ambas partidas se tiene un margen de pérdida de -45% y -40% ver tabla 16, resulta alarmante por lo que es de suma importancia optimizar los recursos de mano de obra de ambas partidas, el ABC System permite identificar que estas pérdidas obedecen a la mano

de obra, claramente se observa que se tiene un sobredimensionamiento de personal, para corregir las desviaciones se debe empezar por analizar la tabla 16.

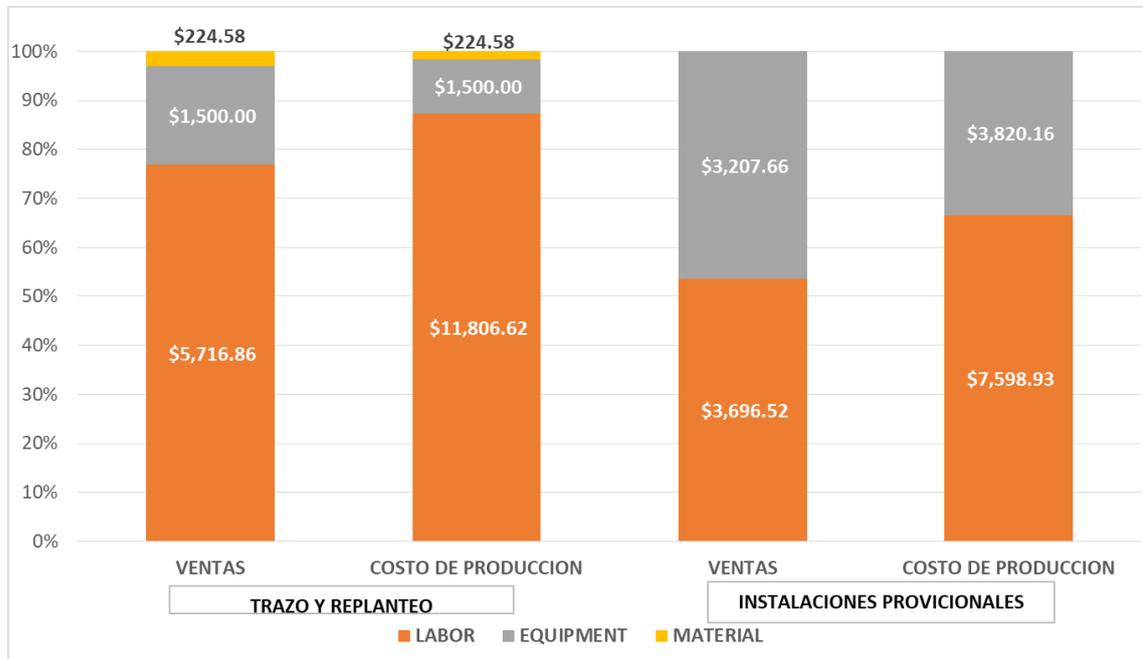


Figura N° 19 Costo de producción vs venta, partida actividades generales.

Fuente: elaboración propia.

Análisis de venta y CP de la partida de movimiento de tierras - mineral

En el análisis de la partida de movimiento de tierras para mineral se observa claramente que existen importantes desviaciones en las partidas de perforación y voladura. En la partida de perforación no se ha considerado los aceros de perforación en el presupuesto – línea base 1, originando que este costo resulte ser un vacío económico que no podrá ser reconocido, además de ello la tarifa de perforadora está muy por debajo de la media comercial. En la partida de voladura no se ha considerado la camioneta de transporte de explosivos, este también representa una pérdida económica puesto que el cliente no reconocerá este gasto.

El carguío también tiene serias desviaciones, la principal es que no se consideró el costo del tractor D6T para el apilamiento y control de pisos, este coste no es valorizado en los servicios auxiliares, además de ello debería de castigarse el rendimiento o agregar una

sub partida de perfilado de talud, el cual representa un costo no considerado en el presupuesto, en resumen, las principales desviaciones son las siguientes:

- No se consideró el coste de nivelación de piso de banco – carguío mineral.
- No se consideró el coste de perfilado de talud – carguío mineral.
- No se consideró aceros de perforación – perforación mineral.

Análisis de venta y CP de la partida de movimiento de tierras – desmante

En esta partida se tiene pérdidas en Perforación, carguío y transporte de material mayor a 1 km. Existen serias desviaciones que representan un margen de -18%, registrando pérdidas en las partidas de perforación, carguío y transporte menor a 1 km, por lo que a continuación hare las siguientes observaciones:

- No se consideró los aceros de perforación en el presupuesto inicial en la partida de perforación – desmante.
- En la partida de carguío de desmante hay una desviación con un margen negativo del 31%, obedece principalmente a un bajo rendimiento del carguío.

Análisis de venta y CP de la partida de servicios auxiliares.

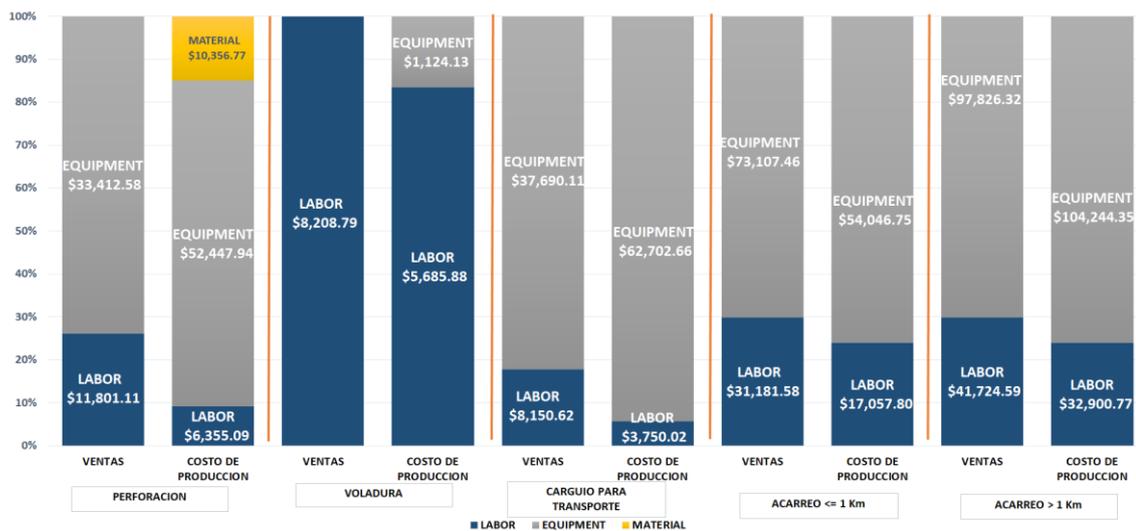
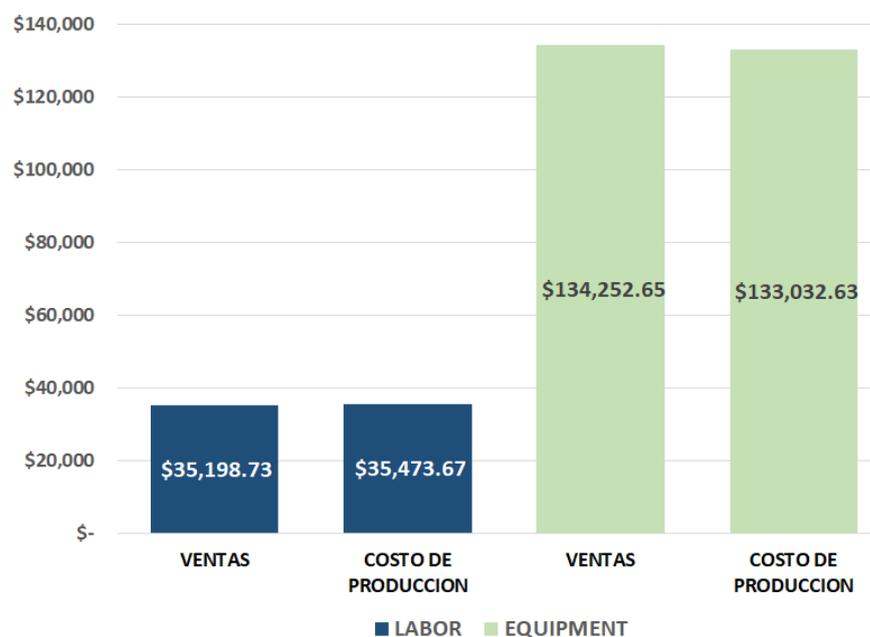


Figura N° 20: Venta vs costo de producción de movimiento de tierras – desmante.

Fuente: Elaboración propia.

En la partida de servicios auxiliares es importante resaltar que la unidad de valorización de la partida de servicios auxiliares – mano de obra, es conveniente para el contratista, generalmente en otros contratos diferentes al del TSG esta partida es cobrada mediante tiempo y materiales, mas contractualmente en el TSG se cobra por bcm (suma se la partida de carguío de mineral y desmonte), Por lo que genera un beneficio de USD 17,727.00, con un margen económico del 101%.

En la partida de servicios auxiliares-equipos se pueden ver que hay un margen económico del +-1%, el beneficio es de USD 1,220.00.



*Figura N° 21 Venta vs costo de producción de servicios auxiliares.
Fuente: Elaboración propia.*

Análisis de venta y costo de producción de la partida de gastos generales.

En general esta partida representa un beneficio de USD 39,726, con un margen del 45%, esta partida representa una gran entrada para Pevoex, esta información se muestra ampliamente en el anexo 3.

