

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL
ALCIDES CARRIÓN**
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE
INGENIERÍA DE MINAS**



**“SELECCIÓN Y RENDIMIENTO DE EQUIPO
PESADO EN LA MINA SUBTERRÁNEA DE
COMPAÑÍA MINERA ATACUCHA S.A.A.”**

TESIS

PRESENTADO POR

Bachiller Julio Cesar MACCHA VALLE

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

Asesor: Ing. Floro Pagel ZENTENO GOMÉZ

Cerro de Pasco – Perú
2018.

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

ESCUELA FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



“SELECCIÓN Y RENDIMIENTO DE EQUIPO PESADO EN LA MINA SUBTERRÁNEA DE COMPAÑÍA MINERA ATACOCHA S.A.A.”

PRESENTADO POR

Bach. JULIO CESAR MACCHA VALLE

Sustentado y aprobado el día 12 de diciembre del 2018, ante la Comisión
de Jurados

Mg. Joel Enrique OSCUVILCA TAPIA
PRESIDENTE

Mg. Nieves Oswaldo GORA TUFINO
MIEMBRO

Mg. Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mis padres por el apoyo incondicional en mi vida, a mi esposa e hijo por ser el motor que me anima a superarme todos los días y ser mejor cada día.

AGRADECIMIENTO

A mi Alma Mater la Universidad Nacional “Daniel Alcides Carrión”, Facultad de Ingeniería de Minas.

A todos y cada uno de mis Profesores de quienes recibí sus conocimientos en las aulas de clases.

Al Gerente de Operaciones, supervisores y personal obrero de la mina Atacocha por sus aportes y colaboración en la elaboración del presente trabajo.

Y, finalmente al padre todopoderoso por llenarme de inteligencia, paciencia, constancia, fuerza, sabiduría para transitar hasta la meta pudiendo concluir este proyecto a cabalidad.

ÍNDICE

TÍTULO	i
NOMBRE DEL AUTOR.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE.....	iv
RESUMEN	xii
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO I	19
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	20
1.2.1. Problema Principal.....	20
1.2.2. Problemas específicos.....	20
1.3. DELIMITACIÓN	21
1.3.1. Delimitación espacial.....	21
1.3.2. Delimitación temporal	21
1.3.3. Delimitación social	21
1.4. FORMULACION DE LOS OBJETIVOS	22

1.4.1. Objetivo general.....	22
1.4.2. Objetivos específicos	22
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.5.1. Justificación de la investigación	23
CAPÍTULO II.....	24
MARCO TEÓRICO CIENTÍFICO	24
2.1. ANTECEDENTES	24
2.2. MARCO CONCEPTUAL	26
2.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	31
2.3.1. Hipótesis General.....	31
2.3.2. Hipótesis específica	31
2.3.3. Variables e indicadores	32
2.3.3.1. Variables	32
2.3.3.1.1. Variables de la hipótesis principal	32
2.3.3.1.2. Variables de las hipótesis secundarias	32
2.3.3.2. Indicadores.....	33
2.3.3.2.1. Indicadores de la hipótesis principal	33
2.3.3.2.2. Indicadores de las hipótesis secundarias	33
CAPÍTULO III.....	36
METODOLOGÍA.....	36
3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	36

3.1.1. Tipo y nivel	36
3.1.1.1. Tipo	36
3.1.1.1.1. De acuerdo a la orientación	36
3.1.1.1.2. De acuerdo a la técnica de contrastación	37
3.1.1.1.3. De acuerdo a la direccionalidad	37
3.1.1.1.4. De acuerdo al tipo de fuente de recolección de datos	37
3.1.1.1.5. De acuerdo con la evolución del fenómeno estudiado	37
3.1.1.2. Nivel	37
3.1.2. Diseño	37
3.1.3. Estrategia de la prueba de hipótesis	38
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	39
3.2.1. Población	39
3.2.2. Muestra	39
3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	39
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	40
3.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS	41
3.6. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO	41
CAPÍTULO IV	42
ASPECTOS GENERALES DE LA MINA	42
4.1. UBICACIÓN Y ACCESO	42
4.2. GEOLOGÍA	48

4.3. OPERACIÓN MINERA.....	50
CAPÍTULO V.....	58
COSTO HORARIO DE LOS EQUIPOS	58
5.1. GENERALIDADES	58
5.2. COSTO DE OPERACIÓN O COSTO HORARIO DEL EQUIPO	59
5.3. CÁLCULO DE COSTO HORARIO DE JUMBO FRONTONERO	71
CAPÍTULO VI	86
PERFORMANCE DE EQUIPO PESADO EN MINERÍA.....	86
6.1. RENDIMIENTO O PERFORMANCE DEL EQUIPO.....	86
6.2. CONCEPTOS DE CASTIGOS A LA EFICIENCIA.....	87
6.3. ESTUDIO DE TIEMPOS DE OPERACIÓN.....	89
6.4. FACTORES DEL RENDIMIENTO DEL EQUIPO PESADO	93
6.4.1. Propiedad del Material.....	93
6.4.2. Tracción del equipo	95
6.4.3. Resistencia a la rodadura o rodamiento	97
6.4.4. Resistencia a la pendiente	99
6.4.5. Altura	101
6.5. CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN DE LOS EQUIPOS	103
6.5.1. Método para calcular la producción.....	103
6.5.2. Utilización del factor de conversión volumétrica	105
6.5.3. Eficiencia de trabajo	105

6.6. EQUIPOS UTILIZADOS EN LA MINA ATACOCHA	106
6.7. CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN DE UN SCOOPTRAM	112
6.8. CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN DE UN DUMPER	113
6.9. CÁLCULO DE LA PERFORMANCE DE "JUMBO" DE DOS BRAZOS Y UNIDADES REQUERIDAS.....	116
6.10. CÁLCULO DE LA PERFORMANCE DE "SCOOPTRAM" DE 6 YARDAS CÚBICAS Y UNIDADES REQUERIDAS	118
6.11. RENDIMIENTO DE SCISSOR BOLTER.....	120
6.12. RENDIMIENTO DE JUMBO FRONTONERO.....	123
6.13. RENDIMIENTO DE SCALER.....	126
6.14. RENDIMIENTO DE ANFO LOADER	128
6.15. RENDIMIENTO DE SCOOPTRAM.....	129
6.16. RENDIMIENTO DE VOLQUETES.....	130
6.17. COSTOS POR TONELADA DE LOS EQUIPOS PESADOS	130
CAPÍTULO VII.....	132
PRUEBA DE HIPÓTESIS	132
7.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS ESTADÍSTICA.....	132
7.2. PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS	133
7.2.1. Prueba “Z” o distribución normal para una variable ($n > 30$).....	135
7.2.2. Prueba “T” o distribución T – Student para una variable (muestras pequeñas).	136

7.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	138
CONCLUSIONES.....	140
RECOMENDACIONES.....	142
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	143
ANEXOS	144
Anexo N° 1: Equipos que cuenta la mina Atacocha.....	145
Anexo N° 2: Fichas de los equipos de la mina Atacocha	146
Anexo N° 3: Control de Tiempos de la Locomotora	151
Anexo N° 4: Control de Tiempo de Scissor Bolter y Small Section	162
Anexo N° 5: Control de tiempos del Jumbo Frontonero	165
Anexo N° 6: Control de Tiempos de Scaler	168
Anexo N° 7: Control de tiempo de Anfo Loader.....	169
Anexo N° 8: Control de tiempos de Scooptram	170
Anexo N° 9: Control de tiempo del ANFO Loader	171
Anexo N° 10: Control de tiempos de Volquetes.....	172
Anexo N° 11: Características de los equipos utilizados en la mina Atacocha	173
Anexo N° 12: Panel fotográfico.....	176

Índice de Tablas

Tabla N° 2.1: Variable e indicadores.....	35
Tabla N° 5.1: Vida económica útil de los equipos	62

Tabla N° 5.2: Porcentaje de mantenimiento y reparaciones	65
Tabla N° 5.3: Vida útil – neumáticos	66
Tabla N° 5.4: Condiciones de trabajo	67
Tabla N° 5.5: Porcentaje de ciclo de trabajo	68
Tabla N° 6.1: Resistencias a la rodadura	98
Tabla N° 6.2: Eficiencia de trabajo.....	106
Tabla N° 6.3: Equipos de la mina Atacocha	106
Tabla N° 6.4: Factor de carguío.....	113
Tabla N° 6.5: Control de tiempos del SSB-4.....	120
Tabla N° 6.6: Control de tiempos del SB-11	121
Tabla N° 6.7: Control de tiempos del SB-08	122
Tabla N° 6.8: Control de tiempos del J-14	123
Tabla N° 6.9: Control de tiempos del J-155	124

Índice de Gráficos

Gráfico N° 6.1: Selección de camiones óptimos.	114
Gráfico N° 0.1: Split Set	175

Índice de fotografías

Fotografía N° 1: El Tesista en la mina Atacocha.....	176
Fotografía N° 2: Reunión de trabajo con UNICON	176
Fotografía N° 3: Trabajores de la mina Atacocha.	177
Fotografía N° 4: Scooptram de 6 yd ³	177

Fotografía N° 5: Mina subterránea de la Cía. Minera Atacocha S.A.A. 178

Índice de Láminas

Lámina N° 4.1: Mapa de ubicación de la mina Atacocha 43

Lámina N° 4.2: Mapa de localización de la mina Atacocha..... 44

Lámina N° 4.3: Accesibilidad de la mina Atacocha 47

Lámina N° 4.4: Perfil geológico del yacimiento minero de Atacocha 57

RESUMEN

La Compañía Minera Atacocha S.A.A. fue constituida en febrero de 1936, con el fin de desarrollar actividades de exploración y explotación de yacimientos mineros de su propiedad o arrendados, para producir concentrados de plomo, zinc y cobre, con contenidos de plata. Actualmente la Unidad Minera Atacocha es la única unidad minera operativa de la Compañía, con una capacidad de tratamiento de mineral de 4,400 tpd.

Desde noviembre del 2008 forma parte del Grupo Milpo, como subsidiaria de Compañía Minera Milpo S.A.A., empresa que posee 91.00% de las acciones representativas con derecho a voto a través de Milpo Andina Peru S.A.C., la cual a su vez, forma parte del importante grupo empresarial brasileño Votorantim.

A partir del 10 de noviembre de 2008, Atacocha forma parte del Grupo Milpo, luego que Compañía Minera Milpo S.A.A.

En el 2014 Atacocha finalizó la primera fase del proceso de integración con El Porvenir en base a la estrategia de reducción de costos de la Compañía. Posteriormente, en el 2015 culminó el proceso de integración del sistema de disposición de relaves entre ambas unidades, a la vez que se inició la construcción de una línea de transmisión eléctrica, en continuidad con la tercera fase del proceso de integración de plantas e interior de minas (concluida en el segundo trimestre del 2016), de acuerdo con la estrategia establecida por el Grupo Milpo, hacia el mejor aprovechamiento de recursos y una óptima gestión de costos, para

el logro de futuras sinergias. Actualmente, Atacocha ha dado inicio a la cuarta etapa, vinculada a la integración al interior de mina.

Atacocha cuenta con un Contrato de Prestación de Servicios con Milpo, con la finalidad de proporcionar un conjunto de servicios administrativos a Atacocha (servicios de contabilidad, finanzas, logística, legales y de comercialización), en concordancia con los estándares del Grupo.

La estrategia de la Compañía, ha buscado dirigir la inversión de recursos fundamentalmente a la Unidad Minera Atacocha para: (i) mejorar eficiencias en productividad y en costos, priorizando la infraestructura de mina; (ii) incrementar la capacidad de tratamiento; (iii) garantizar la viabilidad corriente de la mina, manteniendo el nivel de reservas y aumentando el nivel de recursos; y (iv) lograr en forma exitosa la integración operacional con El Porvenir, concluyendo en el segundo trimestre del 2016, la construcción de una nueva línea de transmisión de energía de 138 Kv en beneficio común.

Debido a que Atacocha se encuentra inmersa en el proceso de integración, a junio del 2016, la Compañía ha invertido únicamente US\$ 1.5 millones (US\$ 3.5 millones a junio del 2015) en compra de equipos móviles destinados al sostenimiento de labores subterráneas, en favor de la seguridad de las operaciones. A junio del 2016, Atacocha registró ingresos por US\$ 44.56 millones, cercano a lo obtenido por las ventas generadas a junio del 2015 (US\$ 44.25 millones, +0.70%), favorecidas por los trabajos de implementación del Glory Hole San Gerardo luego de superar labores de reprogramación operativa de la parte subterránea de la mina iniciadas en el tercer trimestre del 2015 y que continuaron

en los primeros meses de 2016, lo que conllevó una menor explotación y un menor nivel de tratamiento promedio diario.

También influenciaron las ventas del periodo, la volatilidad en los precios de los metales internacionales respecto a los generados a junio del 2015 (-21%, -3% y -7% en el precio cobre, zinc y plomo, respectivamente), situación que influenció las decisiones de producción y las ventas en términos de toneladas métricas.

Los trabajos de implementación del Glory Hole San Gerardo permitieron un destacado desempeño en la producción de concentrados de plomo-plata-oro. A junio del 2016, la producción de plomo creció 11.54% (14,668 TM; 13,150 TM a junio del 2015), compensando hasta cierto punto la menor producción de cobre (-64.63% 529 TM; 1,495 TM a junio del 2015) y de zinc (-25.24%, 23,621 TM; 31,594 TM a junio del 2015).

Atacocha viene llevando a cabo, desde el 2013, un estricto control de sus costos de producción, así como de la búsqueda de eficiencias operativas que permitan mejores flujos de caja. Ello permitió que pese a la reprogramación de operaciones y a los mayores trabajos de desarrollo y avance en la unidad minera, el cash cost tuviera un incremento controlado (US\$47.4 por tonelada tratada a junio del 2016 en comparación a US\$ 44.9 por tonelada tratada a junio del 2015).

La ganancia bruta del periodo por tanto, alcanzó US\$ 5.10 millones mostrándose en mejor posición respecto a la pérdida obtenida a junio del 2015 (US\$ -2 mil). Este resultado sin embargo, no pudo absorber los gastos administrativos y de ventas obtenidos en el periodo bajo análisis, determinando que la Compañía generara una pérdida operacional de US\$ 815 mil (pérdida de US\$ 4.67 millones al 30.06.2015). La generación de EBITDA en el periodo, por tanto, presentó un

resultado positivo, aunque ligeramente inferior respecto a similar periodo del 2015 (US\$ 4.93 millones; US\$ 5.20 millones al 30.06.2015).

Atacocha no presenta deudas financieras, de manera que la pérdida del periodo, alcanzó US\$ 1.45 millones, encontrándose en mejor posición respecto a la pérdida neta obtenida a junio del 2015 (US\$ -3.33 millones). Los ratios de rentabilidad respecto al patrimonio promedio y a los activos, se registran aun negativos, aunque ligeramente recuperados respecto a similar periodo del 2015.

PALABRAS CLAVES: Costos operativos, selección de equipo pesado, Rendimiento de equipo, Costos de operación, Valor actual neto, tasa interna de retorno.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación, trata de analizar las características técnicas y los factores que influyen en el rendimiento del equipo pesado y en su producción, asimismo, brindar alcances para la selección del equipo en una operación minera subterránea.

En la práctica de la minería, es de suma importancia el equipamiento, tanto por razones técnicas como económicas. También ocurre con frecuencia la necesidad de utilizar equipos traídos de otras localidades y a los que hay que darles un adecuado uso, teniendo en cuenta las nuevas condiciones de trabajo. Cuando el equipo es nuevo, siempre se tendrá el asesoramiento de los fabricantes, pero aún en estos casos siempre es necesario una verificación del Ingeniero de Minas para evitar o prevenir errores que podrían ser costosos en tiempo y dinero. La verificación no tiene que ser al detalle; para eso hay especialistas. La selección de equipo es uno de los más difíciles problemas que tiene que afrontar el Ingeniero de Minas.

Por lo general, la selección se basa en el costo, conveniencia y experiencia en el uso. El hábito y la costumbre a veces tienen gran significación en la selección. Cualquier minero que selecciona un equipo nuevo o un reemplazo, primero tiene en mente cumplir un propósito, determinando el tipo de equipo, luego debe considerar la seguridad y finalmente los costos de adquisición y el de operación. Debido a que los costos de adquisición y operación de los equipos mineros se incrementan actualmente, es esencial poner énfasis en el Rendimiento de un equipo que se determina por la producción y los costos de los mismos. Factores

importantes que influyen sobre la producción: la potencia del equipo (motor), el peso de la operación, la capacidad, el tipo de transmisión y velocidades. Algunos de los elementos significativos que forman el factor del costo como el combustible y lubricantes, la vida y servicio de los neumáticos, accesorios y gastos de reparación de los componentes.

Un equipo que inicialmente cumple con el rendimiento requerido, se irá deteriorando con el uso. Mediante un mantenimiento eficiente se puede mantener el equipo en estado de operatividad continua, hasta cumplir su vida útil especificada.