4.1.2.6. ACT- plan de acción (paso 4)

De acuerdo al Balanced scorecard, se tiene importantes desviaciones por lo que para generar utilidades deberá de corregirse dichas desviaciones negativas tanto en costos



directos e indirectos, por lo que expondré las medidas correctivas a implementarse, considerando que este es un primer plan de mejora en el segundo ciclo deberemos de optimizar y reducir costos en las actividades.

En actividades generales partida de trazo y replanteo, deberá de recortarse personal empezando por liquidar 3 cadistas 2 asistentes de topografía, el sustento radica en que debería de haber únicamente 1 cadista y este debería de relevarse con el jefe de topografía, de la misma manera los asistentes de topografía no deben de pasar de 2, incluso sugeriría que debería de ser 1 que ayude en las labores de oficina y levantamiento en campo.

En actividades generales partida de instalaciones provisionales, deberá de reducirse el número de almaceneros, actualmente en planilla se tiene 6 almaceneros mas no hay una optimización de recursos en esta área, la configuración optima deberá seguirse bajo los lineamientos de la tabla 19, esto incluye que los almaceneros deben de estar capacitados de llevar el control de combustible y lanzar las respectivas alertas en caso de consumos irregulares.

Tabla 19: Propuesta optima de roles de labor (roster) de personal de almacén.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Almacenero 1	Trabajo	Trabajo	Libre
Almacenero 2	Trabajo	Libre	Trabajo
Almacenero 3	Libre	Trabajo	Trabajo

Fuente: Elaboración propia.

En la partida de perforación en mineral, no se ha considerado los aceros por lo que este costo de acuerdo a contrato no podrá ser valorizado, mas como medida de control se deberá de desmovilizar una de las tres perforadoras, de esta manera se evitará pagar horas mínimas, por otro lado, se deberá mejorar el rendimiento de la perforación por bank cubic meters (bcm).

En la partida de carguío de mineral inicialmente se ha omitido dos importantes actividades las cuales son perfilado de talud y nivelación de piso de banco, costos que

según contrato no aplicarían a una compensación o adenda, más la única medida correctiva que propongo es mejorar el rendimiento del carguío, por lo que se debe hacer una investigación para mejorar técnicamente esta deficiencia.

Los gastos generales representan un ingreso cuantioso para la operación, pero es importante que se lleve un mejor control de esta partida, por lo que hay personal que no está en el presupuesto, tal como se muestra en la tabla 20, hay muchos costos que de acuerdo a contrato no aplican a una adenda, más los puestos de monitor SIG e ingeniero de perforación y voladura, pueden aplicar a una compensación como adicional o adenda del contrato.

Tabla 20: Personal indirecto no considerado en los gastos generales.

Cargo	Qty	Σ sueldo	Sueldo promedio
Asistente de laboratorio	1	0	0.0
Asistente de Perforación y voladura	1	2,800	1,240.1
Asistente de planeamiento	1	1,800	797.2
Asistente del SIG	2	5,300	2,347.3
Azafata	1	1,000	442.9
Ingeniero de Perforación y voladura	1	4,500	1,993.0
Monitor de seguridad	3	6,900	3,055.9
Planeador de mantenimiento	1	3,200	1,417.2
Supervisor de mantenimiento	2	6,200	2,745.9
Supervisor de planeamiento	1	6,500	2,878.7
Supervisor mecánico	1	0	0.0
	Σ 15	38,200	16,918.1

Fuente: elaboración propia.

1. Por lo demás debe de liquidarse personal como muestra la tabla 20 las responsabilidades de estos puestos deberán de pasar al jefe inmediato, caso contrario negociar con el cliente el reconocimiento de estos costos como un adicional o adenda.

2. Deberá de re negociarse las tarifas de equipos de línea amarilla y línea blanca de los proveedores de la figura 22, puesto que representan un precio elevado en referencia lo del mercado.

TIPO CONTRACTUAL	UND	H.MIN	P.U / USD TERCEROS	USD/HORA COMBUSTIBL E	COSTO REAL	P.U / USD CONTRACTUAL	▲ Beneficio	SUB- CONTRATISTA
Excavadora 336	HM	150.0 hrs	\$ 66.50	\$ 20.25	\$ 86.75	\$ 81.54	↓\$ -5.21	Yarusyacan
Tractor D6T	H-M	560.0 hrs	\$ 71.50	\$ 12.15	\$ 83.65	\$ 86.54	↑\$ 2.89	Yarusyacan
Retroexcavadora	H-M	150.0 hrs	\$ 22.00	\$ 4.73	\$ 26.73	\$ 24.85	↓\$ -1.88	SK Rental
Motoniveladora CAT 1	H-M	150.0 hrs	\$ 59.00	\$ 5.94	\$ 64.94	\$ 50.77	↓\$ -14.17	Yarusyacan
Camion volquete 20m:	H-M	180.0 hrs	\$ 25.00	\$ 7.56	\$ 32.56	\$ 33.42	↑\$ 0.86	Yarusyacan
Luminarias	H-M	2700.0 hrs	\$ 2.40	\$ 1.35	\$ 3.75	\$ 5.69	↑\$ 1.94	Yarusyacan

Figura N° 22 Interfaz del sistema de tarifas de equipo pesado.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Comparativo de costeo tradicional vs ABC System

El sistema de costeo tradicional diverge del sistema de costeo por actividades, la principal ventaja del ABC sobre el costeo tradicional es que se tiene un disgregado de los costos por actividad y procesos.

Tabla 21: Costeo tipo contable tradicional.

	May moth cost	Jun moth cost	Jul moth cost	Aug moth cost
Labor	\$44,161.03	\$44,161.03	\$44,161.03	\$44,161.03
Equipment	\$335,810.42	\$302,229.38	\$308,945.59	\$280,799.13
Operation materials & other materials	\$21,826.57	\$20,735.24	\$18,869.07	\$18,661.72
Maintendance materiales	\$20,356.51	\$18,117.29	\$19,929.02	\$21,921.92
Energy	\$194,042.40	\$184,340.28	\$180,653.47	\$172,018.82
Total cost	\$616,196.94	\$569,583.23	\$572,558.19	\$537,562.62
Trabajos auxiliares	\$121,577.98	\$112,281.81	\$134,252.26	\$130,287.00
Adicionales	\$17,674.92	\$17,568.18	\$13,300.17	\$4,439.77
Mineral BCM	24,235.19	23,786.99	24,118.27	14,978.59
Desmante BCM	62,022.76	51,022.08	61,721.05	43,459.42
Costo USD/BCM	\$5.53	\$5.88	\$4.95	\$6.89

Fuente: Pevoex Contratistas



Tabla 22: Costo de tonelada movida en el TSG, USD/BCM

	May	Jun	Jul	Aug
Labor USD/tonne	0.40	0.46	0.38	0.57
Equipment rent USD/tonne	3.01	3.12	2.67	3.60
Operation Materials USD / tonne	0.20	0.21	0.16	0.24
Maintendance material USD/ tonne	0.18	0.19	0.17	0.28
Energía USD / tonne	1.74	1.90	1.56	2.21
total cost per bank cubic meter waste	5.53	5.88	4.95	6.89
ABC Mineral	2.55	2.85	2.74	2.54
ABC Desmonte	4.69	4.28	4.09	4.59
Budget contract waste / mineral	2.96	2.96	2.96	2.96
per BCM 3.2 KM / desmonte	4.01	4.01	4.01	4.01

Fuente: Elaboración propia

La tabla 22 muestra el comparativo entre el cálculo de costes tradicional contable vs el cálculo de costes mediante el ABC system.

4.2. LOGÍSTICA, ALGORITMOS DE REPOSICIÓN ROP & ROQ

La logística de Pevoex en el Tajo San Gerardo no tiene un sistema eficiente de control de stocks mínimos, como muestra la figura 23.

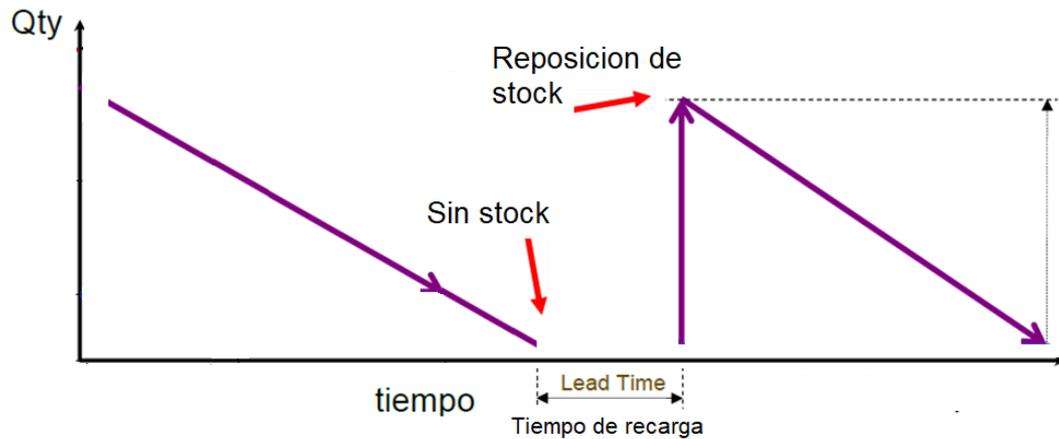


Figura N° 23: Cadena de suministro actual en el TSG.

Fuente: Elaboración propia.

El problema radica en que la orden de reposición generalmente inicia después agotar el stock de los requerimientos de almacén esto origina paradas en las operaciones, otro problema es que se lleva un inventario que no muestra alertas para iniciar los requerimientos de manera oportuna, ocasionando los siguientes problemas:

1. Que el 95.5% de los requerimientos enviados a la central de Lima sean enviados con orden de RQ –muy urgentes-, puesto que, al no tener alertas de desabastecimiento ni planificación, los requerimientos son solicitados de acuerdo a solicitud de las áreas afectadas.
2. Al ser un requerimiento escaso en el mercado, las órdenes de compra y el tiempo de entrega no se adecuen a la demanda del RQ, ocasionando en reiteradas ocasiones la paralización de trabajos en el Tajo San Gerardo, hasta por dos días, eso implica pérdidas de 8 mil dólares por guardia (20 horas del tiempo disponible).

3. Generar desorden y lentificar los procesos de compra de la sede central de Lima, por lo que cuando orden es enviada con orden RQ – normal-, esta no es considerada en el tiempo que implica el requerimiento.

4.2.1. Calculo de stocks mínimo en base a la muestra

La base de datos de almacén consta de 3539 artículos registrados, la tabla 23 muestra un resumen por áreas, el valor de almacén es de US\$ 236,946.28 dólares, no es recomendable tener mucho capital invertido en un stock, puesto que esto representa un capital muerto para la empresa.

Tabla 23: Valor de almacén en el mes de agosto 2018.

<u>AREAS</u>	<u>UNIDADES</u>	<u>VALOR US\$</u>
Aceros de perforación	49	\$24,347.63
Artículos de seguridad	479	\$17,553.87
Equipo liviano	16	\$891.41
Equipo pesado	13	\$0.00
Equipos de comunicación	148	\$1,947.77
Equipos de oficina	136	\$2,026.98
Formatos	76	\$3,195.22
Herramientas	158	\$3,397.87
Herramientas mecánicas	770	\$26,338.67
Hidrocarburos	45	\$18,482.56
Materiales de limpieza	24	\$238.17
Perforadoras	7	\$0.00
Repuestos	1486	\$137,130.71
Útiles de oficina	132	\$1,395.43
TOTAL GENERAL	3539	\$236,946.28

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la interfaz utilizada para el control de ingreso y salida de elementos de almacén, contempla columnas como, detalle, precio unitario, stock, entre otros como muestra la figura 24. La idea central de hacer que cada uno de los 3539 detalles tenga un punto de recarga y una cantidad de recarga, por lo que en esta parte de la investigación es importante solucionar el desabastecimiento de requerimientos que amenacen con

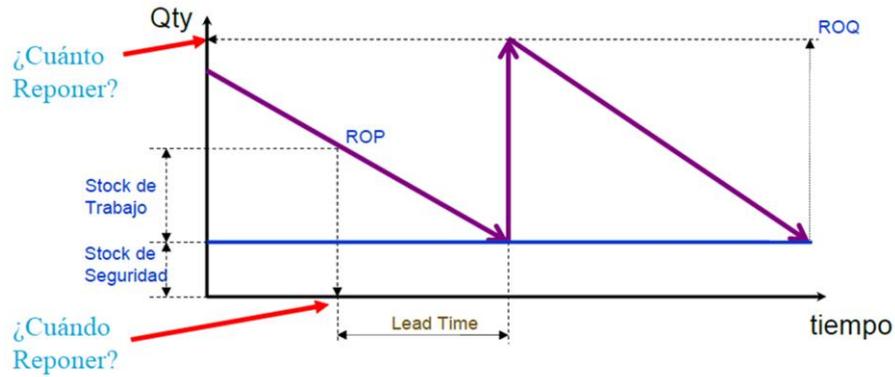


Figura N° 26: Implementación de los algoritmos de reposición.
Fuente: Elaboración propia.

Calculo del Re-order Point, El punto de reposición está definido como el stock de trabajo, adicionalmente a esto tiene un stock de seguridad.

$$ROP = \left(FU * \frac{LT}{30.42} \right) + (K * MAD) \quad \dots\dots(29)$$

Donde:

FU : Consumo promedio

LT : Tiempo de reposición expresado en días (tiempo de transito interno + tiempo del proveedor + tiempo de transportes)

K : Constante que depende del nivel de servicio deseado

30.42: Numero promedio de días por mes.

Calculo de la desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum |x - \bar{x}|^2}{n}} \quad \dots\dots(30)$$

X : Variables

X : Promedio aritmético

N : Numero de términos

σ : Desviación estándar



Tabla 24: Nivel de servicio / factor K

Nivel de servicio en %		Desviación Estándar		Valor de
Desde	Hasta	σ		K
50.00	57.89	0.10	1.25	0.13
57.90	61.59	0.20	1.25	0.38
61.60	65.49	0.30	1.25	0.50
65.49	68.99	0.40	1.25	0.63
68.99	72.39	0.50	1.25	0.75
72.39	75.59	0.60	1.25	0.88
75.59	78.79	0.70	1.25	1.00
78.79	81.49	0.80	1.25	1.13
81.49	83.99	0.90	1.25	1.25
83.99	86.39	1.00	1.25	1.38
86.39	88.49	1.10	1.25	1.50
88.49	90.29	1.20	1.25	1.63
90.29	97.89	1.30	1.25	1.75
97.89	93.29	1.40	1.25	1.88
93.29	94.49	1.50	1.25	2.00
94.49	95.49	1.60	1.25	2.13
95.49	96.39	1.70	1.25	2.25
96.39	97.09	1.80	1.25	2.38
97.09	97.69	1.90	1.25	2.50
97.69	98.19	2.00	1.25	2.63
98.19	98.59	2.10	1.25	2.75
98.99	98.99	2.20	1.25	2.88
99.17	99.17	2.30	1.25	3.00
99.37	99.37	2.40	1.25	3.13
99.52	99.52	2.50	1.25	3.25
99.64	99.64	2.60	1.25	3.38
99.74	99.74	2.70	1.25	3.50
99.81	99.81	2.80	1.25	3.63
99.86	99.86	2.90	1.25	3.75
99.90	99.90	3.00	1.25	3.88
99.93	99.93	3.10	1.25	3.88
99.95	99.95	3.20	1.25	4.00
99.97	99.97	3.30	1.25	4.13
		3.40	1.25	4.38
		3.40	1.25	5.00

Fuente: Modificado de ISO 9001 (2015)

Calculo del Recommend order quantity:

$$ROQ = AMU * \frac{LT}{30.42} \dots\dots(31)$$

Donde:

AMU : Consumo promedio mensual.

LT : Tiempo de reposición en días.

30.42 : Promedio de días por mes.

Valores de K están mostrados en la tabla 24.

Los requerimientos deben de clasificarse de acuerdo al maestro de la tabla 25.

Tabla 25: Maestro de materiales.

TIPO	ESPECIFICACIÓN	PARÁMETROS DE TIEMPO
A	alta rotación	Repuestos y partes con una estadística de consumo definida. Brocas, pernos, faros, cinturón de seguridad
B	consumibles	Elementos que cambias por uso, nivel de gasto definido mensual (grasas, gases, llantas, etc) Son los elementos que son necesarios tenerlos en stock, porque pueden paran tu proceso. Rodillos, turbos, obedecen un plan de mantenimiento y se necesita un stock de seguridad
C	críticos y de seguridad	Son necesarios de mantener en operación, pues en el momento que fallan pueden parar el proceso ejm. (stock de seguridad)
D	de seguridad	

Fuente: Elaboración propia.

Tiempo de respuesta, es el tiempo total desde que se hace el requerimiento hasta que llega a almacén, estos parámetros son mostrados en la tabla 26.

Tabla 26: Tiempo de respuesta - lead time.

Status	Plazo de atención
Normal	8 días útiles.
Urgente	3 días útiles.
Maquina Parada	
Muy urgente	1 día útil.

Fuente: Elaboración propia.

Interfaz que integra el ROP y ROQ, en el control de stock de materiales, esto ha llevado un complejo estudio de cada uno de los 3539 elementos de almacén.

PEVOEX	DETALLE	UNIDAD	P. MENS	STOCK MINIMO	LEAD TIME (DIAS)	ROP	ROQ	STOCK	CONDICION
ACEROS DE PERFORACION									
BARRAS									
	BARRAS MF T-51 DE 12 PIES (SANDVIK)	PZA	04	04	07	04	01	0	AGOTADO
	BARRAS MF T-51 DE 12 PIES (MARCA ROBIT)	PZA	02	04	07	03	01	04	EN STOCK
	BARRAS MF T-51 DE 14 PIES	PZA	01	01	07	01	0	05	EN STOCK
	BARRA GT 60 DP 1500i 7610-1143-70 DE 14 P	PZA	03	05	07	03	01	07	EN STOCK
	BARRA MF GT60 X 14 PIES (ROBIT)	PZA	-	0	07	-	-	0	AGOTADO
	BROCA		-	0	07	-	-		AGOTADO
	BROCA NORMAL T-51 DE 4" (MITSUBISHI)	PZA	05	08	30	10	05	04	HACER PEDIDO
	BROCA NORMAL T-51 DE 4 1/2" (MITSUBISHI)	PZA	02	03	07	02	0	0	AGOTADO
	BROCA NORMAL T51 DE 5" 51MP127R23M (MITSUBI	BROCA N	03	03	30	05	02	06	EN STOCK
	BROCA NORMAL GT60 DE 4" DP1500i 7620-1902-S	PZA	-	0	07	-	-	0	AGOTADO
	BROCA RETRACTIL T-51 DE 5" (MARCA ROBIT)	PZA	01	01	07	01	0	0	AGOTADO
	BROCA RETRACTIL GT60 DE 4" (SANDVIK)	PZA	-	0	07	-	-	0	AGOTADO
	BROCA RETRACTIL GT60 DE 4" (ROBIT)	PZA	04	04	07	04	01	06	EN STOCK
	BROCA RETRACTIL T-45 DE 5" ESPARTANA (PARA PRU	PZA	-	0	07	-	-	0	AGOTADO
	BROCA NORMAL T-51 DE 4" ESPARTANA (PARA PRU	PZA	-	0	07	-	-	0	AGOTADO

Figura N° 27: Interfaz que integra el ROP & ROQ en el control de almacén.