En el marco teórico, se describe los equipos utilizados en minería subterránea de Atacocha, el análisis de costo horario, performances, factores que afectan al rendimiento de equipo pesado tales como: propiedad del material, tracción del equipo, resistencia al rodamiento, resistencia a la pendiente y la altitud; asimismo, los cálculos de producción de equipos.

En las actuales operaciones mineras, debido al incremento de la mecanización, es cada vez más importante considerar el planeamiento e Ingeniería de la Selección de equipo. La gran variedad de los equipos mineros disponibles en estos días en el mercado mundial de diferentes marcas y modelos, hace difícil la selección de ellos; por lo tanto es necesario realizar comparaciones en simulaciones técnicas de varias marcas y sistemas de equipos, para determinar el que mejor se adapte para un trabajo específico bajo condiciones específicas.

He arribado a las conclusiones y recomendaciones respectivas con lo cual doy por terminado el trabajo de investigación.

El Capítulo I trata sobre el planteamiento del problema.

El Capítulo II trata sobre el marco teórico.

El Capítulo III trata sobre la metodología de la investigación.

El Capítulo IV trata sobre los aspectos generales de la mina.

El Capítulo V trata sobre los costos horarios de los equipos.

El Capítulo VI trata sobre el performance de los equipos pesados en minería.

El Capítulo VII trata sobre la prueba de hipótesis.

EL AUTOR.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente en la minería es de suma importancia el equipamiento, tanto por razones técnicas como económicas, también ocurre con frecuencia la necesidad de utilizar equipos traídos de otras localidades y a los que hay que darles un adecuado uso, teniendo en cuenta las nuevas condiciones de trabajo. La selección de un equipo minero es uno de los más difíciles problemas que tiene que afrontar el Ingeniero de minas, por lo que cuando se selecciona un equipo nuevo o reemplazo, primero se tiene en mente cumplir un propósito, determinando el tipo de equipo, luego debe considerar la seguridad y finalmente los costos de adquisición y el de operación.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema Principal

¿El análisis de los costos operativos de los equipos pesados en la mina subterránea influiría en el mejoramiento de la rentabilidad de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿De qué manera la adecuada selección de los equipos pesados en la mina subterránea contribuiría en el mejoramiento de la rentabilidad de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.?
2. ¿Cómo el rendimiento de los equipos pesados en la mina subterránea ayudaría al mejoramiento de la rentabilidad de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.?
3. ¿De qué manera la optimización de los costos de operación de los equipos pesados en la mina subterránea contribuiría en el mejoramiento de la rentabilidad de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.?

1.3. DELIMITACIÓN

1.3.1. Delimitación espacial

El presente trabajo de investigación se desarrollará en la mina Atacocha de la Empresa Milpo Andina Peru S.A.C.

1.3.2. Delimitación temporal

El tema desarrollado ha requerido de 8 meses aproximadamente.

1.3.3. Delimitación social

Los actores involucrados en el trabajo de investigación serán:

- El Ministerio de Energía y Minas.
- La Compañía Minera Atacocha S.A.A.
- La Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Los alumnos de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

1.4. FORMULACION DE LOS OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Determinar que el análisis de los costos operativos de los equipos pesados en la mina subterránea influiría en el mejoramiento de la rentabilidad de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Determinar de qué manera la adecuada selección de los equipos pesados en la mina subterránea contribuiría en el mejoramiento de la rentabilidad de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.
2. Demostrar cómo el rendimiento de los equipos pesados en la mina subterránea ayudaría al mejoramiento de la rentabilidad de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.
3. Determinar de qué manera la optimización de los costos de operación de los equipos pesados en la mina subterránea contribuiría en el mejoramiento de la rentabilidad de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Podemos tener limitaciones en cuanto a:

- Apoyo de personal capacitado en la materia.
- Información de la data actual en cuanto a su operatividad de la investigación.

1.5.1. Justificación de la investigación

La Compañía Minera Atacocha S.A.A. es una mediana empresa polimetálica, en los últimos años, ha venido pasando por un duro proceso de transición. La matriz Milpo Andina Perú S.A.C., ha venido realizando esfuerzos considerables para incrementar la vida de la mina y para reducir costos, este año se está viendo mejores resultados que continuarán en los próximos trimestres.

El principal Proyecto de Atacocha es la integración con la unidad el Porvenir de Milpo. Esto se viene dando principalmente a nivel operativo con una primera fase que incluye a niveles de supervisión con la finalidad de aprovechar las sinergias que ello significa desde el punto de vista administrativo y operativo. Este proyecto de tesis es de suma importancia ya que, al optimizar el rendimiento y selección de los equipos utilizados en la mina subterránea, se reducirán los costos de explotación.

Toda Empresa Minera tiende a ser competitiva y para lograr su objetivo tiene que mejorar en seguridad, productividad y calidad, por lo que este proyecto de tesis es de suma importancia porque al optimizar el rendimiento y selección de equipo pesado utilizados en la mina subterránea se obtendrá una reducción de costos y mejorar su productividad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO CIENTÍFICO

2.1. ANTECEDENTES

1. Ing. Tomás Clemente Ygnacio, en su texto “Análisis de Costos de Operación en Minería subterránea y Evaluación de Proyectos Mineros”, Huancayo 2009, menciona: La importancia que tiene el cálculo de los costos horarios de operación de los equipos de mina, es con la finalidad de optimizar su rendimiento en los frentes de trabajo.
2. Cámara Peruana de la Construcción, texto “El equipo y sus Costos de Operación”, Lima 2007, menciona: La maquinaria para toda actividad es uno de los bienes más costosos; por ello, quien posee ésta debe tener en cuenta el capital que ha invertido en su adquisición como un dinero susceptible de ser recuperado con una utilidad razonable, gracias al trabajo realizado por la

máquina misma. Así para lograr este objetivo, quien utilice una máquina para su trabajo o la de un alquiler, analizará concienzudamente los costos que representa, tanto por posesión como por operación, para de esta manera conocer con certeza la suma invertida en la labor ejecutada.

Existen varios métodos para calcular el costo probable de poseer y operar equipos, pero ninguno de ellos da resultados exactos; siendo lo óptimo, una buena aproximación al costo real, porque las condiciones de trabajo siempre son diferentes.

3. Fuentes Elescano, Manuel, texto “Equipamiento de Minas Subterráneas”, Lima 2010; menciona: En la práctica de la minería, es de suma importancia el equipamiento, tanto por razones técnicas como económicas. También ocurre con frecuencia la necesidad de utilizar equipos traídos de otras localidades y a los que hay que darles un adecuado uso, teniendo en cuenta las nuevas condiciones de trabajo, Cuando el equipo es nuevo, siempre es necesario una verificación del Ingeniero de minas para evitar o prevenir errores que podrían ser costosos en tiempo y dinero. La verificación no tiene que ser al detalle; para eso hay especialistas, pero si dentro de rangos razonables. La selección de equipo es uno de los más difíciles problemas que tiene que afrontar el Ingeniero de minas.

Por lo general, la selección se basa en el costo, conveniencia y experiencia en el uso. El hábito y la costumbre a veces tienen gran significación en la selección. Cualquier minero que selecciona un equipo nuevo o un reemplazo nuevo, primero tiene en mente cumplir un propósito, determinando el tipo de

equipo, luego debe considerar la seguridad y finalmente los costos de adquisición y el de operación.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

- **MAQUINARIA MINERA.** Se denomina así al conjunto de máquinas utilizadas en minería. A su vez Máquina es el conjunto de mecanismos accionados por cualquier fuente de energía, ya que para aliviar al hombre o reemplazarlo en trabajos corporales (Perforadora neumática en reemplazo de la comba), ya para aumentar su rendimiento o precisión de sus manos (pala mecánica, raise borer, etc.) y para transformarla (en la perforadora, la energía neumática en percusión rotación). Al referirnos a MECANISMOS, queremos decir combinación de dispositivos que sirven para producir un movimiento o guiarlo, cuya acción conjugada permite operar un máquina.

- **COSTO DE OPERACIÓN HORARIO.** Se define “Costo de Operación horario” de una maquinaria a la cantidad de dinero invertido en adquirirla, hacerla funcionar, realizar trabajo y mantenerla en buen estado de conservación, es decir que en este costo debe incluirse los gastos fijos y los gastos variables o costo de posesión y costo de operación.

- **COSTO DE POSESIÓN.** El simple hecho de ser propietario de un equipo o maquinaria, representa un costo permanente, total independiente al trabajo que puede ejecutar el equipo.

- **COSTO HORARIO DE EQUIPOS.** Se denomina así al Costo de propiedad o posesión más el costo de operación del equipo.
- **VALOR DE ADQUISICIÓN (Va).** Es el precio actual en el mercado. En ésta cotización está incluido el precio de la unidad puesta en el puerto de embarque (FOB) más los gastos de embarque, fletes y desembarque en el puerto de callao (CIF – Callao) pagos de derechos Ad – Valoren, derechos portuarios de almacenaje y transporte hasta el depósito del propietario.
- **VALOR DE RESCATE (Vr).** Llamado comúnmente valor recuperable, es el valor de reventa que tendrá la maquinaria al final de su vida económica, que por lo general son las piezas que se pueden utilizar en otras maquinarias.
- **VIDA ECONÓMICA UTIL (Ve).** Es el periodo durante el cual la máquina trabaja con un rendimiento económicamente justificable.
- **COSTO DE OPERACIÓN.** Son los gastos que ocasiona el equipo al ponerlos en operación, este costo se considera aun cuando el equipo no los ocasiona por estar nuevo.
- **OPERADOR.** Debido a la variedad en los costos de operador entre distintas localidades debe usarse siempre el índice salarial local donde la máquina operará. Al costo del operador debe incluirse los beneficios sociales.

- **GASTOS GENERALES Y UTILIDADES.** Se considera los gastos correspondientes a la administración, instalación, equipamiento de talleres, personal de vigilancia y control, vehículo para el transporte y servicio del equipo, sueldos de supervisores y personal de oficina personal encargado de obtención de repuestos.
- **PERFORMANCE DE PRODUCCIÓN.** Se considera costo por hora, costo por unidad y eficiencia.
- **DISPONIBILIDAD MECÁNICA (D.M.).** Mide la disponibilidad del equipo, exceptuando las pérdidas de tiempo por razones netamente mecánicas.
- **DISPONIBILIDAD FÍSICA (D.F.).** Mide la disponibilidad del equipo exceptuando todas las pérdidas de tiempo incluyendo las mecánicas.
- **RENDIMIENTO DE EQUIPO.** Es igual a toneladas transportadas sobre horas netas de operación.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Toneladas Transportadas}}{\text{H. N. O.}}$$

- **ESTUDIO DE TIEMPOS DE OPERACIÓN**

OBJETIVO. La medición de tiempos se realiza con el propósito de:

- a) Medir el trabajo que desarrolla el equipo y el operador durante toda una guardia.
- b) Medir el ciclo de las operaciones unitarias, subdividiéndolas en sus diferentes componentes.

TIEMPOS. Productivo, Improductivo y Ocioso.

Se define como tiempo productivo al período durante el cual la actividad es netamente productiva.

Dentro de los elementos no productivos se consideran:

- a. Elemento ocioso, es aquel durante el cual no se realiza trabajo útil; puede ser de dos clases, obligada y verdadera.

Ociosidad o inactividad obligada: Ocurre cuando el operador de la máquina permanece inactivo por razones ajenas a su voluntad. Ociosidad verdadera: Es el elemento que ocurre por voluntad del operador.

- b. Elemento demora. Es aquel período de tiempo durante el cual por alguna razón no es posible continuar con la operación, puede ser evitable o inevitable.

Demora evitable, puede ser evitada mediante algún cambio.

Demora inevitable, tiene que permanecer en su condición de demora sin poder hacer nada por el momento para evitarla.

- **DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL EQUIPO.** Se calcula en función de los diferentes parámetros de comparación, tomando como datos los resultados obtenidos en el estudio de tiempos.

a. PERFORACIÓN

El rendimiento o eficiencia de perforación se puede calcular mediante la relación:

$$Eficiencia = \frac{Horas\ efectivas\ de\ trabajo}{Horas\ netas\ de\ operación}$$

b. CARGUÍO

Para el caso de carguío la eficiencia se puede determinar por:

$$Eficiencia = \frac{Producción\ real}{Producción\ teórica} \times \frac{Horas\ camión}{Horas\ netas\ de\ operación}$$

c. **ACARREO.** La eficiencia de operación de los camiones se ha calculado por medio de la relación:

$$Eficiencia = \frac{Producción\ real}{Producción\ teórica} \times \frac{No.\ de\ viajes\ actual}{No.\ de\ viajes\ teórico}$$

Se presenta un procedimiento detallado para determinar el rendimiento o eficiencia de acarreo El número de viajes actual y teórico está dado en unidades de camiones, luego:

$$Eficiencia = \frac{Producción\ real\ (BCM)}{No.\ de\ viajes\ teórico}$$

- FACTORES QUE AFECTAN AL RENDIMIENTO DEL EQUIPO

PESADO. Son los siguientes:

- Propiedad del Material
- Tracción del equipo o fuerza
- Resistencia al rodamiento
- Resistencia a la gradiente

- Resistencia a la velocidad del aire
- Altitud
- Aceleración

2.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

2.3.1. Hipótesis General

El análisis de los costos operativos de los equipos pesados en la mina subterránea mejora significativamente la rentabilidad de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.

2.3.2. Hipótesis específica

1. La adecuada selección de los equipos pesados en la mina subterránea contribuye positivamente en el mejoramiento de la rentabilidad de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.
2. La optimización del rendimiento de los equipos pesados en la mina subterránea ayudan significativamente en el mejoramiento de la rentabilidad de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.
3. La optimización de los costos de operación de los equipos pesados en la mina subterránea incide significativamente en el mejoramiento de la rentabilidad de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.

2.3.3. Variables e indicadores

2.3.3.1. Variables

2.3.3.1.1. Variables de la hipótesis principal

- **Variable independiente:** En análisis de los costos operativos de los equipos pesados en la mina subterránea.
- **Variable dependiente:** El mejoramiento de la rentabilidad de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.

2.3.3.1.2. Variables de las hipótesis secundarias

a) Hipótesis secundaria 1

- **Variable independiente:** La adecuada selección de equipos pesados en la mina subterránea.
- **Variable dependiente:** El mejoramiento de la rentabilidad de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.

b) Hipótesis secundaria 2

- **Variable independiente:** La optimización del rendimiento de equipos pesados en la mina subterránea.

- **Variable dependiente:** El mejoramiento de la rentabilidad de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.

c) Hipótesis secundaria 3

- **Variable independiente:** La optimización de los costos de operación de los equipos pesados en la mina subterránea.
- **Variable dependiente:** El mejoramiento de la rentabilidad de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.

2.3.3.2. Indicadores

2.3.3.2.1. Indicadores de la hipótesis principal

Los indicadores del trabajo se detallan a continuación:

▪ **Variables Independientes**

X = El análisis de los costos operativos de los equipos pesados en la mina subterránea.

▪ **Variables Dependientes**

Y = Mejoramiento de la rentabilidad de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.

INDICADORES:

Y₁= Valor Actual Neto (VAN).

Y₂= Tasa Interna de Retorno (TIR).

2.3.3.2.2. Indicadores de las hipótesis secundarias

Los indicadores del trabajo se detallan a continuación:

- **Variables Independientes**

X = El análisis de los costos operativos de los equipos pesados en la mina subterránea.

INDICADORES:

X₁ = La selección de equipos pesados de la mina subterránea.

X₂ = La optimización del rendimiento de los equipos pesados de la mina.

X₃ = La optimización de los costos de operación de los equipos de la mina.

- **Variables Dependientes**

Y = Mejoramiento de la rentabilidad de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.

INDICADORES:

Y₁= Valor Actual Neto (VAN).

Y₂= Tasa Interna de Retorno (TIR).

Las variables del trabajo de investigación son cuantitativas, los cuales se detalla en la Tabla N° 2.1.

Tabla N° 2.1: Variable e indicadores

Matriz de Variables e Indicadores	
<p>Variable Dependiente:</p> <p>Y = Mejoramiento de la rentabilidad de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>X=Análisis de los costos operativos de los equipos pesados de la mina subterránea de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.</p>
<p>Indicadores:</p> <p>Y₁ = Valor Actual Neto (VAN).</p> <p>Y₂ = Tasa Interna de Retorno (TIR).</p>	<p>Indicadores:</p> <p>X₁ = Selección de equipos pesados de la mina subterránea.</p> <p>X₂ = Optimización del rendimiento de equipos pesados de la mina subterránea.</p> <p>X₃ = Optimización de los costos de operación de los equipos pesados de la mina.</p>

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo y nivel

3.1.1.1. Tipo

3.1.1.1.1. De acuerdo a la orientación

La investigación es de tipo aplicada ya que se pretende descubrir nuevas técnicas para la selección y rendimiento del equipo pesado en la mina subterránea de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.

3.1.1.1.2. De acuerdo a la técnica de contrastación

La investigación es de tipo explicativa ya que permite la relación entre dos o más variables por relación de correlación.

3.1.1.1.3. De acuerdo a la direccionalidad

La investigación es de tipo prospectiva debido a que el fenómeno a estudiarse presenta la causa en el presente y el efecto en el futuro. (Kaseng Solís, 2017)

3.1.1.1.4. De acuerdo al tipo de fuente de recolección de datos

La investigación es de tipo proyectiva debido a que la información se ha obtenido de acuerdo a los criterios del investigador y para los fines específicos de la investigación.

3.1.1.1.5. De acuerdo con la evolución del fenómeno estudiado

La investigación es de tipo transversal.

3.1.1.2. Nivel

El nivel de investigación es de nivel predictivo I con estadística básica.

3.1.2. Diseño

El diseño de la investigación es experimental.

3.1.3. Estrategia de la prueba de hipótesis

Los pasos son los siguientes:

Paso 1: Definición de la hipótesis nula y la hipótesis alterna

-Ho: Las variables en estudio son independientes.

-Ha: Las variables en estudio no son independientes.

Paso 2: Determinación del nivel de significancia

El nivel de significancia a considerar será de 95% ($p < 0.05$)

Paso 3: Utilización del estadístico de prueba

El estadístico de prueba a utilizar será “Chi cuadrado”

$$X^2_{calc} = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

- fo: Frecuencia del valor observado
- fe: Frecuencia del valor esperado

Paso 4: Definición de la regla de decisión

- Si $p < 0.05$ entonces se rechaza la hipótesis nula
- Si $p > 0.05$ entonces se aceptará la hipótesis nula.

Paso 5: Toma de decisiones

Conforme a la regla anterior se aprueba o rechaza la hipótesis propuesta.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

La población está constituida por los equipos pesados utilizados en la Mina subterránea de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.

3.2.2. Muestra

La muestra se considera a los siguientes equipos:

- Jumbo electrohidráulico
- Scooptram diesel
- Dumper
- Scaler
- Scissor bolter (jumbo emperador)

3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El tipo metodológico aplicado en esta investigación se considera como experimental según Narváez, Rosa (1997), este tipo de investigación sugiere la formulación de objetivos y/o preguntas de investigación. Cabe destacar que esta investigación corresponde a las investigaciones explicativas, descriptivas, evaluativa, de acción, de diseño y los estudios de campos entre otras. Es por esto que se dice que el presente estudio es de campo, ya que permitirá en forma directa,

la observación y recolección de datos para el mejoramiento de la perforación y voladura.

Descriptivo, según Sabino, Carlos (1999) señala que, consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento. “Los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables, y aun cuando no se formulen hipótesis, las primeras aparecerán enunciadas en los objetivos de investigación.

Por lo tanto, el tipo de investigación para este trabajo también es Descriptivo, debido a que permite analizar, registrar y describir las actividades ejecutadas en este proceso de diagnóstico.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Entre las técnicas e instrumentos tenemos:

- Fichas de registro, comentario y de resumen.
- Acceso a archivos técnicos.
- Cuestionario de información y ficha de campo.
- Discusión en talleres para esclarecer los problemas presentados
- La observación y evaluación.
- Entrevistas con personas experimentadas en equipos.
- Notas de campo, fichas o guías de observación.
- Registro de evaluación.
- Elaboración de tablas y gráficos para la apreciación de los resultados comparativos.

3.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

Se revisará sistemáticamente toda la información recopilada a efectos de determinar su calidad y el grado de confianza y se someterá a un tratamiento estadístico y uso de hojas Excel.

3.6. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Para la prueba de hipótesis, se realizará de acuerdo al número de muestras obtenidas, valiéndonos de la “T” de Student o la prueba “Z”, si es cola derecha o cola izquierda de la campana.

CAPÍTULO IV

ASPECTOS GENERALES DE LA MINA

4.1. UBICACIÓN Y ACCESO.

La unidad minera Atacocha está ubicada en el flanco oriental de la Cordillera de los Andes, en el paraje de Atacocha, distrito de San Francisco de Yarusyacán, Provincia de Pasco - Departamento de Pasco. Atacocha es un yacimiento ubicado a 15 km. al Nor-Este de la ciudad de Cerro de Pasco, a una altitud media de 4,050 msnm. La planta concentradora de Chicrín está a una altitud de 3,600 msnm. (Lámina N° 4.1).

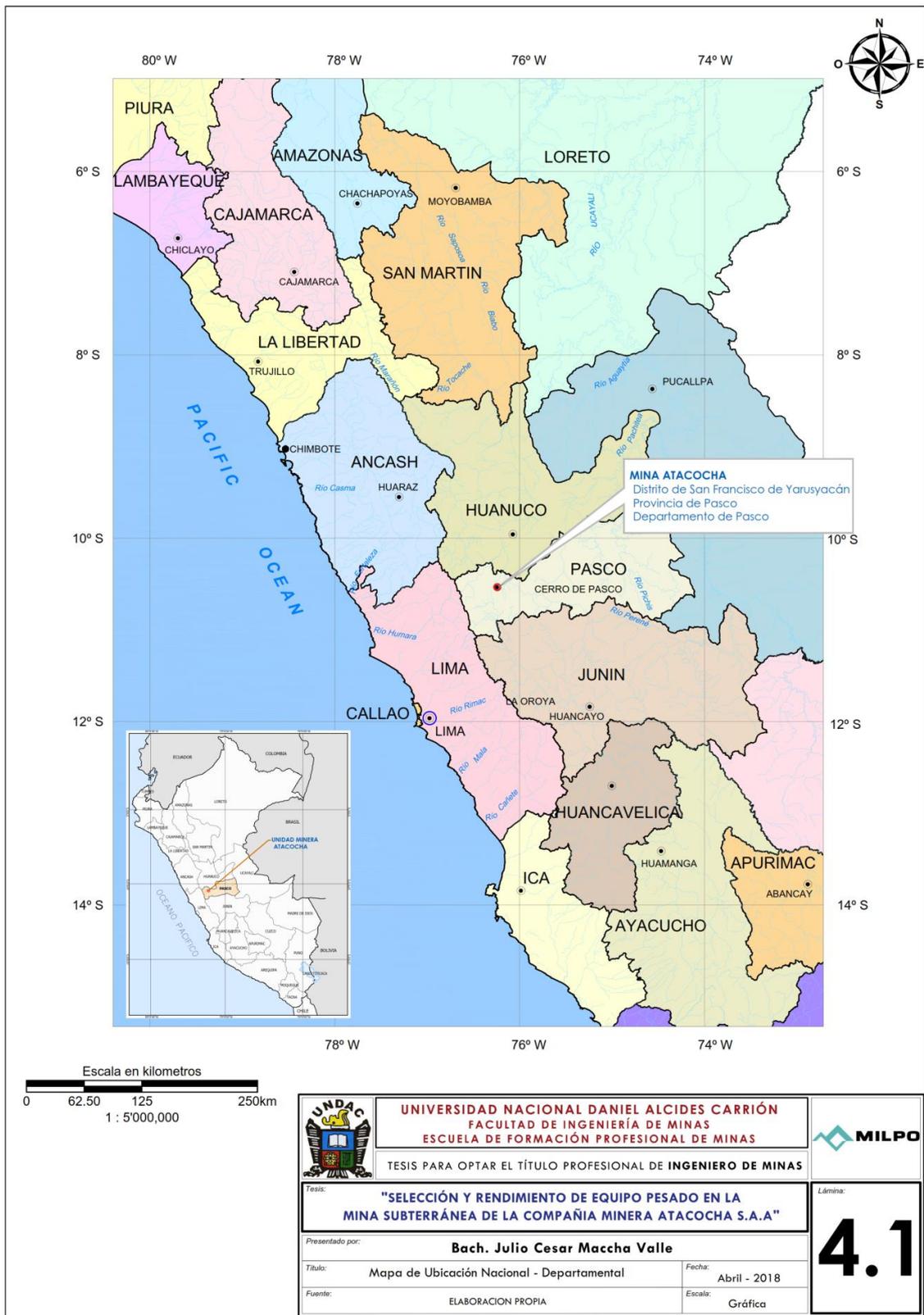


Lámina N° 4.1: Mapa de ubicación de la mina Atacocha

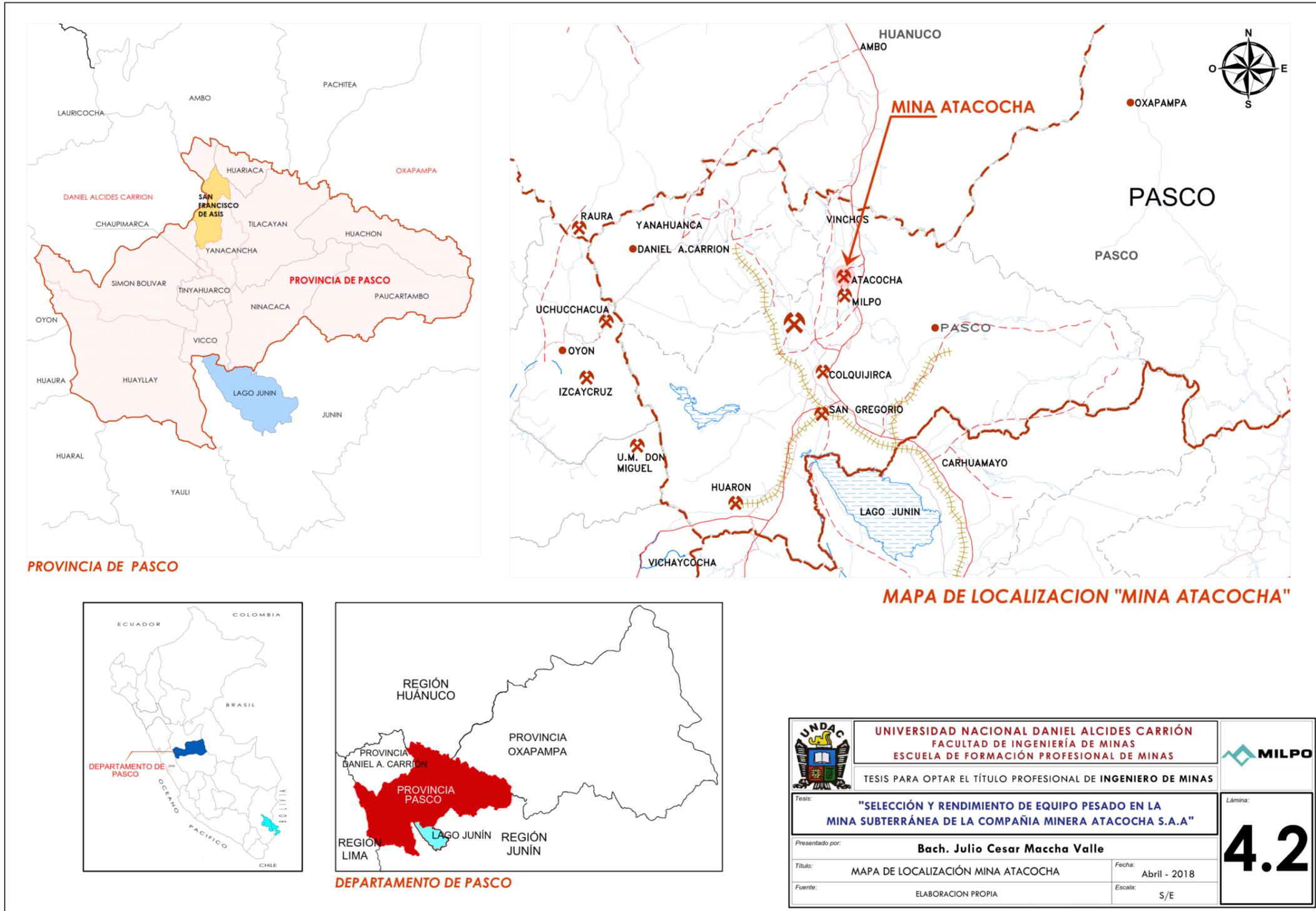


Lámina N° 4.2: Mapa de localización de la mina Atacocha

La mina Atacocha ha sido adquirida por **Milpo** en noviembre de 2008, produce concentrados de zinc, plomo y cobre, con contenidos de oro y plata, a través de la flotación de mineral en su propia planta concentradora, la misma que tiene una capacidad instalada de 4,400 toneladas por día.

Actualmente, esta Unidad Minera se encuentra en un proceso de integración operativa con la Unidad Minera El Porvenir, el mismo que tiene como objetivo capturar importantes sinergias entre ambas unidades considerando su proximidad y similitudes operativas.

Principales Indicadores

Producción Estimada de Finos anual:

Zinc - 30 mil tmf

Cobre - 1 mil tmf

Plomo - 14 mil tmf

Contenido Estimado de Plata anual:

Plata - 2 millones de onzas.

Ficha Descriptiva

Parte del Grupo Milpo: Adquirida en Noviembre de 2008.

Características: Mina polimetálica subterránea.

Producción: Produce concentrados de zinc, plomo y cobre con contenidos de plata y oro

Volumen de Producción: 4,400 toneladas por día.

Principales Indicadores

Producción Estimada de Finos anual:

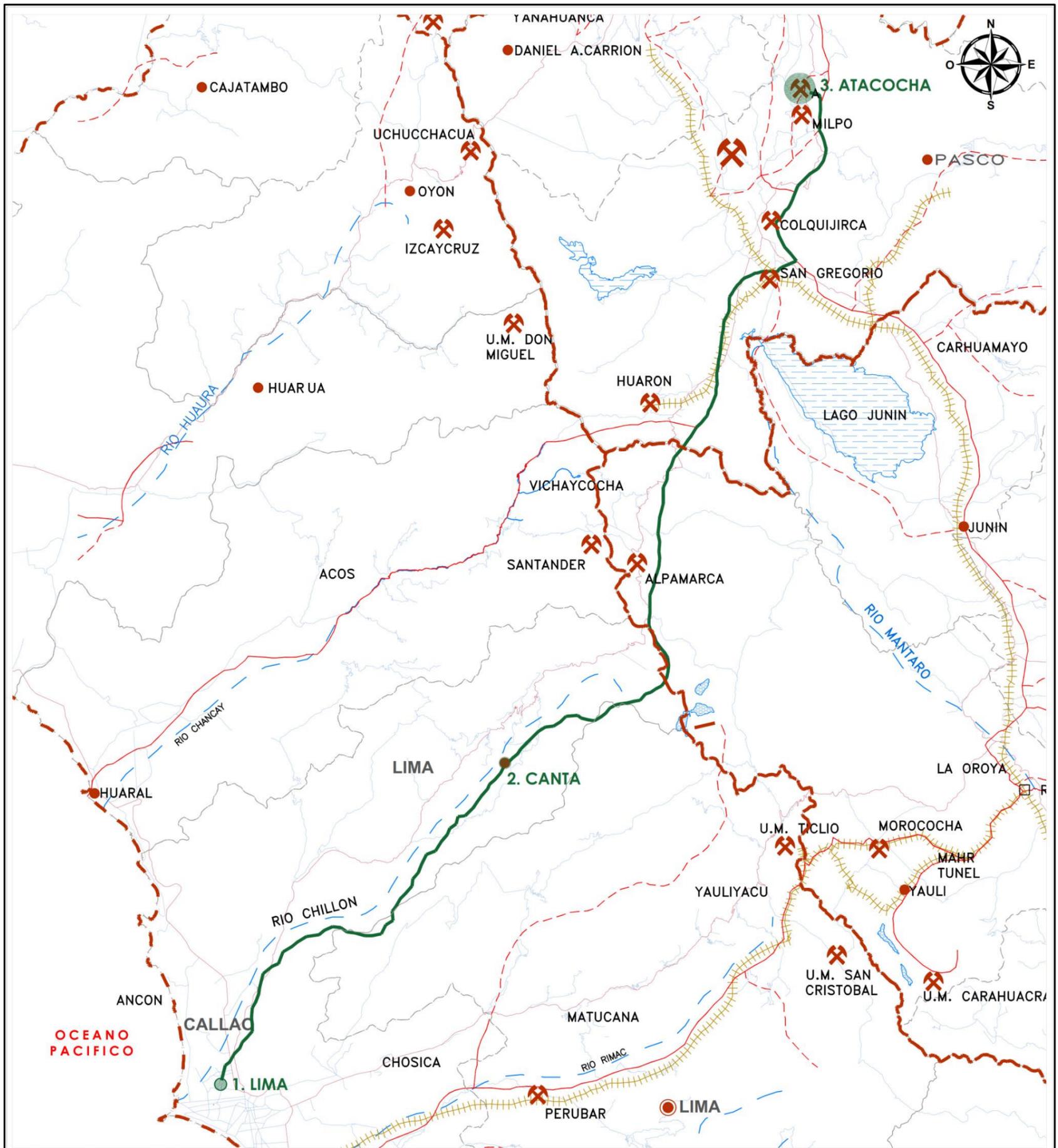
Zinc - 177 mil tmf

Cobre - 39 mil tmf

Plomo - 15 mil tmf

Contenido Estimado de Plata anual: Plata = 3 millones de onzas

La planta concentradora de Chicrín está a una altitud de 3,600 msnm y es accesible por la carretera central Lima-Huánuco a la altura del kilómetro 324. El acceso a la mina Atacocha desde Chicrín es una trocha carrozable de 7 km. de longitud que cubre un desnivel de 450 metros. Ver la lámina N° 4.3.