Fuente: Elaboración propia.

4.3. RECURSOS HUMANOS, TEORÍA DE HERZBERG

4.3.1. Justificación, satisfacción laboral del personal directo y supervisores de campo

Medir el rendimiento de la mano de obra se ha vuelto extremadamente relevante, puesto que los sistemas de gestión de calidad han implementado las buenas prácticas laborales y se ha demostrado que un empleado feliz es más productivo, más existen varias teorías que explican y miden la satisfacción y el compromiso de los trabajadores para con su empresa. Se tiene la teoría de Maslow, más en la presente investigación se ha elegido la teoría de las dos variables de Herzberg, (1) este propone los factores intrínsecos o motivacionales, relacionados a la satisfacción en el cargo y con las responsabilidades del empleado, también se caracteriza por estar bajo el control del empleado. (2) por otro lado se tiene los factores extrínsecos o de higiene, los cuales están relacionados con la satisfacción y el entorno del trabajo, tales como, supervisión, subordinados, sueldo, ambiente laboral entre otros, otra de su característica es que esta fuera de los alcances del empleado, depende del empleador, mostrado en la figura 27.

Tabla 27: Teoría de los dos factores de Herzberg.

Motivadores	Factores de higiene
Logro	Supervisión
Reconocimiento	Políticas de la empresa
El trabajo mismo	Relación con el supervisor
Responsabilidad	Condiciones de trabajo
Progreso	Salario
Crecimiento	Relación con los colegas
	Vida personal
	Relación con los subordinados
	Seguridad
	Estatus

Extremadamente satisfecho Neutral Extremadamente insatisfecho
Fuente: Adaptado por Pacheco (2012) de administración Stephen, Robbins, 8va edición, pag. 395.

Pevoex Contratistas cuenta con 190 trabajadores en el Tajo San Gerardo dentro de los cuales 139 son del tipo personal directo tales como, operadores de equipos pesados, personal de piso, vigías, ayudantes. También en el universo se consideró personal del tipo directo, seis supervisores de campo, puesto que tienen relación directa con la producción. El universo es de 145 personas las cuales han llenado una encuesta bajo la teoría de los dos factores de Herzberg y para cuantificar sus factores se utilizó los parámetros de Likert, mostrado en la tabla 28.

Tabla 28: Nivel de respuesta de la encuesta, escala de Likert

Nivel de respuesta		
1	TD	Totalmente en acuerdo
2	D	En desacuerdo
3	NAD	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4	A	De acuerdo
5	TA	Totalmente de acuerdo

Fuente: Saco (1999). Comunicación, motivación y liderazgo.

4.3.2. Procedimiento y objetivo de medición

En primer lugar se elaboraron 30 afirmaciones para analizar el nivel de satisfacción de los colaboradores: salario, condiciones de trabajo, desarrollo personal o crecimiento, relación con los pares, identificación con la compañía, todas ellas basadas en la Teoría de los dos Factores de Herzberg; fueron presentadas y evaluadas por recursos humanos y superintendencia de operaciones.

Finalmente, se eligieron 10 afirmaciones mostrados en la tabla 29, cuyas respuestas apoyarían el objetivo de medición que consistía en hallar qué factores reflejan la mayor incidencia negativa y poder efectuar medidas correctivas, estas afirmaciones fueron entregadas a 145 colaboradores, principalmente operadores de equipos pesados, vigías, personal de piso y supervisores.

El cuestionario (ver figura 29) de preguntas fue distribuido entre los 145 colaboradores de las guardias A, B y C, mediante sus supervisores, e implementado en el SIG semestralmente.

Tabla 29: Preguntas según teoría de Herzberg para cuestionario.

	PREGUNTAS	SEGÚN HERZBERG	
		FACTOR	CLASIFICACIÓN
1	¿Se siente identificado con la empresa?	Higiene	Políticas de la empresa
2	¿El tiempo de trabajo diario le es suficiente para terminar sus tareas?	Higiene	Supervisión
3	¿Las oficinas y baños se encuentran siempre limpios y ordenados?	Higiene	Condiciones de trabajo
4	¿Cuenta siempre con el apoyo de su grupo de trabajo?	Higiene	Relación con los colegas
5	¿Su jefe sabe reconocer sus esfuerzos y aportes?	Higiene	Relación con el supervisor
6	¿Busca maneras de poder mejorar su desempeño en la empresa?	Motivadores	Progreso
7	¿Siente que la empresa reconoce el trabajo bien hecho?	Motivadores	Reconocimiento
8	¿Está conforme con su salario?	Higiene	Salario
9	¿Siente que hay igualdad entre todos los trabajadores de la empresa?	Higiene	Supervisión
10	¿Trabaja con la confianza de no sufrir algún accidente?	Higiene	seguridad

Fuente: elaboración propia

4.3.3. Resultados de tendencias negativas

Los resultados indican que el contratista tiene buenas prácticas laborales, puesto que el personal mostro elevados índices de satisfacción, superiores al 70%. Mas es importante resaltar que hay una considerable tendencia negativa en dos factores (preguntas 1 y 4), las muestras se tomaron en la semana 32 del 2018 (7 de agosto) en la guardia B, teniendo una producción media semanal de 5852 ton guardia, de acuerdo a la figura 30.

- El porcentaje más alto es 15.9 % y hace referencia a la afirmación N° 1, con lo que manifiestan que uno de los factores que más afecta a los operarios es del factor extrínseco – higiénico, donde indica una tendencia negativa del 15.9%, en resumen, 23 personas indican que no se sienten identificadas por la empresa.

- En segundo lugar la afirmación 4 con una tendencia negativa del 13.8%, muestra que 20 colaboradores sienten que no hay trabajo en equipo, esta pregunta según su caracterización tiene una relación directa con la afirmación 5.

Tabla 30: Resultados de tendencias generales y negativas.

Qty	PREGUNTA	TD	D	NAD	A	TA	Tendencia negativa
1	¿Se siente identificado con la empresa?	0.0%	15.9%	9.7%	56.6%	17.9%	15.9%
2	¿El tiempo de trabajo diario le es suficiente para terminar sus tareas?	0.0%	0.7%	4.1%	56.6%	38.6%	0.7%
3	¿Las oficinas y baños se encuentran siempre limpios y ordenados?	0.7%	3.5%	11.1%	60.4%	24.3%	4.2%
4	¿Cuenta siempre con el apoyo de su grupo de trabajo?	0.0%	13.8%	6.9%	61.4%	17.9%	13.8%
5	¿Su jefe sabe reconocer sus esfuerzos y aportes?	2.8%	2.8%	6.9%	61.4%	26.2%	5.5%
6	¿Busca maneras de poder mejorar su desempeño en la empresa?	0.0%	1.4%	3.4%	53.8%	41.4%	1.4%
7	¿Siente que la empresa reconoce el trabajo bien hecho?	0.0%	1.4%	9.7%	59.0%	29.9%	1.4%
8	¿Está conforme con su salario?	0.0%	0.7%	8.3%	50.0%	41.0%	0.7%
9	¿Siente que hay igualdad entre todos los trabajadores de la empresa?	1.4%	3.4%	9.0%	50.3%	35.9%	4.8%
10	¿Trabaja con la confianza de no sufrir algún accidente?	0.7%	2.1%	4.1%	44.8%	48.3%	2.8%

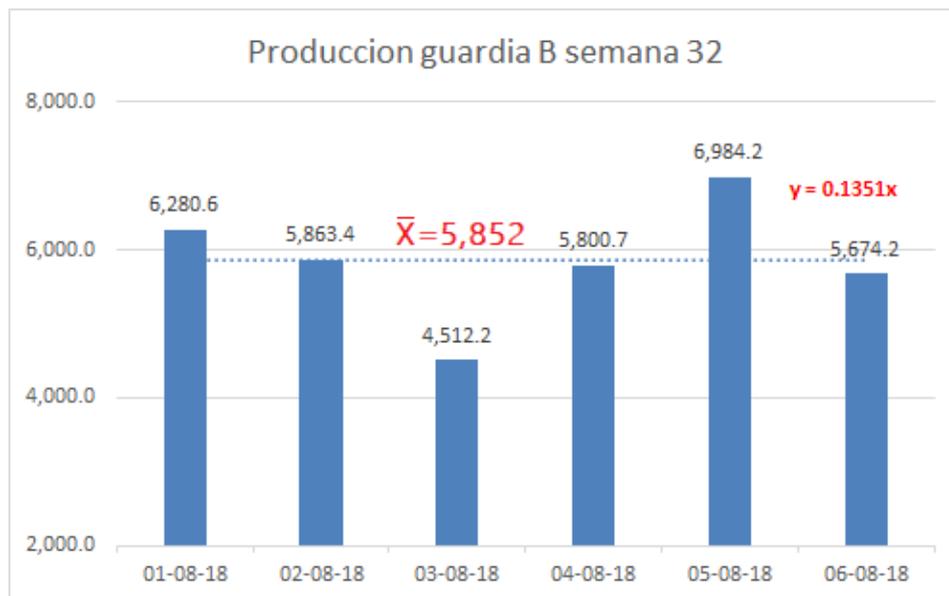
Fuente: Elaboración propia.



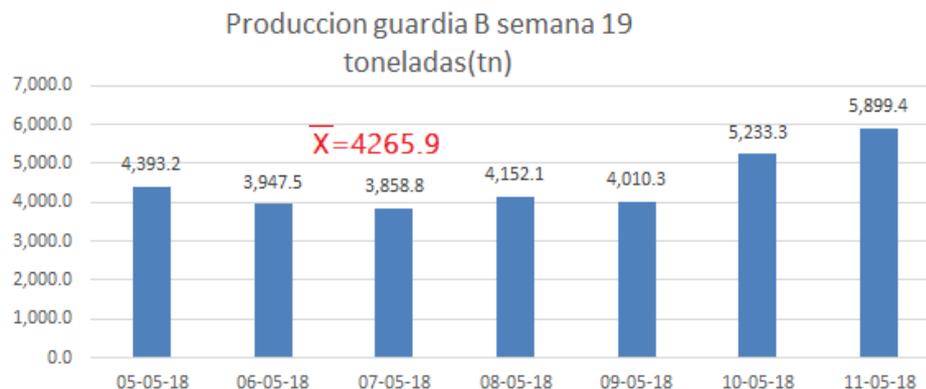
Figura N° 28 Resultados gráficos, factor de Herzberg en el TSG
Fuente: Elaboración propia.

4.3.4. Muestra en producción

Al mismo tiempo de las encuestas se ha medido la producción de la guardia B en toneladas movidas de mineral y desmonte (ver figura 29 y 30), cuantificada la producción en la semanas 19 y 32 y bajo las siguientes condiciones: turno noche, 6 días de muestreo, se ha medido una producción media de guardia de 4265 toneladas en la semana 19 y 5852 toneladas en la semana 32, el experimento consistirá en cuantificar la variación de la producción, induciendo a la guardia B a un estímulo de factor extrínseco – higiénico.



*Figura N° 29: Producción en condiciones normales semana 32 (toneladas).
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura N° 30: Producción en condiciones normales semana 19 (toneladas).
Fuente: Elaboración propia.*

4.3.5. Experimento, estimulación a factor extrínseco en la muestra

El experimento partió del planteamiento del problema específico: ¿En cuánto mejoraría la producción de mejorar las necesidades higiénicas de los colaboradores?, por lo que se indujo a la guardia B a los factores extrínsecos. De acuerdo a la encuesta desarrollada 24 colaboradores sienten que no se identifican con la contratista y 20 de ellos sienten que no trabajan en equipo, por lo que se ha tomado las siguientes medidas correctivas.

- Se ha hecho un taller de motivación y liderazgo orientado a mejorar las perspectivas de los colaboradores hacia Pevoex, dirigido por el superintendente de operaciones de Nexa y por el gerente de operaciones de Pevoex (ver anexo 4).
- Con el fin de reducir la tendencia negativas de la pregunta cuatro, ¿Cuenta siempre con el apoyo de su grupo de trabajo?, se organizó un partido de futbol junto con una comida preparada por los propios colaboradores, en los días 11 de mayo y 7 de agosto (ver anexo 6).

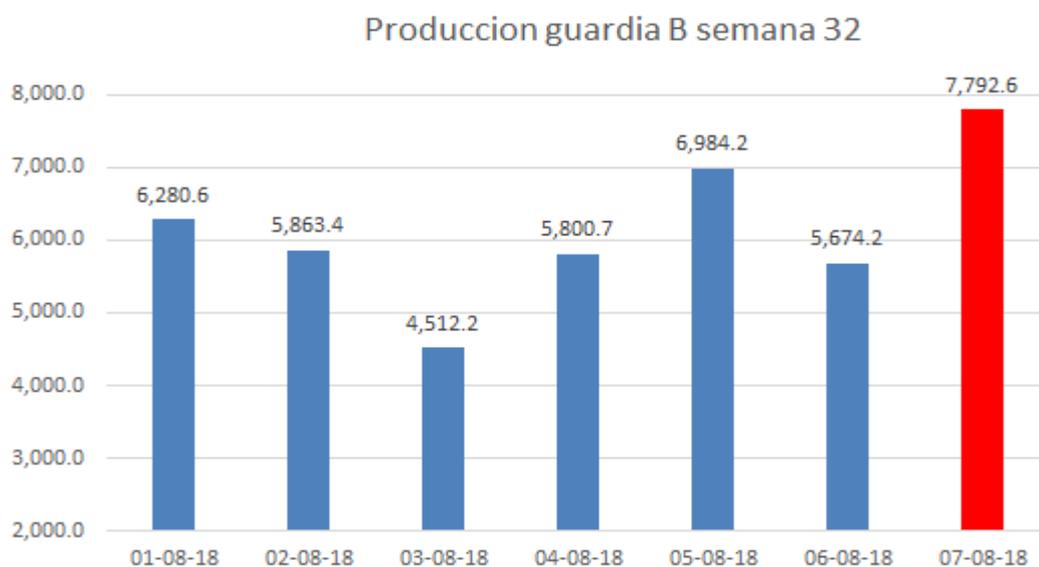


Figura N° 31: Incremento de producción debido a personal motivado.
Fuente: Elaboración Propia.

Después de haber realizado el evento de confraternidad entre los colaboradores de la guardia B, hubo una mejora significativa en la producción, el día 11 de mayo se registró un incremento del 12% y el día 7 de agosto del 11% (ver figuras 31 y 32).

Claramente el trabajo bajo agradables condiciones incrementa la producción de manera significativa, mas es importante recomendar para una fase dos, aumentar los factores higiénicos de los trabajadores tales como, bonos de productividad, mejora de sueldos de acuerdo al rendimiento y mejorar el trato de supervisores hacia los colaboradores.

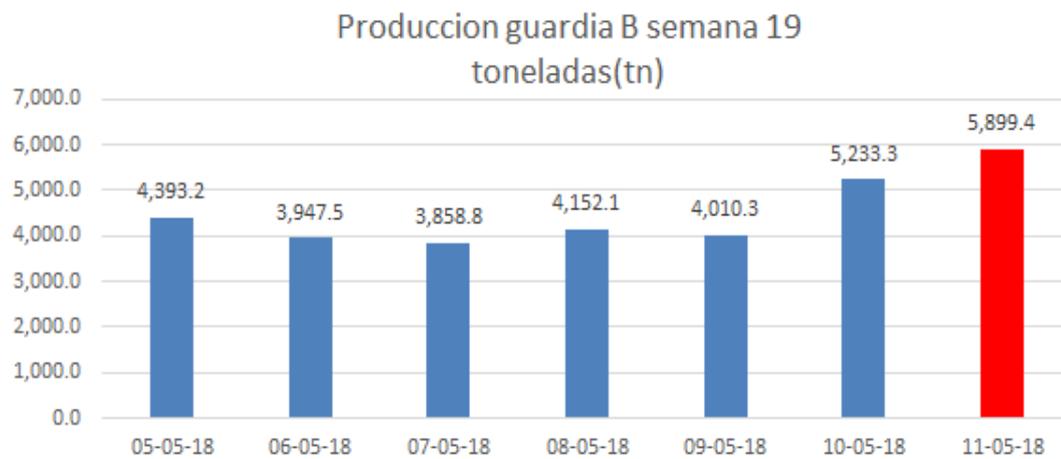


Figura N° 32: Incremento de producción resultado de personal motivado.

Fuente: Elaboración propia.



4.4. OPERACIONES MINA, MEJORAMIENTO DE CONTROL DE PRODUCTIVIDAD

El contratista llevaba un control de productividad (disponibilidad, utilización, horas mínimas y rendimiento de equipos) pero estos indicadores usualmente son poco confiables y son entregados a superintendencia mina semanalmente, mas no son utilizados ni considerados en la toma de decisiones, siendo este el punto clave para el control de la productividad.

Como parte del sistema integrado de producción se debe de mejorar el control de la productividad y este se integra al control de costos, siendo ambos la base de la productividad y la toma correcta de decisiones.

En gran minería se lleva un control de flota en tiempo real utilizando programas de control dispatch, se obtiene KPI de utilización y disponibilidad mecánica, más los costes de estos sistemas son muy elevados lo que resulta rentable en grandes operaciones más en el Tajo San Gerardo no resultaría factible puesto que únicamente se cuenta con una flota de 12 volquetes, que fácilmente se puede controlar con sistemas más económicos.

Se propone mejorar los indicadores de disponibilidad mecánica, utilización, control de horas mínimas de equipos, rendimientos de quipos, implementando un sistema de control basado en las actividades, el cual requiere de un nuevo diseño de alimentación de la bigdata. En este capítulo se detallara el procedimiento de implementación. También se mostrara la comparación con el antiguo control, el principal beneficio del nuevo control es que se dispondrá de los KPI de manera diaria y la información es confiable, esto incluye un estudio de tiempos por actividades y equipos.

4.4.1. Procedimiento de implementación

Los indicadores de productividad requieren alimentarse de datos constante y permanentemente, por lo que los operadores deben de estar capacitados para llenar

formatos de actividades de operación, además de ello se debe plantear un sistema de códigos los cuales deben de ser llenados, en base a capacitaciones y controles permanentes.

4.4.2. Mapeo y codificación de actividades

Para implementar el sistema de control de actividades fue necesario el mapeo e identificación de todas las actividades de todos los equipos de línea amarilla del Tajo San Gerardo (excavadoras, cargadores frontales, retroexcavadoras, bulldozers, motoniveladoras, rodillos, cisternas de agua y combustible).