MAPA DE ACCESIBILIDAD "MINA ATACOCHA"



LEYENDA	
RUTA DE ACCESIBILIDAD	

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS		
	TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS		
Tesis: "SELECCIÓN Y RENDIMIENTO DE EQUIPO PESADO EN LA MINA SUBTERRÁNEA DE LA COMPAÑÍA MINERA ATACOCHA S.A."			
Presentado por: Bach. Julio Cesar Maccha Valle			
Título: MAPA DE ACCESIBILIDAD MINA ATACOCHA		Fecha: Abril - 2018	
Fuente: ELABORACION PROPIA		Escala: S/E	
			4.3

Lámina N° 4.3: Accesibilidad de la mina Atacocha

4.2. GEOLOGÍA

Geográficamente, la Unidad Minera Atacocha está ubicada en el tramo de la Cordillera Central que forma el Nudo de Pasco, en el flanco E de la Gran Falla Milpo - Atacocha, entre los Ríos Tingo y Huallaga, a una altura promedio de 4,300 m.s.n.m.

En el Yacimiento de Atacocha, se ha diferenciado las siguientes unidades litológicas, que van de piso a techo: Grupo Pucará: unidades, (A, B, C, D) Formación Chambará, (E) Formación Aramachay, (F) Formación Condorsinga y dolomías.

La mina Atacocha se divide en los siguientes Sectores: Atacocha, San Gerardo y Santa Bárbara, las cuales están ubicadas al Norte, Noroeste y Noreste, respectivamente, de la intersección de las fallas principales Atacocha, Falla 1 y Falla 13.

El yacimiento Atacocha de acuerdo a las características mineralógicas, alteración, roca caja, modo de emplazamiento, relleno y/o reemplazamiento, distribución espacial, proximidad de intrusivo, etc. se ha definido los siguientes tipos y estilos de mineralización:

Cuerpos de Skarn (Santa Bárbara, Pradera-Vasconia, San Pedro, Miguel, Vasconia, Silvana)

Estos cuerpos de skarn se caracterizan por la siguiente asociación mineralógica: pirita, calcopirita, esfalerita, galena y en algunos lugares, se observa pirrotita, pirita II, bournonita y covelita, predominando las piritas en los niveles inferiores.

Brechas Calcáreas (Anita, Cristina, Cristina NE)

La mena se encuentra en matriz constituida por pirita, esfalerita, galena, sulfuros finos. Además, se ha identificado la asociación de pirita, oropimente, rejalgar y sulfuros finos (Nivel 3,600) hacia los contactos de la brecha, se tiene calizas marmolizadas con débil mineralización.

Brechas Heterolíticas (OB-17, OB-15, OB-18, OB-23, OB-Cr, Veta I, Veta L, Veta Cherchere, Veta SG)

La mena se encuentra principalmente en la matriz de la brecha heterolítica y consta de pirita, esfalerita, galena, sulfuros finos, hacia la denominada Veta T se observa pirita I, pirita II, siendo la esfalerita de coloración clara.

Vetas (Veta-P, Veta-Pr, Veta Rp)

La mena consta de venillas de mena asociada a venas de skarn en contacto con mármol, la mineralogía consta de pirita, calcopirita, esfalerita, galena, cuarzo y carbonatos.

Brechas Silíceas (OB-9)

La roca consta de brecha silícea, la mena está en venas de pirita, galena, esfalerita, sulfuros finos, distribuidos en la matriz de sílice-sericita-arcillas.

Brechas Heterolíticas (OB-13B, OB-13 BSkn, OB-13C).- La mineralogía es de pirita, calcopirita, esfalerita, galena y sulfuros finos, distribuida en la matriz de las brechas, también, se observa mineralización en los contactos con mármol. Esta asociación es de esfalerita, galena, pirita.

Cuerpos de mármol (OB-13)

Presenta la asociación mineralógica de pirita, esfalerita, galena, calcopirita y sulfuros finos, se encuentra emplazada como cuerpos de reemplazamiento en skarn de granates verdes, mármol, sílice en la parte central.

4.3. OPERACIÓN MINERA

La capacidad de producción de la mina es de aproximadamente 4300 t/día. Para lograr la producción y avance la empresa Minera Atacocha S.A.A. utiliza 05 equipos de perforación Jumbos electrohidráulicos, 3 equipos de desate mecanizado Scaler, 5 equipos de sostenimiento 2 Scissors Bolter y 3 Small Section y para la limpieza de mineral o desmonte emplea 9 Scooptrams.

Aplica 01 método de explotación, que es corte y relleno ascendente en breasting.

Método Corte y relleno ascendente mecanizado en breasting

El método consiste en realizar cortes horizontales a través de un acceso el cual inicia con gradiente negativa (-15%) y termina en positivo (+15%) y son perpendiculares a la estructura mineralizada.

La preparación se inicia construyendo rampas largas o en espiral; generalmente estas se construyen en la caja de mejor calidad geomecánica de la estructura mineralizada. Desde las rampas nacen los by pass paralelos a los cuerpos y desde esta infraestructura, nacen los accesos siendo dos por stope (cada estope tiene entre 80 a 150 m), los cuales permiten tener stopes entre 40 y 60 m de longitud para cada tramo.

La unidad minera Atacocha, para extraer el mineral con valor económico realiza un proceso cíclico de perforación, voladura, desate, sostenimiento, limpieza y carguío – transporte.

Perforación

Se utilizan jumbos electrohidráulicos de dos brazos marca Tamrock-Sandvik, con barras de 14' de longitud.

Equipo de Perforación

Marca : Sandvik
Modelo : DD 320-DD321

Voladura

Los explosivos utilizados en la unidad minera Atacocha son:

Anfo, Examon-P, Cordón detonante, Fulminante Común N° 8, Detonador no electrónico, Emulsión Encartuchada, Mecha de Seguridad.

Asimismo, en cumplimiento del DS N° 024-2016-EM, se cuenta con procedimientos para el almacenamiento, transporte, manipuleo y eliminación de desechos de los explosivos.

Equipo de Carguío

Cargador : Anfo Loader
Marca : BTI
Modelo : ALB 4.5 LP15ARN
Capacidad de Carguío : 250 KG de explosivo

Explosivos y Accesorios de Voladura

Cebo : Emulsión encartuchada Emulex 80 y 45

Carga Columna : ANFO, Examon-P

Accesorios : Cordón Detonante 5P

Guía de seguridad Blanca ó carmex.

Fulminante Común N° 8

Detonador no electrónico

Desatado

Previa a la perforación de techo se realiza el desatado de rocas en el techo y los hastiales con los Scaler. La altura del techo tanto para el desatado como para la perforación es de 5 metros, considerando que esa es la altura estándar para el mejor trabajo del equipo.

Equipo de Desate

Equipo : Scaler

Marca : BTI

Modelo : HS18-BX10

Alcance máximo : 6.50 m. de altura

Sostenimiento

Posterior a la voladura se realiza el sostenimiento de las labores, para lo cual se usa Scissor Bolter o Small Section Bolter.

El tipo de sostenimiento se selecciona de acuerdo al tipo de roca y tipo de labor, según la cartilla GSI brindada por el área de geomecánica; para lo cual se dispone de pernos Split set, pernos helicoidales, malla electrosoldada, shotcrete y cimbras.

Equipo de Sostenimiento

Marca	:	McLean
Modelo	:	MEM 946
Altura máxima	:	
Small Section Bolter	:	4.5 m
Scissor Bolter	:	6 m

Limpieza. La limpieza de mineral en los tajeos se realiza con los Scooptrams de 6 yd³ y se acumula en las cámaras de carguío para su posterior acarreo.

Equipo de Limpieza

Marca	:	Caterpillar
Modelo	:	R1600G
Capacidad	:	6 yd ³

Carguío y transporte

El carguío se realiza con Scooptrams de 6 yd³; el mineral se transporta con volquetes de 25 Tn, desde los tajeos hacia las parrillas.

El mineral proveniente de los tajeos en el Nv. 3300 se vierte en las parrillas 1 y 2. Posteriormente el material es izado al Nv. 3600 mediante el pique 447.

El nivel de extracción principal es por el Túnel Don Paco se encuentra en el Nv. 3600, en el cual se encuentran las tolvas hidráulicas. El transporte de mineral se realiza con locomotoras BTI, con carros mineros de capacidad de 180 pies³ (8 TN).

Equipos de transporte (Volquetes):

Marca	:	Volvo
Modelo	:	FMX
Capacidad	:	25 TM

Equipos de Transporte (Locomotoras)

Marca	:	BTI
Modelo	:	TROCHA 600
Capacidad	:	8TN

Herramientas de Gestión

Habla Fácil: El Habla Fácil es una herramienta de gestión en la cual el personal de trabajo reporta incidentes en la seguridad y el medio ambiente las cuales son derivadas a las áreas correspondientes para su debido levantamiento.

Iperc: El iperc es una herramienta de gestión en la cual se identifica los peligros se evalúan los riesgos y se toman los controles necesarios, todo el personal antes de iniciar sus labores debe realizar el IPERC y este debe ser revisado y liberado por el capataz o jefe de guardia.

Check List: Es un formato que es llenado por todos los operadores de equipos, en la cual revisan al detalle los equipos para reportar si el equipo está en condiciones óptimas para realizar el trabajo de la guardia.

Operaciones

Las operaciones se desarrollan de la siguiente manera:

- Se inicia con el reparto de la guardia en la cual todos los líderes de todas las áreas correspondientes a compañía y empresas especializadas se reúnen para poder coordinar los trabajos a realizar en la Guardia.

- Guardia Día : 6:20 a.m – 6:50 a.m
- Guardia Noche : 6:20 p.m – 6:50 p.m
- A continuación, se realiza una charla entre los supervisores y personal de Compañía en las cuales se tratan temas de sensibilización, capacitaciones, informes de avance y temas sobre la operación.
- Guardia Día : 7:00 a.m – 7:30 a.m
- Guardia Noche : 7:00 p.m – 7:30 p.m
- Después de la reunión el personal es trasladado a la boca mina del Nv.3600 para ser traslado con litorina hacia la ventana de la Rampa 990 y de ahí ser trasladados al Nv. 3300 es donde se centra todas las operaciones.
En el Nv.3300 se encuentra labores de producción y avance.

Labores de Producción de Mineral:

- Stp. 858
- Stp. 765

Labor de Desarrollo:

- Rpa. 910

Todos los trabajos se realizan hasta:

- Guardia Día : 6:00 p.m
- Guardia Noche : 6:00 a.m
- Las horas de voladura se realizan:
 - Guardia Día : 6:00 p.m
 - Guardia Noche : 6:00 a.m

Equipo de trabajo. Todos los trabajos son realizados por los colaboradores de compañía y empresas especializadas los cuales son dirigidos por un capataz quien

coordina las tareas a realizar durante la guardia y está al tanto de todos los procesos a desarrollarse, y este es supervisado por un jefe de guardia quien se encarga de velar y dar condiciones para que los trabajos se realicen con seguridad respetando los estándares establecidos por la Empresa.

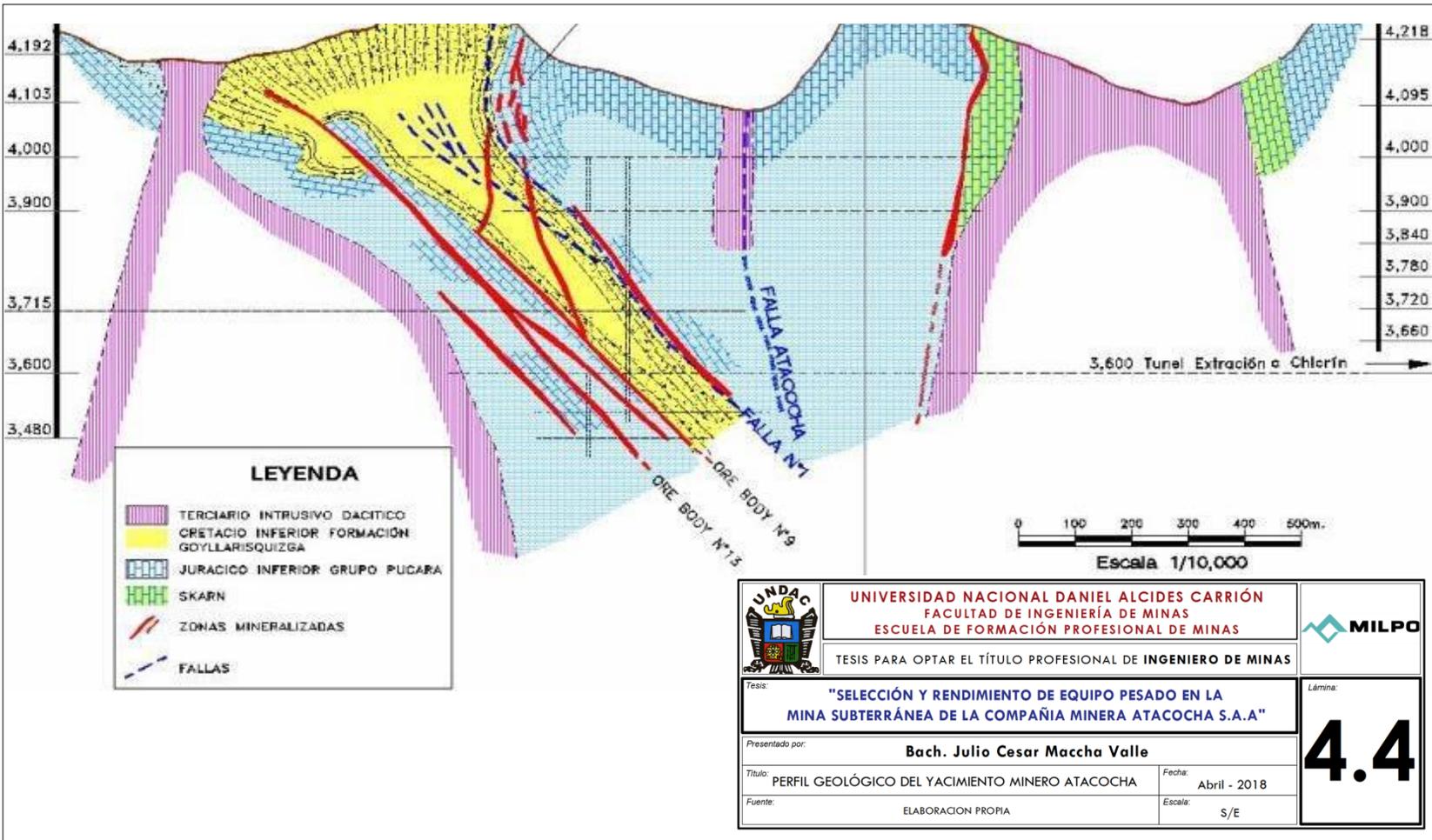


Lámina N° 4.4: Perfil geológico del yacimiento minero de Atacocha

CAPÍTULO V

COSTO HORARIO DE LOS EQUIPOS

5.1. GENERALIDADES

Antes de hallar el costo horario de los equipos y seguro de que este trabajo despertará inquietudes entre los estudiantes, profesionales y propietarios de equipos que trabajan con costos es que desarrollo a manera de introducción un método técnico y sencillo que permita en forma ordenada estimar los costos de posesión y operación de la maquinaria.

Este trabajo también contiene, información proveniente de manuales de fabricantes de maquinaria, manual de CAPECO, manual de equipos Caterpillar, Komatsu, General Motors, etc.

Es necesario remarcar no sólo a los estudiantes sino también a los propietarios de los equipos a comprender cabalmente que la maquinaria y equipos es uno de los bienes de capital más costosos; por ello quien posee éstos debe tener en cuenta el

capital que ha invertido en su adquisición como un dinero susceptible de ser recuperado con una utilidad razonable, a través del cual le permita, por un lado , la conservación de la maquinaria y por otro lado asegure la periódica renovación de los equipos.

Es importante indicar, que para el análisis del costo de hora-máquina se ha considerado condiciones medias o promedio de trabajo; por lo que cada vez que se está analizando un proyecto de obra específico será necesario analizar con cuidado las condiciones de trabajo y hacer las correspondientes modificaciones a las tarifas utilizando para ello la experiencia y el sentido común del ingeniero encargado de elaborar el correspondiente análisis del costo.

5.2. COSTO DE OPERACIÓN O COSTO HORARIO DEL EQUIPO

Se define “Costo de Operación” de una maquinaria a la cantidad de dinero invertido en adquirirla, hacerla funcionar, realizar trabajo y mantenerla en buen estado de conservación, es decir que en este costo debe incluirse los gastos fijos y los gastos variables o costo de posesión y costo de operación.