COD	ACTIVIDAD	ACTIVIDAD
212	Conformación de muros	Efectiva
213	Construcción de canales, cunetas	Efectiva
215	Construcción de alcantarillas	Efectiva
216	Construcción de bermas	Efectiva
217	Construcción de drenaje	Efectiva
221	Desbroce de material	Efectiva
231	Limpieza de berma y cunetas	Efectiva
232	Mantenimiento de accesos internos	Efectiva
233	Mantenimiento de vías externas	Efectiva
241	Traslado de materiales	Efectiva
244	Trabajos Varios	Efectiva
228	Limpieza de bolonería	Efectiva
235	Perfilado de Talud	Efectiva
243	Carguío Otros Materiales	Efectiva
244	Trabajos Varios	Efectiva
301	Calentamiento y enfriamiento	Operativa
302	Traslado de equipo por voladura.	Operativa
303	Traslado Autónomo (cambio de frente)	Operativa
307	Traslado por abastecimiento de Petroleo / Lubricación	Operativa
309	Apoyo a equipos (traslado, mantto.)	Operativa
310	Otros.	Operativa

Figura N° 33: Códigos de actividades de producción de una excavadora.

Fuente: Elaboración conjunta entre Operaciones y oficina técnica Pevoex contratistas.

La figura 33 es un ejemplo de las actividades para una excavadora, esta fue elaborada en reunión por los jefes de guardia, el superintendente de operaciones, superintendente de mantenimiento y el jefe de oficina técnica, se consideró todas las actividades que se hacen en el TSG de acuerdo al control de tiempos.

Los códigos de actividades deben a su vez agruparse en base la teoría de tiempos operativos que de acuerdo a la publicación de Sandoval (2009) siguen la estructura de la figura 34. Las actividades han sido clasificadas en cuatro grandes grupos, las cuales tiene una codificación, a continuación los criterios de agrupación.



Figura N° 34: Diagrama de tiempos en operaciones mineras.

Fuente: Adecuado del informe de Sandoval (2009).

- Trabajo efectivo, código de la forma 2xy, ver figura 33, tiempo en el que la maquina está operando productivamente, haciendo la labor para la cual fue fabricada (carguío de mineral, construcción de muro de seguridad, mantenimiento de vía, construcción de rampa).
- Demoras operativas, código de la forma 3xy, ver figura 33, es el tiempo en el que la maquina está operando pero no está produciendo, el horómetro del motor continúa registrando, por ejemplo: traslado de un equipo de un frente a otro, calentamiento de equipo, otros.
- Demoras no operativas, código de la forma 4xy, ver figura 33, es aquel tiempo que debería ser utilizado pero no se utiliza debido a factores operativos tales como: refrigerios, falta de frente, espera de orden entre otros.
- Tiempo muerto, código de la forma 6xy, es aquel tiempo que está destinado al mantenimiento de los equipos ya sea por falla mecánica o evento programado, tales como; mantenimiento eléctrico, sistema hidráulico, cambio o puesta de Bucket (lampón).



4.4.3. Elaboración de nuevo formato

El reto es elaborar un formato que registre todas y cada una de las actividades a desarrollarse, este debe de incluir varios datos, puesto que es el medio de recolección de información. Por lo que fue diseñado para contener los códigos de actividad, la identificación del operador, horómetros y control de tiempo, de acuerdo a la figura 36.

La diferencia entre el anterior y el actual formato es que este integra los tiempos efectivos, tiempos operativos, tiempos no operativos y tiempos muertos. Los cuales podrán ser procesados en un programa estadístico y nos darán un estudio y clasificación de tiempos a diferencia del viejo formato (ver anexo 14) que únicamente sirve para el control de horómetros.

4.4.4. Capacitación de operadores

Elaborado y aprobado el formato que considera la codificación de actividades, se pasó a capacitar a los operadores de los equipos de las tres guardias, la charla duro una hora y consto de temas como control de tiempos y un ejemplo práctico de operaciones (Ver figura 35).

El primer día en implementarse el nuevo sistema de control de tiempos fue el 20 de abril y paso por un periodo de pruebas de un mes, al inicio se identificó que de treinta y cinco operadores, dos no comprendieron la metodología de llenado, por lo que se les volvió a capacitar.

4.4.5. Generación de base de datos

Se ingresó los reportes de producción de todos los equipos de línea amarilla en una nueva base de datos, donde se considera los siguientes datos: fecha, guardia, código de equipo, equipo, contrata, DNI, nombre, empresa, código de actividad, actividad, zona, tipo de demora, hora inicio, hora final, hora reloj, hora máquina, hora inicio, hora final, total horas, moneda, PU, total precio, total USD.

Con esta data se puede controlar los costos operativos por día, y sub dividirlo por actividades ver anexo 15.

PEVOEX		EJEMPLO DE LLENADO			nexa	
REPORT DE TRABAJO						
PROYECTO	COD. DE EQUIPO	DESCRIPCION			FECHA	TURNO
Tajo San Gerardo	CG-007	RETROEXCAVADORA			DIA-MES-AÑO	DIA
CENTRO DE COSTOS	HORA		TOTAL HORAS	AREA DE TRABAJO	CODIGO	ACTIVIDAD REALIZADA
	INICIO	FINAL				
	6:00	7:00			413	Cambio de Guardia
	7:00	7:15			414	Charlas
	7:15	7:33			422	Inspección de Equipos
	7:33	7:45	0:12		301	Calentamiento y enfriamiento
	7:45	8:39	0:54		303	Traslado Autonomo (cambio de frente)
	8:39	9:15	1:00	3 Norte	244	Limpieza de bolonera
	9:15	11:39	2:24	Exploración	243	Carguo Otros Materiales
	11:39	12:00	1:00	2 Centro	404	Stand By
	12:00	1:00	2:00		407	Descanso
	1:00	1:30	3:00		243	Carguo Otros Materiales
	1:30	2:12			303	Traslado Autonomo (cambio de frente)
	2:12	6:00			404	Stand By
TOTAL HORAS TRABAJADAS MOTOR			8:42			
HOROMETRO			OBSERVACIONES:			
INICIAL	7789.3					
FINAL	7798					
DIFERENCIA	8.7					
COMBUSTIBLE						
Oficina Tecnica (N° 87)	Supervisor		Capataz	Operador		
	EDGARD ALLPOC			JUAN PEREZ MARTINEZ		
	73156425			23564540		

Figura N° 35: Nuevo formato de operaciones de equipos.

➤ Fuente: Pevoex Constratistas SAC.

4.4.6. KPI de productividad

El objetivo de la parte cuatro de la investigación es mejorar el control de tiempos en operaciones mediante la mejora de procesamiento de los indicadores de productividad.

Disponibilidad mecánica

El porcentaje de tiempo en que el equipo estuvo físicamente disponible y tuvo un operador asignado.

$$UA = \frac{UT}{AT} * 100\% \text{ o } \frac{\sum 2xy}{10} * 100\% \quad \dots\dots(13)$$

UT : tiempo utilizado

AT : tiempo disponible

DISPONIBILIDAD MECANICA			15	16	17	18	19	20	21	22	23
MES			MAYO.2018								
CONTRATA	COD EQ	EQUIPO	26 Abr	26 Abr	27 Abr	27 Abr	28 Abr	28 Abr	29 Abr	29 Abr	30 Abr
			DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA
PEVOEX CONTRATISTA SAC	MO-001	MOTONIVELADORA 140K	100%	100%	100%	0%	100%	100%	100%	100%	100%
PEVOEX CONTRATISTA SAC	EX-005	EXCAVADORA 374 F	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
PEVOEX CONTRATISTA SAC	CF-003	CARGADOR FRONTAL 966H	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PEVOEX CONTRATISTA SAC	EX-002	EXCAVADORA 336D2L	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PEVOEX CONTRATISTA SAC	TR-005	TRACTOR SOBRE ORUGAS D8T	100%	100%	100%	100%	100%	74%	0%	100%	100%
LJW. BERAUN C. S.A.C.	RE-004	RETROEXCAVADORA 420F2-BE	72%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SERVICIOS MULTIPLES SAN FRANCISCO	EX-003	EXCAVADORA 336D2L	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SERVICIOS MULTIPLES SAN FRANCISCO	TR-001	TRACTOR SOBRE ORUGAS D6T	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
SK- RENTAL	EX-008	EXCAVADORA 340							100%	100%	
SK- RENTAL	EX-009	PICOTON 340		100%		100%					

Figura N° 36: Nuevo tablero de comando de disponibilidad mecánica.
Fuente: Pevoex contratistas.

Utilización

Porcentaje de tiempo calendario en que el equipo estuvo realizando su función primaria.

$$U = \frac{OT}{CT} * 100\% \quad \dots\dots(7)$$

OT = tiempo de operación

CT = tiempo calendario

UTILIZACION			MAYO.2018								
CONTRATA	COD EQ	EQUIPO	26 Abr	26 Abr	27 Abr	27 Abr	28 Abr	28 Abr	29 Abr	29 Abr	30 Abr
			DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA
PEVOEX CONTRATISTA SAC	MO-001	MOTONIVELADORA 140K	35%	46%	87%	0%	36%	46%	67%	20%	0%
PEVOEX CONTRATISTA SAC	EX-005	EXCAVADORA 374 F	94%	96%	83%	94%	64%	79%	67%	84%	87%
PEVOEX CONTRATISTA SAC	CF-003	CARGADOR FRONTAL 966H	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PEVOEX CONTRATISTA SAC	EX-002	EXCAVADORA 336D2L	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PEVOEX CONTRATISTA SAC	TR-005	TRACTOR SOBRE ORUGAS D8T	70%	61%	76%	76%	44%	90%	0%	31%	17%
LJW. BERAUN C. S.A.C.	RE-004	RETROEXCAVADORA 420F2-BE	63%	48%	67%	57%	64%	67%	66%	29%	18%
SERVICIOS MULTIPLES SAN FRANCISCO	EX-003	EXCAVADORA 336D2L	67%	42%	89%	53%	59%	73%	69%	88%	71%
SERVICIOS MULTIPLES SAN FRANCISCO	TR-001	TRACTOR SOBRE ORUGAS D6T	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
SK- RENTAL	EX-008	EXCAVADORA 340							41%	75%	
SK- RENTAL	EX-009	PICOTON 340		67%		71%					

Figura N° 37 Interfaz de disponibilidad mecánica de equipos auxiliares.
Fuente: Elaboración propia.