COSTO HORARIO DEL EQUIPO

- | | | |
|-------------------------|---|-----------------|
| 1. COSTO DE
POSESIÓN | { | 1. Depreciación |
| | | 2. Interés |
| | | 3. Seguros |
| | | 4. Almacenaje |

2. COSTO DE OPERACIÓN
- 1. Mantenimiento y reparaciones
 - 2. Costo de llantas
 - 3. Mantenimiento de llantas
 - 4. Combustible
 - 5. Lubricantes y grasa
 - 6. Filtros
 - 7. Operador

3. GASTOS GENERALES Y UTILIDADES

1. COSTO DE POSESIÓN

El simple hecho de ser propietario de un equipo o maquinaria, representa un costo permanente, total independiente al trabajo que puede ejecutar el equipo, estos costos se derivan de:

1.1. DEPRECIACIÓN (D)

Es el costo equitativo de retorno de capital, que resulta de la disminución en el valor original el valor de rescate, durante el tiempo de su vida económica.

$$D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{0,85Va}{Ve}$$

Va = Valor adquisición

Vr = Valor de rescate

V_e = Vida económica en horas

VALOR DE ADQUISICIÓN (V_a)

Es el precio actual en el mercado. En ésta cotización está incluido el precio de la unidad puesta en el puerto de embarque (FOB) más los gastos de embarque, fletes y desembarque en el puerto de Callao (CIF – Callao) pagos de derechos Ad – Valoren, derechos portuarios de almacenaje y transporte hasta el depósito del propietario.

VALOR DE RESCATE (V_r)

Llamado comúnmente valor recuperable, es el valor de reventa que tendrá la maquinaria al final de su vida económica, que por lo general son las piezas que se pueden utilizar en otras maquinarias.

Generalmente, el valor recuperable fluctúa entre 10 a 20% del valor de adquisición se considera una buena práctica considerar el 15% V_a .

VIDA ECONÓMICA UTIL (V_e)

Es el periodo durante el cual la máquina trabaja con un rendimiento económicamente justificable.

A medida que pasan los años y el uso de la maquinaria, la productividad de la misma tiende a disminuir y por ende sus costos de operación van en constante aumento como consecuencia de los gastos cada vez mayores de mantenimiento y reparación. Así, también se producen con mucha mayor frecuencia averías en las máquinas que aumentan los tiempos muertos reduciendo su disponibilidad llegando a afectar la productividad de otras maquinarias que dependen de ella.

La depreciación para equipos sobre neumáticos será:

$$D = \frac{0,85Va - Vn}{Ve}$$

Vn = Valor de neumáticos

Tabla N° 5.1: Vida económica útil de los equipos

DESCRIPCIÓN	AÑOS	HORAS
Compresor neumático 125 – 800 cm	6	12,000
Martillos neumáticos	3	12,000
Perforadora sobre orugas	6	
Cargadores sobre llantas 1.5 – 3.5 yd	5	10,000
4.0 – 8.0 yd	6	12,000
Tractores sobre orugas 60 – 190 HP	5	10,000
190 – 240 HP	6	12,000
Volquete	5	10,000
Camioneta	7	8,00

Fuente: Elaboración propia.

Generalmente, los manuales y libros técnicos estiman la vida útil en horas; pero para efectos de cálculo se debe de convertir en años, que se estima en 2,000 horas anuales de trabajo para máquinas pesadas (un año de 10 meses, un mes de 25 días y un día de 8 horas) y de 1.000 horas anuales para equipos como martillos.

1.2. INTERES DE CAPITAL INVERTIDO (I)

A pesar de que el empresario paga su equipo al contado, debe de cargársele los intereses de esa inversión, ya que cualquier capital invertido en otro negocio produce dividendos, la tasa de interés promedio anual actualmente está: 9.7%

$$I = \frac{i \times I.M.A.}{H.O.A.}$$

i = Tasa vigente anual de interés

I.M.A. = Inversión media anual

H.O.A. = Horas operadas por año

$$I.M.A. = \frac{N + 1}{2N} \times Va$$

N = Vida económica útil en años

Va = Valor de adquisición

1.3. SEGUROS Y ALMACENAJE (S.A.)

SEGUROS

Las primas de seguros varían de acuerdo al tipo de maquinaria y a los riesgos que deben cubrir durante su vida económica. Este cargo existe tanto en el caso de que la maquinaria se asegure con una compañía de seguros, como en el caso de que el propietario decida hacer frente con sus propios recursos (auto aseguramiento).

El tipo de seguros a considera es el TREC (Todo Riesgo Equipo Contratista) como promedio se considera 3.5% de acuerdo a un estudio realizado por las Empresas de Seguros.

ALMACENAJE

Este costo es ocasionado por la permanencia del equipo en talleres centrales y custodia este costo se estima que es del orden del 1.5%.

$$S.A. = \frac{(S + Alm.) \times I.M.A.}{H.O.A.}$$

S = Prima anual por seguro (TREC) 3.5%

Alm. = Porcentaje por almacenaje 1.5%

H.O.A. = Horas operadas por año.

Entonces

$$S.A. = \frac{0,05 \times I.M.A.}{H.O.A.}$$

2. COSTO DE OPERACIÓN

Son los gastos que ocasiona el equipo al ponerlos en operación, estos costos se consideran aun cuando el equipo no los ocasiona por estar nuevo. Estos costos se derivan de:

2.1. MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

Este ítem incluye los costos de los repuestos y la mano de obra que insume el mantenimiento normal y reacondicionamiento periódico del vehículo a fin de que trabaje con un rendimiento normal, si el equipo es sobre neumáticos el valor de los neumáticos.

$$MR = \% MR \times \frac{Va - Vn}{Ve}$$

MR = Costo de mantenimiento y reparación

% MR = Porcentaje de Mant. y Rep.

Va = Valor de adquisición

Vn = Valor de los neumáticos

Ve = Vida económica en horas

Tabla N° 5.2: Porcentaje de mantenimiento y reparaciones

DESCRIPCIÓN	CONDICIONES		
	BUENAS	MEDIAS	MALAS
	%	%	%
Compresoras neumáticas	60	80	100
Martillo neumáticos	20	30	40
Perforadora sobre orugas	40	60	80
Cargadores sobre neumáticos			
1.5 – 3.5 yd ³ .	45	55	70
4.0 – 8.0 yd ³	40	60	80
Tractores sobre orugas			
60 a 190 HP	40	60	80
190 a 240 HP	50	85	115
Volquete	40	50	60
Camioneta	40	50	60

Fuente: Elaboración propia

2.2. NEUMÁTICOS (N)

Es sumamente dificultoso de terminar la vida útil de los neumáticos puesto que la misma se ve influenciada por múltiples condiciones operativas, tales como velocidad, pendiente, superficies, curvas, mantenimiento, etc.

En este costo también se incluye el de las cámaras y poncho de seguridad si utiliza.

$$N = \frac{Vn}{Vu}$$

Vn = Costo de los neumáticos

Vu = Vida útil del neumático en horas

Tabla N° 5.3: Vida útil – neumáticos

DESCRIPCIÓN	Vu (hrs)
a. Equipo de transporte	
Camionetas	1 000
Volquetes	2 000
Dumper	3 000
b. Equipo para movimiento de tierras	
Cargadores	
Mototrailas	2 500
Retroexcavadoras	3 000
Tractor	2 000
c. Equipos diversos	2 000
Compresoras neumáticas	
	6,000

Fuente: Elaboración propia

La vida útil que se presenta para las diferentes máquinas se ha calculado teniendo en cuenta la experiencia de los fabricantes y las condiciones medias de trabajo.

2.3. REPARACIÓN DE NEUMÁTICOS (RN)

Es el margen de seguridad al costo de reposición de los neumáticos.

$$RN = \%RN \times N$$

RN = Costo de reparación de los neumáticos

% RN = Factor de reparación de los neumáticos

N = Costo de reposición de los neumáticos.

Tabla N° 5.4: Condiciones de trabajo

CONDICIONES DE TRABAJO	% RN
Favorable	12
Media	15
Desfavorable	17

Fuente: Elaboración propia

Generalmente se toma 15% como factor de reparación de los neumáticos salvo que las condiciones generales de trabajo determinan otro factor.

Entonces:

$$RN = 0.15 N$$

2.4. COMBUSTIBLE (CC)

Los costos de los combustibles se basan en los precios locales y en el nivel de consumo de combustible del motor. Este último depende de la potencia y del ciclo de tarea del motor. El nivel de consumo de un tipo de vehículo se halla multiplicando la potencia bruta del motor por el consumo nominal de combustible (0.06 Gal./HP hora) y por el % de ciclo de trabajo.

$$CC = CH \times \text{Costo por galón}$$

CH = Consumo horario

$$CH = Potencia(HP) \times \frac{0,06Gal}{HP\text{hora}} \times \% CT$$

%CT = % de ciclo de trabajo

Tabla N° 5.5: Porcentaje de ciclo de trabajo

DESCRIPCIÓN	CONDICIONES		
	BUENAS	MEDIAS	MALAS
	%	%	%
I. Equipo de Transporte			
Camionetas	25	30	35
Volquetes	30	40	50
Dumper	30	40	50
II. Equipo para mov. de tierras			
Cargadores	35	45	55
Mototraillas	50	60	70
Retroexcavadoras	65	72	80
Tractor de orugas	60	70	80
III. Equipos de diversos			
Compresoras neumáticas	40	50	60

Fuente: Elaboración propia

2.5. LUBRICANTES

Es el costo total que genera el consumo de los diferentes aceites como aceite de motor, aceite para controles hidráulicos de transmisión y grasas, este consumo está en relación a la capacidad de la máquina y el mantenimiento que se le aplica periódicamente.

Es costo del lubricante queda a criterio del ingeniero encargado del mantenimiento, dándole el peso respectivo a los diferentes lubricantes que utiliza el equipo.

$$CL = \text{Costo de lubricantes} + \text{costo de grasa.}$$

Para hallar el costo horario de lubricantes se ha elaborado una tabla que proviene de la experiencia y estadística de las principales empresas productoras de lubricantes.

2.6. FILTROS

Es el costo que genera el cambio de los filtros que utiliza la máquina tales como filtro de petróleo, aceite, aire, líquido hidráulico entre otros, según requerimiento de la máquina. Este costo se estima que es el 20% del costo de combustible y lubricantes.

$$F = 0,2 (CC + CL)$$

2.7. OPERADOR

Debido a la variedad en los costos de operador entre distintas localidades debe usarse siempre el índice salarial local donde la máquina operará. Al costo del operador debe incluirse los beneficios sociales.

3. GASTOS GENERALES Y UTILIDADES

Según resolución Ministerial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones se adicionará al costo de alquiler por los siguientes conceptos y porcentajes.

Gastos generales 5 %

Utilidades 5 %

En el rubro de gastos generales y utilidades, se considera los gastos correspondientes a la administración, instalación, equipamiento de talleres, personal de vigilancia y control, vehículo para el transporte y servicio del equipo, sueldos de supervisores y personal de oficina personal encargado de obtención de repuestos.

Estos gastos generales y utilidades son aplicable sólo para equipos en alquiler a fin de percibir una utilidad razonable, algunos estiman en un 20% del costo directo.

A manera de información, indicamos las partidas arancelarias correspondientes a diferentes equipos que afectan el costo CIF – Callao.

A continuación, se muestra los cálculos del costo de propiedad y operación de los equipos pesados utilizados en la mina Atacocha.

5.3. CÁLCULO DE COSTO HORARIO DE JUMBO FRONTONERO

DATOS GENERALES

Máquina	Jumbo
Marca	Atlas Copco
Modelo	Boomer 282
Peso	18 000 kg
Vida	N = 7,5 años
	Ve = 15,000 horas

CONDICIONES ECONÓMICAS

Valor CIF (Callao)	= \$ 585 000,00
Tipo de cambio \$ 1	= S/.3,35
Derechos de Importación	= 15%
Desaduanaje	= 5%
I.G.V.	= 18%
Aduana – almacén	= \$ 0,0043 / kg.
Interés dólar	= 10,9 % anual

GASTOS VARIABLES:

Petróleo	= 3,9 \$/ galón
Aceite	= 7,8 \$/galón
Grasa	= 1,46 \$/lb
Electricidad	= 2,9 \$/hora

ANÁLISIS DEL COSTO HORARIO

Valor CIF. Máquina importada	\$ 585 000,00
Derechos de importación	\$ 87 750,00
Desaduanaje	\$ 29 250,00
Impuesto general a la venta	\$ 105 300,00
Transporte aduana-almacén	\$ 77,4

Valor de adquisición	\$ 807 377,40
Valores neumáticos	\$ 5 500,00

1. COSTO DE POSESIÓN

1.1. DEPRECIACIÓN \$ / hora

$$D = 0.85 \frac{Va}{Ve} = \frac{0,85 (807377,4 - 5 500)}{15,000h} = 45,4$$

1.2. INTERESES

$$IMA = \frac{N+1}{2N} \times Va = \frac{7,5+1}{2 \times 7,5} \times 807 377,4 = 457513,9$$

$$I = \frac{i \times IMA}{HOA} = \frac{0.1095 \times 457513,9}{2 000h} = 25,00$$

1.3. SEGUROS Y ALMACENAJE

$$SA = \frac{0.05 \times IMA}{HOA} = \frac{0,05 \times 457513,9}{2,000 h} = 11,4$$

2. COSTO DE OPERACIÓN:

2.1. MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

$$MR = \% MR \frac{Va}{Ve} = 124,6$$

2.2 NEUMÁTICOS

$$N = Vn / Vu = 5500 / 800 = 6,9$$

2.3 REPARACIÓN NEUMÁTICOS

$$RN = \% RN \times N = .15 \times 6,9 = 1,0$$

2.4 COMBUSTIBLE

$$CH = \frac{\text{Potencia} \times 0,06 \text{ gl} \times \% \text{ ciclo}}{\text{HP} \times \text{h}}$$

$$CH = 180 \text{ HP} \times 0,03 \text{ gl} \times 0,50 = 2,70 \text{ gl/h}$$

$$CC = 2,7 \times 3,9 \$ / \text{galón} = 10,5$$

2.5 LUBRICANTES

$$CL = \left(\frac{0,22 \text{ gl.}}{\text{h}} \times \frac{7,8 \$}{\text{gl}} \right) + \left(\frac{0,11 \text{ lb}}{\text{h}} \times \frac{1,8 \$}{\text{lb}} \right) = 1,9$$

2.6 FILTROS

$$F = 0,2 (CC + CL) = 0,2 (10,5 + 1,9) = 2,4$$

$$2.7 \text{ ENERGÍA ELÉCTRICA} = 2,9$$

$$2.8 \text{ OPERADOR} = 3,0$$

$$\text{COSTO HORARIO DE JUMBO FRONTONERO} = \$ 329,5 / \text{hora}$$

5.3 CÁLCULO DE COSTO HORARIO DE DUMPER (CAMIÓN DE BAJO PERFIL)

DATOS GENERALES:

Máquina	Dumper
Marca	Sandvik
Modelo	TH-320
Potencia	322 HP
Capacidad	10,2 TM = 20 ton.
Peso	22 300 kg
Vida	N = 10 años
	Ve = 20 000 horas

CONDICIONES ECONÓMICAS

Valor CIF.	\$ 578 000
Tipo de cambio	\$ 1 = S/.3,35
Derechos de Importación	15%
Desaduanaje	5%
I.G.V.	18%
Aduana – almacén	\$ 0.0043 / kg.
Interés dólar	10,95 % anual

COSTOS VARIABLES

Petróleo	3,9 \$/gl
Aceite	7,8 \$/gl
Grasa	1.8 \$/lb

ANALISIS DEL COSTO HORARIO

Valor CIF. Máquina importada	\$ 578 000
Derechos de importación	\$ 86 700
Desaduanaje	\$ 28 900
Impuesto general a la venta	\$ 104 040
Transporte aduana-almacén	\$ 96

Valor de adquisición	\$ 797 736
Valor de neumáticos	\$ 6 000

1. COSTO DE POSESIÓN

1.1. DEPRECIACIÓN \$/ hora

$$D = \frac{0,85 V_a - V_n}{V_e} = \frac{0,85 (797\,736 - 6000)}{20\,000h} = 33,6$$

1.2. INTERESES

$$IMA = \frac{N+1}{2N} \times V_a = \frac{10+1}{2 \times 20} \times 797\,736 = 4388\,754,8$$

$$I = \frac{i \times IMA}{HOA} = \frac{0,1095 \times 438\,754,8}{2\,000h} = 24,0$$

1.3. SEGUROS Y ALMACENAJE

$$SA = \frac{0,05 \times IMA}{HOA} = \frac{0,05 \times 438\,754,8}{2,000\,h} = 11,0$$

2. COSTO DE OPERACIÓN

2.1. MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

$$\text{Mantenimiento y reparaciones} = 36,8$$

2.2. NEUMÁTICOS

$$N = \frac{V_n}{V_u} = \frac{6000}{1600} = 3,8$$

2.3. REPARACIÓN DE NEUMÁTICOS

$$RN = \% RN \times N = 0,15 \times 3,8 = 0,6$$

2.4. COMBUSTIBLE

$$CH = \frac{\text{Potencia} \times 0,06 \text{ gl}}{\text{HP} \times \text{h}} \times \% \text{ ciclo}$$

$$CH = \frac{230 \text{ HP} \times 0,06 \text{ gl}}{\text{HP} \times \text{h}} \times 0,45 = 6,2 \text{ gl/h}$$

$$CC = 6,20 \text{ gl/h} \times 3,9 \text{ \$/gl.} = 24,2$$

2.5. LUBRICANTES

$$CL = \left(\frac{0,22 \text{ gl.} \times 7,8 \text{ \$}}{\text{h}} \right) + \left(\frac{0,11 \text{ lb} \times 1,8 \text{ \$}}{\text{h}} \right) = 1,9$$