Control de horas mínimas

Fecha Inicio	20-Abr							
Fecha Final	19-May							
Fecha Actual	4-May							
Rubro	(Todas)							
CONTRATA	(Todas)							
MOD	Horas							
	Al	Al						
	4-May	4-May						
	Horas Mínimas							
COD EQ	EQUIPO	Horas Valorizadas	Horom. Final	Contratadas	Horas equivalentes	Modo contrato	Cumplimiento	Cumpto. Total
CF-003	CARGADOR FRONTAL 966H	46.90	16,344.00	0	-	Horas Efectivas	100%	100%
EX-002	EXCAVADORA 336D2L	41.70	10,263.80	150	75	Horas Minimas	56%	28%
EX-003	EXCAVADORA 336D2L	97.50	6,323.50	150	75	Horas Minimas	130%	65%
EX-005	EXCAVADORA 374 F	225.40	6,899.20	400	200	Horas Minimas	113%	56%
EX-008	EXCAVADORA 340	28.30	1,841.60	0	-	Horas Efectivas	100%	100%
EX-009	PICOTON 340	13.80	1,425.90	0	-	Horas Efectivas	100%	100%
MO-001	MOTONIVELADORA 140K	128.30	10,263.30	150	75	Horas Minimas	171%	86%
RE-004	RETROEXCAVADORA 420F2-BE	163.70	1,996.80	200	100	Horas Minimas	164%	82%
TR-001	TRACTOR SOBRE ORUGAS D6T	95.70	4,927.00	150	75	Horas Minimas	128%	64%
TR-005	TRACTOR SOBRE ORUGAS D8T	145.50	4,187.90	180	90	Horas Minimas	162%	81%

Figura N° 38: Nuevo interfaz de control de horas mínimas.

Fuente: Elaboración propia.

Rendimiento de equipos de carguío

$$Pt = \frac{60 * Ctt}{TCt} \dots\dots(13)$$

Donde:

Pt : Productividad teórica (tn/hr)

Ctt : Capacidad nominal del equipo de transporte (ton).

TCt : tiempo del ciclo de transporte (min).

4.4.7. Resultados

El estudio mostro los siguientes resultados:

- La excavadora principal del Tajo San Gerardo, EXC-05, solo tiene 62.7% de utilización efectiva y tiene 1.7% de demoras operativas, los tiempos muertos representan el 35% (ver tabla 31 y figura 39).
- En el estudio se puede ver que la excavadora EXC-03 tiene un 45.5% de tiempo en mantenimientos correctivos, lo que lleva a sugerir se consiga otro proveedor de equipos. (ver tabla 31 y figura 40).

- El cargador frontal lleva el 38.6% de su tiempo en mantenimiento, al ser un activo de Pevoex sugeriría se le haga un overhall o se busque un nuevo proveedor. (ver tabla 31 y figura 41).

Tabla 31: Comparativo entre equipos de carguío.

	EX-005	EX-003	CF-003
Demora no Operativa	31%	29%	40%
Demora Operativa	2%	1%	1%
Efectiva	63%	25%	20%
Mantenimiento	4%	46%	39%
	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32: Distribución de tiempos por actividades, EXC-05.

Fecha	20/4	21/4	22/4	23/4	24/4	Total general	% Tiempo
EX-005	12	12	12	12	12	132	100%
Demora no Operativa (hm)	2.7	2.7	4.3	3	3.3	41.5	31%
Cambio de Guardia	1	1	1		1	10	8%
Capacitación y entrenamiento	1	1	1	1	1	10	8%
Charlas	0.42	0.25	1.67		0.25	4.17	3%
Inspección de Equipos	0.17	0.3	0.17	0.25	0.3	2.7	2%
Refrigerio y/o descanso	-	-	-	1	-	2	2%
Stand By	0.12	0.15	0.47	0.75	0.75	12.63	10%
Demora Operativa (hm)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	2.2	2%
Calentamiento y enfriamiento	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	2.2	2%
Efectiva (hm)	9.1	9.1	7.5	3.3	8.5	82.8	63%
Carguío de desmonte	9.1	9.1	7.5	3.3	8.5	71.8	54%
Carguío de material	-	-	-	-	-	4	3%
Carguío de mineral	-	-	-	-	-	7	5%
Mantenimiento	-	-	-	5.5	-	5.5	4%
Otros	-	-	-	5.5	-	5.5	4%
Total general (hm)	12	12	12	12	12	132	100%

Fuente: Elaboración propia.

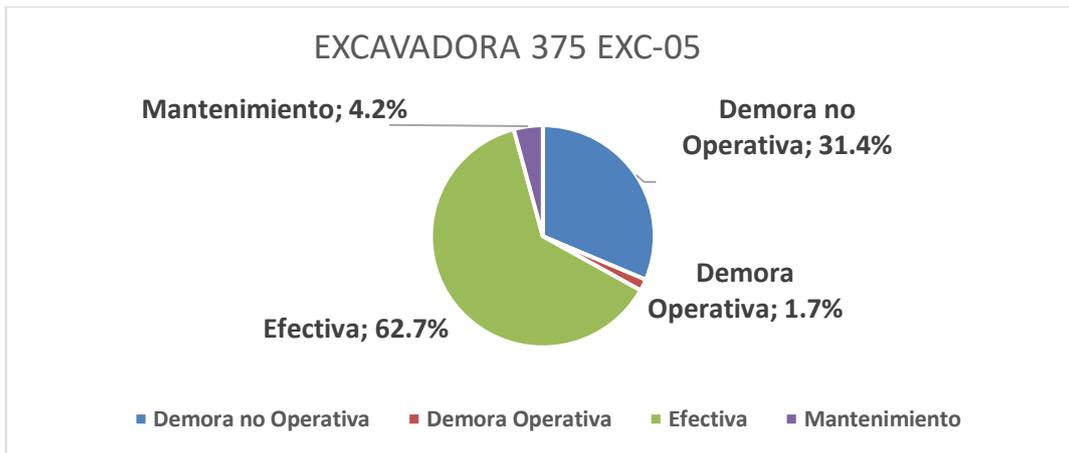


Figura N° 39 Media de distribución de tiempos, EX-05.
Fuente: Elaboración propia.

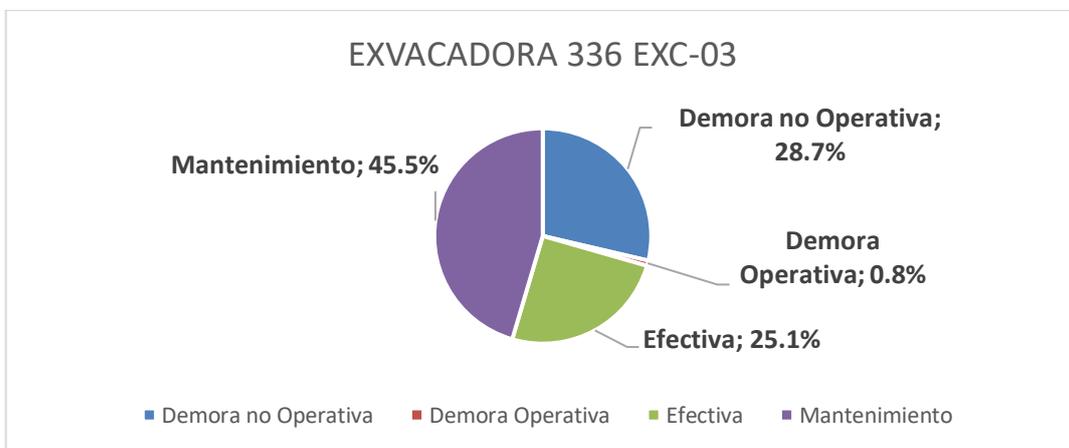


Figura N° 40: Media de distribución de tiempos, EX-03.
Fuente: Elaboración propia.

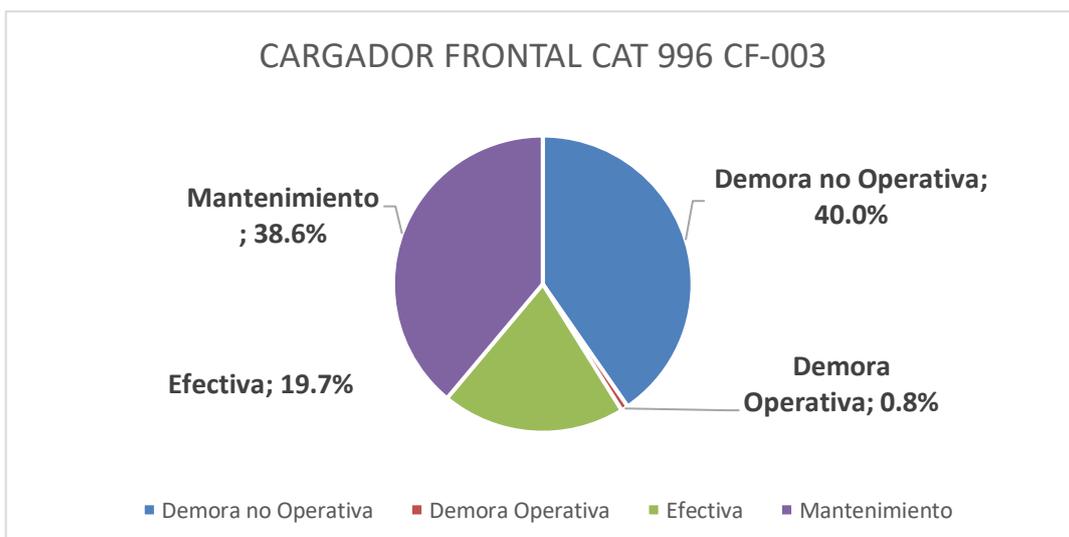


Figura N° 41: Media de distribución de tiempos, CF-003.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33: Distribución de tiempos por actividades, EXC-03.

Etiquetas de fila	26-Abr	27Abr	28Abr	29Abr	30Abr	Total general	% Tiempo
EX-003	12	12	12	12	12	132	100.0%
Demora no Operativa (hm)	7.8	6.7	4.7	3.2	3.5	37.9	28.7%
Cambio de Guardia	1	1	1	1	1	11	8.3%
Capacitación y entrenamiento	1	1	1	1	1	11	8.3%
Charlas	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1.3	0.9%
Inspección de Equipos	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1.5	1.1%
Stand By	5.3	4.2	2.2	0.7	1	13.2	10.0%
Demora Operativa (hm)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1	0.8%
Calentamiento y enfriamiento	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1	0.8%
Efectiva (hm)	4	5.1	7.1	8.6	8.3	33.1	25.1%
Carguío de desmonte	-	2	-	-	-	2	1.5%
Carguío de mineral	4	3.1	-	2.1	2.6	11.8	8.9%
Conformación de bermas y muros	-	-	7.1	-	-	7.1	5.4%
Trabajos Varios	-	-	-	6.5	5.7	12.2	9.2%
Mantenimiento (hm)	0	0	0	0	0	60	45.5%
Inoperativo	-	-	-	-	-	60	45.5%
Total general	12	12	12	12	12	132	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: Distribución de tiempos por actividades, CF-03.

Etiquetas de fila	22-Abr	23-Abr	24-Abr	25-Abr	Total general	% Tiempo
CF-003	12	12	12	12	132	100%
Demora no Operativa (hm)	6.7	6.8	12	5.8	54.1	0.4
Cambio de Guardia	1	1	1	1	11	0.1
Capacitación y entrenamiento	1	1	1	1	10	0.1
Charlas	1.5	0.3	-	0.3	2.7	0
Inspección de Equipos	0.2	0.4	-	0.2	1.3	0
Otros	-	1	-	-	4.5	0
Refrigerio y/o descanso	-	-	-	-	1	0
Stand By	3	3.2	10	3.3	23.7	0.2
Demora Operativa (hm)	0.2	0.2	-	0.2	1	0
Calentamiento y enfriamiento	0.2	0.2	-	0.2	1	0
Efectiva (hm)	5.1	5	-	6	26	0.2
Carguío de desmonte	-	0.8	-	4.8	6.4	0
Carguío de mineral	-	4.2	-	1.2	11.3	0.1
Mantenimiento de accesos internos	5.1	-	-	-	8.3	0.1
Mantenimiento (hm)	-	-	-	-	51	0
Inoperativo	-	-	-	-	50	0
Uñas y puntas	-	-	-	-	0.9	0
Total general	12	12	12	12	132	100%

Fuente: Elaboración propia.



V. CONCLUSIONES

Se identificó desperdicios económicos por un valor de USD 47,112, esto debido desviaciones contractuales en las partidas de trabajos generales, gastos generales y perforación en desmonte y mineral, en el caso de trabajos generales y en los gastos generales se tiene un excedente de 16 colaboradores. La otra gran desviación es la perforación de desmonte, el presupuesto no considera los aceros de perforación (brocas, barras, shanks).

Debido a la implementación de los algoritmos de reposición Re-orden point y Recommed order quanty, se mejoró el control de stocks mínimos de requerimientos. En los meses de mayo y junio se registraron dos paradas operativas de producción, después de la implementación, entre los meses de septiembre y diciembre no se registraron paradas operativas no programadas.

Al incrementar el factor extrínseco del personal directo de acuerdo a la teoría de Herzberg y mediante un estímulo laboral tales como la recreación deportiva, se registró un incremento de la producción entre un 11% y 12%, demostrando así que los empleados contentos son más productivos.

Se identificó que los principales equipos de carguío del contratista tienen en promedio tiempos muertos del 37.8% de su tiempo disponible, principalmente por demoras operativas (traslados, espera de orden, colas) y tiempos muertos (mantenimientos correctivos).



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda desmovilizar la excavadora EXC-05, CAT 374F, la cual deberá ser reemplazada por una excavadora CAT 336E la cual es el hace el perfecto match con los nueve volquetes de la operación.

Se sugiere presentar un presupuesto adicional al cliente por los costos adicionales de contratación de puestos indirectos no considerados, de acuerdo a contrato Pevoex no está obligado a contratar a los siguientes colaboradores: monitores de seguridad, asistentes de seguridad, jefe de perforación y voladura.

Se recomienda repotenciar el área de costos y oficina técnica, mediante la compra de un sistema ERP tales como el SAP, Oracle o S10. De tal forma se facilitará la elaboración del resultado operativo, y se habrá una gestión de costos en tiempo real.

Se sugiere aprovechar los tiempos muertos de voladura para realizar capacitaciones y/o cursos, puesto que normalmente las voladuras se realizan a las 8:00 a, por temas climáticos, ese tiempo no es aprovechado por el contratista.

Se recomienda hacer las pruebas para comprobar la siguiente hipótesis “si se aumenta el factor de carga y se reduce la malla de perforación, se ahorrara costes de mantenimiento en equipos pesados y se reducirá costes de energía para el funcionamiento de la planta concentradora de mineral”.



VII. BIBLIOGRAFIA

- Botin, J. A., & Vergara, M. A. (2015). A cost management model for economic sustainability and continuous improvement of mining operations. *Science Direct*, 100(2), 01-02.
- Cameron, P., Drinkwater, D., & Pease, J. (2016). The ABC of mine to mill and metal prices cycles. *13th AUSIMM mill operators' conference*. AUSIMM, 02-04.
- Costa Ferreira, A. (2017). How managers use the balanced scorecard to support strategy implementation processes. *IPCA*, 06-07.
- Gove, D., & Morgan, D. (1994). Optimizing truck - loader matching using fleet production and cost to optimize truck - loader match. *Society for Mining Metallurgy and Exploration*, 10-11.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, R. (2014). *Metodologia de la investigaciòn*. Mèxico D.F., Mèxico: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Hindle, T. (2008). *Guide to management ideas*. London, United Kingdom: The economist.
- ISO 9001. (2015). *Sistemas de gestiòn de la calidad*. Ginebra, Suiza: Secretaría Central de ISO.
- Kaiser, M. J. (2019). *Decommissioning Forecasting and Operating Cost Estimation: Gulf of Mexico Well Trends, Structure Inventory and Forecast Models*. Houston, Texas: Gulf professional publishing.
- Kaplan, R., & Norton, D. (1996). *The balanced scorecard: Translating strategy into action*. Boston, United States of America: Harvard Business School Press.
- Litle, J., Knights, P., & Topal, E. (2013). Integrated optimization of underground mine design and scheduling. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*,(1-2).
- McCallum, H. (2017). *Implementaciòn de una estructura de control de costos diarios en la unidad minera Arasi (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Ingenieria, Lima, Perù.
- Mora, G. A. (2014). *Diseño e implementacion de un sistema de costeo para una empresa minera (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Ingenieria, Lima, Perù.



- Pacheco, G. M. (2012). *La productividad como efecto de la motivación en operarios de una empresa transnacional de telecomunicaciones (tesis de pregrado)*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Pezo, E. L. (2013). *Aplicación y análisis del costo mediante el sistema de costeo ABC en mina San Cristobal (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Sandoval Angeles, R. (2009). Procedimiento de cálculo de indicadores claves de desempeño para equipo móvil. *Mina Tintaya- Xtrata Copper*, 03-06.
- Simons, R. (1995). *Levers of control, How the managers use innovative control systems to drive strategic renewal*. Boston, United States of America: Harvard Business School Press.
- Sondalini, M. (2007). Useful key performance indicators for maintenance. *Lifetime Reliability solutions*,(1-2).
- Thompson, R. (2010). Mine haul road design and management best practices for safe and cost-efficient truck haulage. *SME annual meeting*, (3-4).
- Wikipedia. (2019). *Wikipedia*. Obtenido de Balanced scorecard: https://es.wikipedia.org/wiki/Cuadro_de_mando_integral#cite_note-1
- Saco, J. (1999). *Comunicación, motivación y liderazgo: Aplicación en la escala de Likert en el banco del comercio (tesis de pregrado)*. Universidad de Lima, Lima, Perú.
- Robbins, S. (2008). *Comportamiento organizacional*. Mexico D.F., MX: Pearson Prentice Hall.
- Michalska, J. & Szewieczek, D. (2007). The 5S methodology as a tool for improving the organisation. *JAMME- Silesian University of Technology*, 24(02), 01-03.
- Watzman, B. (2014). Driving continuous improvement in US mine safety performance a new approach. *Mining Engineering*, 29-31.
- Clark, M. (2014). Are you having fun yet? Creating a motivating work environment. *Industrial and Commercial Training*, 41(01), 43-46.
- Toro, F. (2014). Desempeño y productividad. *Medellín, Colombia: Cincel Ltda.*



ANEXOS