2.6. FILTROS

$$F = 0,2 (CC + CL) = 0,2 (24,2 + 1,9) = 5,2$$

$$\text{2.7. OPERADOR} = 3,20$$

$$\text{COSTO HORARIO DE DUMPER} = \$ 144,3 / \text{hora}$$

5.5 CÁLCULO DE COSTO HORARIO DE EQUIPO DE CARGUÍO

DATOS GENERALES:

Máquina	equipo LHD Scooptram
Marca	Caterpillar
Modelo	R1600G
Potencia	270 HP
Peso	29 800 kg
Vida	N = 10 años
	Ve = 20 000 horas

CONDICIONES ECONÓMICAS:

Valor CIF.	\$ 595 000
Tipo de cambio	\$ 1 = S/.3,35
Derechos de Importación	15%
Desaduanaje	5%
I.G.V.	18%
Aduana – almacén	\$ 0.0043 / kg.
Interés dólar	10,95 % anual

COSTOS VARIABLES:

Petróleo	3,9 \$/galón
Aceite	7.8 \$/galón
Grasa	1.8 \$/libra

ANALISIS DEL COSTO HORARIO

Valor CIF. Máquina importada	\$ 595 000
Derechos de importación	\$ 89 250
Desaduanaje	\$ 4 462,5
Impuesto general a la venta	\$ 123 991,3
Transporte aduana-almacén	\$ 128,1
Valor de adquisición	\$ 812 831,9
Valor de rescate	\$ 203 208,0

1. COSTO DE POSESIÓN

1.1. DEPRECIACIÓN

$$D = \frac{V_a - V_r}{V_e} = \frac{812831,9 - 203208}{20\ 000h} = 30,5$$

1.2. INTERESES

$$IMA = \frac{N+1}{2N} \times V_a = \frac{10+1}{2 \times 10} \times 812\ 831,9 = 447\ 057,5$$

$$I = \frac{i \times IMA}{HOA} = \frac{0.1095 \times 447\ 057,5}{2\ 000h} = 24,5$$

1.3. SEGUROS Y ALMACENAJE

$$SA = \frac{0.05 \times IMA}{HOA} = \frac{0,05 \times 447\ 057,5}{2,000\ h} = 11,2$$

2. COSTO DE OPERACIÓN

2.1. MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

$$\text{Mantenimiento y reparaciones} = 42,5$$

2.2 NEUMÁTICOS

$$N = V_n / V_n = 6000 / 1600 = 3,8$$

2.3 REPARACIÓN MEUMÁTICOS

$$RN = \% RN \times N = 0,15 \times 3,8 = 0,6$$

2.4 COMBUSTIBLE

$$CH = \frac{\text{Potencia} \times 0,06 \text{ gl}}{\text{HP} \times \text{h}} \times \% \text{ ciclo}$$

$$CH = \frac{270 \text{ HP} \times 0,06 \text{ gl}}{\text{HP} \times \text{h}} \times 0,45 = 7,3 \text{ gl/h}$$

$$CC = 7,3 \text{ gl/h} \times 3,9 \text{ \$/gl.} = 28,5$$

2.5 LUBRICANTES

$$CL = \left(\frac{0,22 \text{ gl.}}{\text{h}} \times \frac{7,8 \text{ \$}}{\text{gl}} \right) + \left(\frac{0,11 \text{ lb}}{\text{h}} \times \frac{1,8 \text{ \$}}{\text{lb}} \right) = 1,9$$

2.4. FILTROS

$$F = 0,2 (CC + CL) = 0,2 (28,5 + 1,9) = 6,1$$

$$\text{2.5. OPERADOR} = 3,2$$

$$\text{COSTO HORARIO DE SCOOPTRAM} = \$ 152,8 / \text{hora}$$

5.6. CÁLCULO DE COSTO HORARIO DE EQUIPO DE SOSTENIMIENTO

DATOS GENERALES:

Máquina	Scissor bolter
Marca	Mac Lean
Modelo	MEM 946
Potencia	154 HP
Peso	35 000 kg
Vida	N = 7,5 años
	Ve = 15,000 horas

CONDICIONES ECONÓMICAS:

Valor CIF.	\$ 760 905,00
Tipo de cambio	\$ 1 = S/. 3,35
Derechos de Importación	15%
Desaduanaje	5%
I.G.V.	18%
Aduana – almacén	\$ 0.0043 / kg.
Interés dólar	10,95 % anual

GASTOS VARIABLES:

Petróleo	3,9 \$/gl
Aceite	7,8 \$/gl
Grasa	1,8 \$/lb

ANÁLISIS DEL COSTO HORARIO

Valor CIF. Máquina importada	\$ 760 905,00
Derechos de importación	\$ 114 135,8
Desaduanaje	\$ 5 706,8
Impuesto general a la venta	\$ 158 561,7
Transporte aduana-almacén	\$ 150,5
	<hr/>
Valor de adquisición (Va)	\$ 1 039 459,8
Valor de rescate (Vr)	\$ 259 865,00

1. COSTO DE POSESIÓN

1.1. DEPRECIACIÓN \$/ hora

$$D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{1\,039\,459,8 - 259\,865}{15\,000h} = 52,0$$

1.2. INTERESES

$$IMA = \frac{N+1}{2N} \times Va = \frac{7,5+1}{2 \times 7,5} \times 1\,039\,458,5 = 589\,027,2$$

$$I = \frac{i \times IMA}{HOA} = \frac{0,1095 \times 589\,027,2}{2\,000h} = 32,2$$

1.3. SEGUROS Y ALMACENAJE

$$SA = \frac{0,05 \times IMA}{HOA} = \frac{0,05 \times 589\,027,2}{2,000\,h} = 14,7$$

2. COSTO DE OPERACIÓN

2.1. MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

$$\text{Mantenimiento y reparación} = 124,6$$

2.2. NEUMÁTICOS

$$N = \frac{V_n}{V_u} = \frac{5\,000}{800} = 6,3$$

2.3. REPARACIÓN DE NEUMÁTICOS

$$RN = \% RN \times N = 0,15 \times 6,3 = 0,9$$

2.4. COMBUSTIBLE

$$CH = \frac{\text{Potencia} \times 0,06 \text{ gl}}{\text{HP} \times \text{h}} \times \% \text{ ciclo}$$

$$CH = \frac{154 \text{ HP} \times 0,06 \text{ gl}}{\text{HP} \times \text{h}} \times 0,45 = 4,20 \text{ gl/h}$$

$$CC = 4,2 \text{ gl/h} \times 3,9 \text{ \$/gl.} = 16,4$$

2.5. LUBRICANTES

$$CL = \frac{(0,22 \text{ gl.} \times \frac{7,8 \text{ \$}}{\text{gl}}) + (0,11 \text{ lb} \times \frac{1,8 \text{ \$}}{\text{lb}})}{\text{h}} = 1,9$$

2.6. FILTROS

$$F = 0,2 (CC + CL) = 0,2 (16,4 + 1,9) = 3,6$$

$$\text{2.7. OPERADOR} = 3,6$$

$$\text{COSTO HORARIO DE SCISSOR BOLTER} = \$ 258,5 / \text{hora}$$

5.7 CALCULO DE COSTO HORARIO DE DESATADOR DE ROCA

DATOS GENERALES:

Máquina	Scaler
Marca	BTI
Modelo	HS18-BX10
Potencia	211 HP
Peso	16 000 kg.
Vida	N = 7,5 años
	Ve = 15,000 horas

CONDICIONES ECONÓMICAS

Valor CIF	\$ 547 715
Tipo de cambio	\$ 1 = S/.3,35
Derechos de Importación	15%
Desaduanaje	5%
I.G.V.	18%
Aduana – almacén	\$ 0,0043 / kg.
Interés dólar	10,95 % anual

GASTOS VARIABLES

Petróleo	3,9 \$/gl.
Aceite	7,8 \$/gl
Grasa	1,8 \$/lb

ANÁLISIS DEL COSTO HORARIO

Valor CIF. Máquina importada	\$ 547 715,00
Derechos de importación	\$ 82 157,3

Desaduanaje	\$ 4 107,9
Impuesto general a la venta	\$ 114 128,8
Transporte aduana – almacen	\$ 68,8
Valor de adquisición (Va)	\$ 748 177,8
Valor de rescate (Vr)	\$ 187 044,5

1. COSTO DE POSESIÓN

1.1. DEPRECIACIÓN \$/ hora

$$D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{748\,177,8 - 187\,044,5}{15\,000h} = 37,4$$

1.2. INTERESES

$$IMA = \frac{N+1}{2N} \times Va = \frac{7,5+1}{2 \times 7,5} \times 748\,177,8 = 423\,967,4$$

$$I = \frac{i \times IMA}{HOA} = \frac{0,1095 \times 423\,967,4}{2\,000h} = 23,2$$

1.3. SEGUROS Y ALMACENAJE

$$SA = \frac{0,05 \times IMA}{HOA} = \frac{0,05 \times 423\,967,4}{2,000\,h} = 10,6$$

2. COSTO DE OPERACIÓN

2.1. MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

$$\text{Mantenimiento y reparaciones} = 43,18$$

2.2. NEUMÁTICOS

$$N = \frac{V_n}{V_u} = \frac{5000}{1500} = 3,3$$

2.3. REPARACIÓN DE NEUMÁTICOS

$$RN = \% RN \times N = 0,15 \times 3,3 = 0,5$$

2.4. COMBUSTIBLE

$$CH = \frac{\text{Potencia} \times 0,06 \text{ gl}}{\text{HP} \times \text{h}} \times \% \text{ ciclo}$$

$$CH = \frac{211 \text{ HP} \times 0,06 \text{ gl}}{\text{HP} \times \text{h}} \times 0,45 = 5,7 \text{ gl/h}$$

$$CC = 5,7 \text{ gl/h} \times 3,9 \text{ \$/gl.} = 22,2$$

2.5. LUBRICANTES

$$CL = \frac{(0,22 \text{ gl.} \times 7,8 \text{ \$})}{\text{h}} + \frac{(0,11 \text{ lb} \times 1,8 \text{ \$})}{\text{h}} = 1,9$$

2.6. FILTROS

$$F = 0,2 (CC + CL) = 0,2 (22,2 + 1,9) = 4,8$$

$$\text{2.7. OPERADOR} = 3,2$$

$$\text{COSTO HORARIO DE SCALER} = \$150,3/\text{hora}$$

CAPÍTULO VI

PERFORMANCE DE EQUIPO PESADO EN MINERÍA

6.1. RENDIMIENTO O PERFORMANCE DEL EQUIPO

Es lógico seleccionar un equipo en base a su **performance**. Para medir la performance del equipo puede estimarse en:

Performance de Producción: Se considera costo por hora, costo por unidad y eficiencia.

La industria minera en general se ha caracterizado en la última década por una creciente racionalización y mecanización; por lo tanto la tendencia es utilizar equipos cada vez más grandes y sofisticados, con un incremento en el valor de éstos.

Por estas razones se hace necesario estudiar un mejor aprovechamiento de ellos con miras al incremento de la productividad y/o disminución del tamaño de flota, lo que generará reducción en los costos de operación.

6.2. CONCEPTOS DE CASTIGOS A LA EFICIENCIA

La disponibilidad del equipo se mide por medio de dos factores principales:

a) DISPONIBILIDAD MECÁNICA (D.M.)

Mide la disponibilidad del equipo, exceptuando las pérdidas de tiempo por razones netamente mecánicas.

$$D.M. = \frac{H.P. - (M.P. + reparaciones)}{H.P.}$$

Donde:

H.P. = Horas programadas

M.P. = Mantenimiento programado

b) DISPONIBILIDAD FÍSICA (D.F.)

Mide la disponibilidad del equipo exceptuando todas las pérdidas de tiempo incluyendo las mecánicas.

$$D.F. = \frac{HNO}{HP} \times 100$$

c) EFICIENCIA MECÁNICA (E.M.)

$$E.M. = \frac{HP - (MP + Reparaciones)}{HP - MP} \times 100$$

d) EFICIENCIA DE OPERACIÓN (E.O.)

$$E.O. = \frac{HP - (Serv. + Ref. + MP + Rep)}{HP - (Serv. + Ref)} \times 100$$

e) RENDIMIENTO

$$Rendimiento = \frac{\text{Toneladas transportadas}}{H.N.O.}$$

Donde:

HP = Horas Programadas (7 horas/ guardia)

MP = Mantenimiento Programado

H.N.O. = Horas Netas De Operación

Reparación = demoras por averías desde que el equipo se malogra hasta que entra en operación.

Servicio = Tiempo de aprovisionamiento de combustible o aceite.

Refrigerio = Tiempo empleado en almorzar, y descanso en la tercera guardia.

6.3. ESTUDIO DE TIEMPOS DE OPERACIÓN

OBJETIVO.- La medición de tiempos se realiza con el propósito de:

- i. Medir el trabajo que desarrolla el equipo y el operador durante toda una guardia.
- ii. Medir el ciclo de las operaciones unitarias, subdividiéndolas en sus diferentes componentes.

TIEMPOS.- Productivo, Improductivo y Ocioso.

Se define como tiempo productivo al período durante el cual la actividad es netamente productiva.

Dentro de los elementos no productivos se consideran:

- a) **Elemento ocioso**, es aquel durante el cual no se realiza trabajo útil; puede ser de dos clases, obligada y verdadera.

Ociosidad o inactividad obligada: Ocurre cuando el operador de la máquina permanece inactivo por razones ajenas a su voluntad. Ociosidad verdadera: Es el elemento que ocurre por voluntad del operador.

- b) **Elemento demora**. Es aquel período de tiempo durante el cual por alguna razón no es posible continuar con la operación, puede ser evitable o inevitable.

Demora evitable, puede ser evitada mediante algún cambio.

Demora inevitable, tiene que permanecer en su condición de demora sin poder hacer nada por el momento para evitarla.

EJEMPLO: DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS PARA EL CASO DE DUMPER

Se consideró como tiempo no productivo las demoras debido a:

- entrada
- servicio
- media guardia
- mecánicas o
- salida
- eléctricas

Como tiempo ocioso se consideró, cola de carros.

ACARREO (Camiones)

Para realizar el estudio de tiempos en las operaciones de acarreo, se dividieron las rutas en tramos de acuerdo a sus gradientes; se consideraron también las diferentes operaciones unitarias en el ciclo de transporte.

Los tramos en que se dividieron las rutas fueron clasificadas en gradientes de -4% a -6%, 0% a 2% y 6%.

Las operaciones del ciclo de transporte se dividieron en:

- Cuadrado para carguío
- Carguío
- Transporte cargado
- Cuadrado para descarga
- Descarga
- Retorno vacío

Los tiempos fijos en el ciclo de transporte están dados por:

- Cuadrado para carguío

- Cuadrado para descarga

- Descarga

El tiempo de carguío depende del cargador y la dureza del material.

El tiempo de transporte depende de la distancia a recorrer, gradiente y condiciones del camino.

La precisión para el cálculo de los tiempos promedios se determina estadísticamente.

El ciclo completo de transporte esta dado por:

$$T_{ct} = t_{cc} + t_{cv} + t_c + t_f$$

Donde:

T_{ct} = tiempo de ciclo completo de transporte

t_{cc} = tiempo de transporte de camión cargado

t_{cv} = tiempo de transporte de camión vacío

t_c = tiempo de carguío

t_f = tiempos fijos

DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL EQUIPO.

Se calcula en función de los diferentes parámetros de comparación, tomando como datos los resultados obtenidos en el estudio de tiempos.

a. PERFORACIÓN

El rendimiento o eficiencia de perforación se puede calcular mediante la relación:

$$Eficiencia = \frac{Horas\ efectivas\ de\ trabajo}{Horas\ netas\ de\ operación}$$

b. CARGUÍO

Para el caso de carguío la eficiencia se puede determinar por:

$$Eficiencia = \frac{Producción\ real}{Producción\ teórica} \times \frac{Horas\ camión}{Horas\ netas\ de\ operación}$$

c. ACARREO

La eficiencia de operación de los camiones (dumper) se ha calculado por medio de la relación:

$$Eficiencia = \frac{Producción\ real}{Producción\ teórica} \times \frac{No\ de\ viajes\ actual}{No.\ de\ viajes\ teórico}$$

Se presenta un procedimiento detallado para determinar el rendimiento o eficiencia de acarreo. El número de viajes actual y teórico está dado en unidades de camiones, luego:

$$Eficiencia = \frac{Producción\ real}{No.\ de\ viajes\ teórico\ x\ factor}$$

6.4. FACTORES DEL RENDIMIENTO DEL EQUIPO PESADO

Son los siguientes:

- Propiedad del Material
- Tracción del equipo o fuerza
- Resistencia al rodamiento
- Resistencia a la gradiente
- Resistencia a la velocidad del aire
- Altitud
- Aceleración

6.4.1. Propiedad del Material

Se considera los pesos de los materiales y los factores de expansión del volumen del material.

Muy frecuentemente el peso del material se expresa en términos de libra por yarda cúbica. El material que no presenta problemas o que está in situ se denomina yarda cúbica de material en el banco (BCY), mientras que el material que se presenta suelto, roto o en estado de voladura es llamado: yarda cúbica de material suelto (LCY). La relación entre yardas cúbicas de material en banco y suelto se establece por medio del factor de expansión del material.

- **Factor de Expansión o Esponjamiento.**- Es el crecimiento en volumen que el material sufre cuando se remueve de su estado natural. Cada material tiene su factor de expansión.

SF (Swell Factor) = % Expansión = $\frac{\text{Volumen final} - \text{volumen inicial}}{\text{volumen inicial}}$

$$SF = \frac{100}{100 + \% \text{ expansión}}$$

En función de densidad:

$$D = \frac{P}{V} \qquad D_1 = \frac{P_1}{V_1} \qquad D_f = \frac{P}{V_f}$$

Factor de expansión:

$$Sf = \frac{Vi}{Vf} = \frac{P / Di}{P / Df} = \frac{Df}{Di}$$

Entre los tipos de suelos que suelen encontrarse están:

Suelos arenosos, arcillosos, gravas, loam (mezcla de arena y arcilla).

Por ejemplo el porcentaje de expansión de la arcilla esquistosa es del 33% lo que indica que una yarda cúbica de arcilla esquistosa en el banco, se expandirá a 1,33 yardas cúbicas sueltas. La arcilla esquistosa pesa 2 800 libras por cada yarda cúbica de material en banco, con un factor de expansión de 0,75 (inverso de 1,33), el peso de una yarda cúbica de arcilla esquistosa suelta será: $2\ 800 \times 0,75 = 2\ 100$ libras.

Para calcular:

- a. El factor de expansión del volumen de un material debe dividirse 100 por $100 + \text{porcentaje de la expansión}$.
- b. El peso por yarda cúbica de un material suelto, multiplicar el peso de la yarda cúbica del material en banco por el factor de expansión del volumen del material.
- c. El peso del material en banco por yarda cúbica hay que dividir el peso suelto por yarda cúbica por el factor de expansión del volumen del material.

6.4.2. Tracción del equipo

Una rueda o una oruga patinando, no transmiten potencia al suelo. Los dos factores que evitan que la rueda u oruga patinen, son el peso que llevan y la tracción disponible para las condiciones de ese suelo.

El grado de tracción entre el neumático o zapata de la oruga y el suelo, se denominan coeficiente de tracción. Puesto que nunca la adhesión es del 100%, el coeficiente es siempre inferior a 1,0.

El resultado de multiplicar el peso en el eje motor, o el peso de toda la máquina en el caso de una unidad tipo oruga, por el coeficiente de tracción, representa la fuerza máxima que puede ser transmitida antes que la oruga o al neumático patinen.

Por ejemplo, un vehículo con 50 000 libras en el eje motor trabajando en un suelo cuya condición sea la de un coeficiente de tracción de 0,6, puede suministrar hasta 30 000 libras ($50\,000 \times 0,6$) de tiro en la llanta, antes que los neumáticos patinen.

Los vehículos de impulsión sobre cuatro ruedas y los tractores oruga, llevan el 100% del peso del vehículo sobre su eje motor, y son -por lo tanto- capaces de suministrar más tiro en la llanta disponible que lo que pueden hacer los vehículos de tracción simple. Seguidamente mostramos una tabla que indica los coeficientes de tracción más comunes para diversas condiciones de suelos.

COEFICIENTES DE TRACCIÓN

Materiales:	Neumáticos	Orugas
Concreto	0,90	0,65
Arcilla gradosa, seca	0,55	0,90(*)
Arcilla gradosa húmeda	0,45	0,70
Arcilla gradosa con baches	0,40	0,70
Arena seca	0,20	0,30
Arena húmeda	0,40	0,50
Cantera a cielo abierto	0,65	0,55
Camino de grava (suelta)	0,35	0,50
Nieve seca compacta	0,20	0,50
Hielo	0,10	0,10
Tierra firme	0,60	0,90(*)

Tierra suelta	0,45	0,60
Carbón en pila de acopio	0,45	

(*) Supone una penetración total del balde.

La posibilidad de equipos sobre neumáticos de suministrar potencia puede alterarse en suelos extremadamente resbaladizos, o donde pendientes sumamente acentuadas hagan que el peso sea transferido hacia adentro del eje motor.

6.4.3. Resistencia a la rodadura o rodamiento

La resistencia a la rodadura (RR) es una medida de la fuerza necesaria para vencer la fricción interna de los cojinetes y en equipos sobre neumáticos, para vencer el efecto retardador entre neumáticos y el suelo. Esto incluye la resistencia causada por la penetración de los neumáticos en el suelo y por la flexión del neumático bajo carga. La fuerza de tracción en los equipos sobre orugas es suministrada a un juego de orugas de acero y por lo tanto no hay penetración o flexión. La fricción interna de un tractor de orugas incluye la fricción de la rotación de la cadena de la oruga y está deducida de los gráficos de tiro en los gráficos en la barra del tractor. La resistencia a la rodadura puede expresarse en términos de libras o de porcentajes.

Por ejemplo, una resistencia de 40 libras por tonelada de peso de vehículo, es una resistencia a la rodadura del 2%.

$$\frac{40 \text{ libras de fuerza requerida}}{2000 \text{ libras Peso requerido}} = 2\%$$

Un vehículo de 80 000 libras sobre un camino llano con una resistencia a la rodadura del 2% debe desarrollar 1 600 lbs. De tiro en la llanta (80 000 x 2%) para superar la resistencia, antes de que comience a moverse, si se dispusiera de 2 000 libras de tiro en la llanta a 5MPH, entonces se dispondría de 16 400 lbs. de tiro en la barra de tracción (20 000 lbs. Menos 1 600 lbs.) para hacer trabajar.

Algunas resistencias a la rodadura comunes se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 6.1: Resistencias a la rodadura

<u>Superficie del Suelo:</u>	<u>Resistencia a la Rodadura (%)</u>
Asfalto	1,5
Concreto	1,5
Tierra lisa, áspera, seca; bien mantenida; libre de materiales sueltos	2,0
Tierra seca, pero no firmemente compacta; algunos materiales sueltos	3,0
Tierra lisa, no arada, mal mantenida	4,0
Tierra suave, arada	8,0

Terraplenes de tierra compactos	8,0
Tierra, baches profundos	16,0
Grava bien compacta, seca, libre de materiales sueltos	2,0
Grava no firmemente compacta pero seca	3,0
Grava – suelta	10,0
Barro - con base firme	4,0
Barro – con base lisa esponjosa	16,0
Arena – suelta	10,0
Nieve – compacta	2,0
Nieve a 4” de profundidad	4,5

El tiro en la barra da tracción es la medida de la potencia disponible para trabajar.

El tiro en la llanta menos las pérdidas necesarias para vencer la resistencia a la rodadura. La fuerza se mide en la clavija de la barra de tracción del vehículo El tiro en la barra de tracción se utiliza para expresar la potencia de los tractores oruga, dado que su capacidad de suministrar potencia generalmente no se ve afectada por la resistencia a la rodadura del suelo.

6.4.4. Resistencia a la pendiente

La resistencia a la pendiente es la fuerza debida a la gravedad, que debe superar un vehículo a medida que asciende una pendiente. Cuando el

vehículo desciende la pendiente, la fuerza de gravedad ayuda su movimiento.

Las pendientes generalmente se miden en porcentajes de declive o relación entre la elevación del camino y la horizontal. Por lo tanto un camino que se eleva 6 pies en una extensión de 100 pies, tiene una pendiente de inclinación del 6%. Por lo tanto el vehículo debe desarrollar una potencia equivalente al 6% de su peso para compensar o escalar esta pendiente.

Un vehículo de 80 000 lbs. En una pendiente de 6% debe desarrollar 4 800 lbs. De tiro en la llanta para superar la resistencia a la pendiente ($80\,000 \times 6\%$). Si originariamente se dispondría de 20 000 lbs de tiro en la llanta en una pendiente del 6% en una pendiente del 6% quedaría un remanente de 15 200 lbs.

PESO

El peso es el factor determinante en la cantidad de fuerza requerida para vencer la resistencia a la rodadura y a la pendiente.

La fuerza de tiro que queda luego que han restado las pérdidas por resistencia total, está entonces disponible para la aceleración. En el ejemplo, la resistencia a la rodadura era del 2% y la resistencia a la pendiente del 6%. Por lo tanto, el vehículo debe desarrollar 6 400 Lbs. de tiro en la llanta para vencer una resistencia total del 8% ($80,000 \times 8\%$). De las 20 000 Lbs. de tiro en la llanta originariamente disponibles, 13 600 Lbs. quedan para la aceleración.

6.4.5. Altura

Un aumento de altura puede provocar una disminución en la performance del vehículo. Esto se debe a la disminución de la densidad del aire, que afecta la relación combustible – aire dentro de la cámara de combustión del motor. Puesto que los fabricantes de los motores clasifican diferente la performance de sus motores en altura, la reducción de potencia por la altura, debe requerírsele a su fabricante. El siguiente esquema será suficiente a efectos de estimar la performance:

Motor Diesel 4 Tiempos – Aspiración Natural

Sin Pérdida de la performance, desde el nivel del mar hasta los 1000 pies.

Reduce los valores de tiro en la llanta en un 3% por cada 1000' por encima de los 1000'.

Motor Diesel 2 tiempos – Aspiración Natural

Reduce los valores de tiro en la llanta en un 1.5% por cada 1000 pies', entre el nivel del mar y los 6 000 pies. Por encima de los 6 000 pies reduce los valores de tiro en la llanta en un 3 % por cada 1 000 pies.

Motor 2 y 4 Tiempos – Turbo alimentado

Generalmente no hay perdida en la performance desde los 5000 a los 10 000 pies sobre el nivel del mar. Consultar la hoja de especificaciones del fabricante. Por encima de esta altura la reducción es sumamente variable.

Debe consultarse a fábrica para casos de aplicaciones específicas.

Ejemplo: Un tractor desarrolla en 1ra 30 000 libras de potencia disponible a nivel del mar. Si trabaja a 10 000 pies ¿Cuál será la energía que desarrolla?

Solución:

Los primeros 1000 pies se descuenta

$$10\ 000 - 1\ 000 = 9\ 000 \text{ pies}$$

Por cada 1 000 pies descontar 3% HP (Potencia)

$$\text{Si } 1\ 000 \text{ pies ----- } 3\%$$

$$9\ 000 \text{ pies ----- } x$$

$$X = 27\%$$

$$30\ 000 \text{ libras} - 8\ 100 = 21\ 900 \text{ lb de fuerza.}$$

La resistencia a la velocidad del aire y aceleración no se considera por ser mínima en equipos pesados.

EFICIENCIA DE TIEMPO

Es cuando el equipo trabaja en una hora, es decir sí éste trabaja solamente 50 minutos en una hora, entonces la eficiencia es:

$$\frac{50}{60} = 0,83$$

6.5. CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN DE LOS EQUIPOS

Al planificar proyectos mecanizados, un problema sumamente importante es como calcular la capacidad de operación (cálculo de la producción o performance) del equipo.

Al estimar la capacidad de operación, el primer paso es calcular un valor teórico de la manera indicada más adelante. A continuación se ajusta este valor teórico de acuerdo con las cifras reales obtenidas de la experiencia pasada en operaciones similares. En base a estas cifras (especialmente las de eficiencia de trabajo), será posible determinar valores adecuados para el proyecto que no serán ni excesivamente optimistas ni antieconómicos.

6.5.1. Método para calcular la producción

Es usual expresar la capacidad de operación de los equipos en función de la producción por hora (m^3/h). Básicamente la misma es calculada a partir del volumen producido por ciclo y el número de ciclos por hora:

$$Q = q \times N \times q \times \frac{60}{Cm} \times E$$

Siendo Q = producción horaria (m^3/h)

- q = producción por ciclo (m^3), de tierra en movimiento (la misma es determinada por la capacidad del equipo)
- N = número de ciclos por hora
- Cm = tiempo del ciclo (min o seg)
- E = eficiencia de trabajo

Como se puede ver en la fórmula, no es necesario medir el volumen total producido en una hora ni en un día de trabajo, sino que se calcula sobre la base de la capacidad del equipo y el tiempo del ciclo. La capacidad del equipo es el parámetro fundamental en la selección de éste; generalmente se trata de una medida cúbica, así como lo hemos designado por q (m^3). El tiempo del ciclo, como su nombre indica, es el tiempo que tarda la herramienta de trabajo en realizar una operación completa: en dependencia del equipo normado, Cm se expresa en minutos o en segundos.

El trabajo de transformación física realizado por los equipos sobre el terreno también incluye producciones no volumétricas. Tal es el caso de la nivelación, la escarificación y la compactación, entre otros, en que la dimensión que interesa es un área y la productividad debe expresarse en m^2/h . Cuando la dimensión principal es una medida lineal (zanjeo, barrenación, etc.), la productividad se da en m/h . Si fuera necesario, podría hallarse a productividad en m^3/h también para estas actividades; sin embargo el cálculo resultaría engorroso. Por ejemplo: en una zanja dota de cangilones habría que asumir un volumen promedio para cada cangilón,

un número de cangilones vaciados por minuto, etc. Si añadimos a esto las complejas condiciones de trabajo, el cálculo resulta de este modo bastante impreciso, más que si normamos los metros de la zanja en cuestión realizada en una hora.

6.5.2. Utilización del factor de conversión volumétrica

El volumen de cualquier cantidad de tierra depende de si el suelo está en su condición de terreno natural (no excavada), si está suelta (excavada) o si ha sido compactada.

6.5.3. Eficiencia de trabajo

La eficiencia de trabajo depende de muchos Factores, tales como adaptabilidad de la máquina con respecto a la topografía, la selección y distribución de equipo, ambiente y condiciones de trabajo, método de operación y planificación preparatoria, la habilidad del operador (condiciones de operación); regularidad de cambios de aceite o engrases adecuados, condición de los filos cortantes y existencia de partes consumibles (normas de mantenimiento).

Es muy difícil dar un valor para la eficiencia de trabajo a partir de una combinación de muchos factores, ya que esto requiere mucha habilidad.

Por lo tanto, en la tabla siguiente se indica la eficiencia como una guía aproximada.

Tabla N° 6.2: Eficiencia de trabajo

Condiciones de Operación	Mantenimiento del Equipo				
	Excelente	Bueno	Normal	Bastante Pobre	Pobre
Excelente	0.89	0.81	0.76	0.70	0.69
Bueno	0.78	0.75	0.71	0.65	0.60
Normal	0.72	0.69	0.65	0.60	0.54
Bastante pobre	0.69	0.61	0.57	0.52	0.45
Pobre	0.52	0.50	0.47	0.42	0.32

6.6. EQUIPOS UTILIZADOS EN LA MINA ATACUCHA

En la mina subterránea de la mina Atacocha se utilizan los siguientes equipos:

Tabla N° 6.3: Equipos de la mina Atacocha

<i>JUMBOS</i>	<i>SCISSOR BOLTER Y SMALL SECTION</i>	<i>SCALER</i>	<i>SCOOPS</i>	<i>ANFO LOADER</i>	<i>VOLQUETES</i>
J-08 (D)	SB-08 (P)	SC-6 (I)	D-29 (P) 6 yd3	AL-1 (D)	VQ-04 (D)
J-14 (P)	SB-11 (P)	SC-7 (D)	D-39 (P) 6 yd3	AL-3 (P)	VQ-05 (D)
J-15 (I)	SSB-2 (D)	SC-8 (P)	D-43 (D) 6 yd3	AL-4 (I)	VQ-06 (D)
J-16 (D)	SSB-3 (D)		D-44 (D)		VQ-07 (M)
J-155 (P)	SSB-4 (P)		D-45 (P)		VQ-08 (M)
			D-46 (PIQUE 447)		VQ-09 (M)
			D-47 (I)		VQ-15 (D)
			D-48 (OP2)		VQ-16 (D)
			D-49 (D) 6 yd3		VQ-17 (D)

LEYENDA:

- MINERAL (M)
- DESMONTE (D)
- PRODUCCION (P)
- DESARROLLO (D)
- INOPERATIVO PERMANENTE (I)

OPERACIONES DE PRODUCCION

NV.3300

STOP 858

- NORTE
- SUR

STOP 765

- NORTE
- SUR
- INTERMEDIO

VETA 27 STOP 734 (PARALIZADA POR ZONDEO)

Traslado de mineral:

- El traslado de mineral se realiza en camiones volquete de 24 tn de capacidad desde los tajos al pique 447 donde el mineral es izado del Nv.3300 al Nv.3600 a las tolvas 119 y 120 de donde es transportado con carros mineros a las tv 1,2,3,4 y 5 y de ahí llevado a planta para su respectivo procesamiento
- El desmonte proveniente de labores de producción de mineral se acumula en cámaras para utilizarla como relleno detrítico.

LABORES DE AVANCE

- **RAMPA 910 (+)**

LABORES DE DESARROLLO

CRUCERO 934 TALLER DE TRACKLESS

CRUCERO 949 OFICINAS INTERIOR MINA

- El traslado del desmonte proveniente de labores de desarrollo es trasladado con volquetes a superficie y son depositados al pie del dique de la relavera en Atacocha.

DISTRIBUCION DE VOLQUETES

Para el traslado de mineral y desmonte:

- 3 volquetes para mineral
- 6 volquetes para desmonte (Labores de desarrollo)

Diariamente como mínimo se debe transportar 23 Volquetes/Guardia para cubrir la cuota planificada son 1200 toneladas/día proveniente de Underground.

Diariamente debe ingresar a planta 4300 toneladas/día de mineral entre Underground (1200 TN) y Glory Hole (3100 TN)

EQUIPOS MINA SUBTERRÁNEA

JUMBO AXERA DD321

Especificaciones técnicas:

- Dimensión: 3.2 m altura x 2.1 m ancho
- Longitud del barreno 14 pies
- Broca ESF R-32 x 45mm con 7 botones
- Broca Escareadora “110mm” R32 x 3” Ø
- Presiones
 - Presión percusión 90- 160 bar
 - Presión Rotación 50 – 60 bar

- Presión Avance 60 – 80 bar
- Presión de agua 5 – 15 bar mínimo 2 bar
- Tipos de manguera
 - R-2 Baja Presión
 - R-12 alta presión
- Tipos de aceite
 - Aceite 15W40
 - Hidráulico neto 68
 - Transmisión h30
 - Lubricación almo282
- Grasa XHP
- Shank HC-50
- Coupling
- Centralizador
- Emboquillado o Dowin
- Energía 440 voltios, mínimo 420 voltios

SCOOPTRAM RG1600 (EQUIPO LHD)

Especificaciones técnicas:

- Dimensión: 2.4 m altura x 2.5m ancho
- Capacidad de cuchara: 6 yd³ – 4.59 m³
- Altura máx. del levantado del cucharon: 5.2m
- Consumo combustible: 5gal/ hora
- Código de llantas
 - P1 izquierda delantera

- P2 derecha delantera
- P3 izquierda trasera
- P4 derecha trasera
- Factores
 - Esponjamiento 45%
 - Llenado 85%
 - Densidad suelta del mineral 2.34 ton/m³

SCISSOR BOLTER (JUMBO EMPERNADOR)

Especificaciones técnicas:

- Dimensión 2.6 m alto x 2.3 m ancho
- Altura de elevación
 - Tijeras 4.8 m
 - Gata hidráulica 2 m
- Barra R-32 de 8 pies
- Broca de botones R-25
- Shank adapter R-32
- Shank adapter HL-500
- Acople R-32
- Acople reductor T-38 a R-32
- Diámetro de broca:

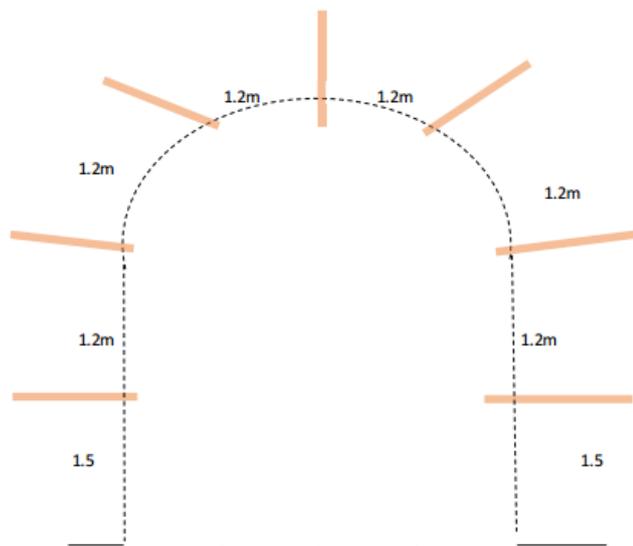
33mm -----35 mm

Roca inestable

Roca estable

- Malla Electrosoldada de 2 x 25m

- Split set 39.5mm x 7 pies
- SCISSOR BOLTER
 - HC -50 Perforadora y Empernado
- Presiones
 - Rotación 30-50 Bar
 - Percusión 80- 100 Bar
 - Avance 50- 60 Bar
- SMALL SCISSOR BOLTER
 - HC-50 Perforadora
 - HC -25 Empernadora



Distribución correcta de Split Set

VOLOQUETES:

- Marca: Volvo FMX
- Capacidad de carga: 30 m³
- Peso tara 15.147 ton
- Peso de Carguío 22 a 25 ton

- Altura 2.75

Ancho 2.40

CARGUÍO DE TALADROS CON ANFO LOADER

- Marca: Normet maclean
- Modelo: Charmec 6605B
- Capacidad: 500 Kg.
- Altura de la plataforma a alcanzar: 8.4 m máximo de altura.
- Giro del Brazo: 40° / 20°
- Presión de confinamiento: 50 PSI

SCALER BTI (EQUIPO DESATADOR DE ROCAS)

- Longitud de Alcance del brazo: 6m
- Altura de alcance brazo: 8m
- Equipo electrohidráulico.

6.7. CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN DE UN SCOOPTRAM

La forma de calcular la producción horaria de un scooptram, está dado por las siguientes fórmulas:

Producción por hora de material suelto:

$$Yd^3 / hora = \frac{60 \times Cc \times E \times F}{tm}$$

Producción por hora de material in-situ:

$$Yd^3 / hora = \frac{60 \times Cc \times E \times F \times Sf}{tm}$$

Dónde:

Cc = Capacidad de la cuchara

E = Eficiencia de tiempo

F = Factor de carguío

Sf = Factor de expansión del material

tm = Tiempo de ciclo de carguío en minutos.

El factor de carguío del cucharón se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 6.4: Factor de carguío

Condición de carga	Factor de cucharón
Carga fácil	1,0 – 0,8
Carga promedio	0,8 – 0,6
Carga bastante difícil	0,6 - 0,5
Carga difícil	0,5 - 0,4

6.8. CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN DE UN DUMPER

Para el cálculo de la performance y rendimiento del equipo se tienen que considerar los siguientes ítems:

1. Tener datos detallados de la operación (análisis de trabajo)
2. Determinar el tipo de camión o alternativas de varios tipos y tamaños que de acuerdo a sus atributos pueden transportar el material bajo las condiciones de trabajo mencionadas anteriormente.
3. Hacer alternativas de diferentes tipos y tamaños
4. Cálculo de costo y propiedad.
5. Cálculo de la performance de tipos y tamaños.
6. Finalmente se escoge el tipo y el tamaño de camión con el costo más bajo en transporte.

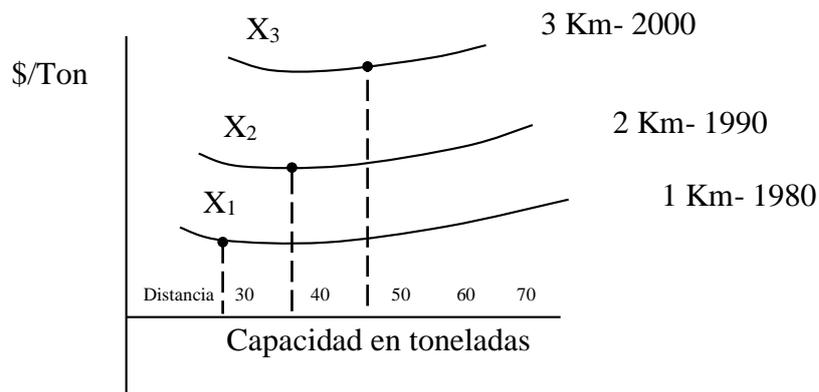


Gráfico N° 6.1: Selección de camiones óptimos.

Para una distancia X_1 hay un camión o volquete óptimo, para diferentes distancias hay camiones óptimos, de todos éstos se saca una curva promedio.

Se hace un reemplazo o cambio del equipo por cada etapa o tiempo. Ejemplo: cada 5 años hay un determinado camión óptimo.

Para asistir en la preparación del análisis del trabajo, a continuación hacemos un listado de los principales datos necesarios para el estudio de transporte:

a. Material de Transporte

Clase y naturaleza del material

Peso del material

Factor de expansión

b. Carretera

Longitudes y pendientes de las diferentes secciones y de los diferentes segmentos de carretera.

Localización y radios de curvas

Ancho de las carreteras

Superficie y resistencia al rodamiento de cada segmento de carretera.

Localización de paraderos

Control de polvo

c. Descarga del material

Lugar de descarga

Tamaño y tipo (Datos) de la chancadora primaria

Tamaño del material chancado

El material pasa directo a la chancadora o se deposita en ventanas

Capacidad de la planta

d. Condiciones de Clima

Temperatura

Cambio de la carretera con las estaciones del año

e. Altura

Máxima y mínima elevación del tajo.

Efectos de la altura en el rendimiento del motor

f. Velocidad de los Volquetes

Límites de velocidad fijados por el departamento de seguridad.

g. Carguío

Pala o cargador (Datos)

Factor de carguío (Depende del material)

Ciclo del carguío

Capacidad de carguío del cargador

h. Producción Requerida

Ton o Yd³ /hora que se quiere transportar.

i. Tiempo de Trabajo

Número de días laborados al año.

Número de guardias y horas laboradas al día.

FLOTA DE VOLQUETES O DUMPER

Las relaciones que se usan para determinar la performance y productividad de la flota de volquetes son las siguientes:

$$\text{Promedio de } \frac{\text{viajes}}{\text{hora}} = \frac{60' \times \text{Eficiencia}}{\text{Ciclo total de transporte}}$$

$$\text{Número de volquetes} = \frac{\text{Producción requerida/hora}}{\text{Producción de volquete/hora}}$$

Producción de volquete /hora = Viajes/hora x capacidad de volquete/viaje
(ton/hora)

$$\text{FLOTA TOTAL} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de Volquetes}}{\% \text{ Disponibilidad Mecánica}}$$

Siempre se deben tener mayor número de volquetes, es decir, si se necesitan 8, se deben contar con 10 (Stand by).

6.9. CÁLCULO DE LA PERFORMANCE DE "JUMBO" DE DOS BRAZOS Y UNIDADES REQUERIDAS

DATOS

MATERIAL:	Mineral de Pb / Zn
DENSIDAD SUELTA:	3,4 Ton/m ³
FRAGMENTACIÓN:	Buena
SECCION DEL TAJEO:	14 Pies x 14 Pies

DISPONIBILIDAD MECÁNICA:	85%
LONGITUD DE PERFORACIÓN:	13 Pies
DISPAROS POR GUARDIA:	2
GUARDIAS POR DÍA:	2
DÍAS POR MES:	25
EFICIENCIA DE DISPARO:	0,8
PRODUCCION REQUERIDA:	30 000 T.C.S./mes

CÁLCULOS

1. VOLUMEN POR DISPARO:

$$4,3 \text{ m} \times 4,3 \text{ m} \times 3,96 \text{ m} \times 0,8 = 58,6 \text{ m}^3$$

2. TONELAJE POR DISPARO:

$$58,6 \times 3.4 = 192,2 \sim 192 \text{ T.C.S.}$$

3. TONELAJE POR GUARDIA:

$$192 \text{ T.C.S.} \times 2 = 384 \text{ T.C.S.}$$

4. TONELAJE POR DÍA:

$$384 \text{ T.C.S.} \times 2 = 768 \text{ T.C.S.}$$

5. TONELAJE POR MES:

$$768 \text{ T.C.S.} \times 25 \times 0,85 = 16\,320 \text{ T.C.S.}$$

6. NÚMERO DE JUMBOS:

$$\frac{30\,000}{16\,320} = 1,8 \sim 2 \text{ unidades}$$

$$16\,320$$

6.10. CÁLCULO DE LA PERFORMANCE DE "SCOOPTRAM" DE 6 YARDAS CÚBICAS Y UNIDADES REQUERIDAS

DATOS:

MATERIAL:	Mineral de Pb / zn
CAPACIDAD CUCHARA A RAS:	6 yd ³ = 4,5 m ³
VELOCIDAD DE ACARREO:	244 pies / minuto
DISTANCIA DE ACARREO:	220 pies
TIEMPO DE UN CICLO:	3,29 minutos
DENSIDAD SUELTA:	3,4 T.C.S./ m ³
FACTOR DE CARGUÍO:	0,8
DISPONIBILIDAD MECÁNICA:	0,8
EFICIENCIA DE TIEMPO:	0,60
HORAS / GUARDIA:	8
GUARDIAS POR DIA:	2
HORAS POR MES:	400
PRODUCCIÓN REQUERIDA:	50 000 T.C.S./mes
PRODUCCIÓN TOTAL A LA FECHA:	36 611 T.C.S
TOTAL HORAS OPERACIÓN A LA FECHA:	1 260,5 Hrs.

CÁLCULOS

1. TONELADAS POR VIAJE:

$$4,5 \text{ m}^3 \times 0,8 \times 3,4 \text{ T.C.S./ m}^3 = 12,2 \text{ T.C.S./Viaje}$$

2. NÚMERO DE VIAJES POR HORA NETA:

$$60' / 3,29' = 18,2 \text{ Viajes/Hora}$$

3. PRODUCCIÓN POR HORA NETA:

$$18,2 \times 12,2 \text{ T.C.S.} = 222 \text{ T.C.S./Hora:}$$

4. TIEMPO NETO DE OPERACIÓN POR HORA:

$$60 \times 0,60 \times 0,8 = 28,8 \text{ minutos}$$

5. NÚMERO DE VIAJES EFECTIVOS POR HORA:

$$28,8' / 3,29' = 8,75 \text{ Viajes/Hora}$$

6. PRODUCCIÓN EFECTIVA POR HORA:

$$8,75 \times 12,2 \text{ T.C.S.} = 106,8 \text{ T.C.S.}$$

7. PRODUCCIÓN EFECTIVA POR MES (OBJETIVO):

$$106,8 \text{ T.C.S.} \times 400 = 42\,720 \text{ T.C.S. /mes}$$

8. % ACTUAL DEL OBJETIVO:

$$\frac{94,5 \text{ T.C.S. / hora}}{96,4 \text{ T.C.S./hora}} = 98 \%$$

9. NÚMERO DE UNIDADES REQUERIDAS:

$$\frac{70\,000 \text{ T.C.S./mes}}{42\,720 \text{ T.C.S./mes}} = 1,6 \sim 2 \text{ Unidades}$$

6.11. RENDIMIENTO DE SCISSOR BOLTER

Equipo: SSB-4

Lugar: 765 N

Guardia: Día

Fecha: 21/04/2017

Hora de Inicio: 13:44 **Hora Finalizada:** 16:22

Tabla N° 6.5: Control de tiempos del SSB-4

Tiempo Perforación	Tiempo Empernado	Tiempo Total (min)	Tiempo Perforación	Tiempo Empernado	Tiempo Total (min)
0.85	0.75	1.60	0.67	0.91	1.58
0.78	0.47	1.25	0.65	0.45	1.10
0.68	0.37	1.05	0.78	0.37	1.15
0.75	0.95	1.70	0.72	0.40	1.12
0.80	0.42	1.22	0.73	0.47	1.20
0.67	0.33	1.00	0.80	0.33	1.13
0.68	0.32	1.00	0.82	0.36	1.18
0.72	0.45	1.17	0.72	0.45	1.17
0.65	0.33	0.98	0.78	0.55	1.33
0.57	0.38	0.95	0.65	0.43	1.08
0.70	0.30	1.00	0.77	0.61	1.38
0.67	0.43	1.10	1.18	0.39	1.57
0.60	0.38	0.98	1.01	0.47	1.48
0.73	0.79	1.52	0.77	0.38	1.15
0.85	0.40	1.25	0.77	0.36	1.13
0.80	0.40	1.20	0.75	0.35	1.10
0.73	0.35	1.08	0.70	0.31	1.01
1.01	0.47	1.48	0.80	0.80	1.60
0.93	0.67	1.60	0.98	0.57	1.55
0.70	0.78	1.48	0.77	0.55	1.32
0.77	0.41	1.18			
0.83	0.44	1.27			

N° Split Set: 42 Split sets

N° Paños: 3 + Malla de Sacrificio

Malla: 87 m²

Tiempo Total: 157 minutos.

Rendimiento: 25 Split/hora.

Paradas:

- 14:45 El SSB-4 no podía subir para colocar la malla de sacrificio.

- 13:30 No había presión agua-
- 15:47 Se reanuda trabajo de sostenimiento.

Equipo: SB-11

Lugar: 765 S

Guardia: Día

Fecha: 22/04/2017

Hora de Inicio: 15:05 **Hora Finalizada:** 17:27

Tabla N° 6.6: Control de tiempos del SB-11

Tiempo Perforación		Tiempo Empernado	Tiempo Total (min)	Tiempo Perforación	Tiempo Empernado	Tiempo Total (min)
0.83		0.40	1.23	1.07	1.05	2.12
0.98		0.64	1.62	1.07	0.76	1.83
1.05		0.67	1.72	1.17	0.65	1.82
1.01		0.54	1.55	0.80	0.72	1.52
1.20		0.58	1.78	1.23	0.74	1.97
1.00		0.65	1.65	1.10	0.57	1.67
1.05		0.55	1.60	1.18	0.99	2.17
0.87		0.50	1.37	1.01	0.72	1.73
0.87		0.73	1.60	0.80	0.75	1.55
0.85		0.55	1.40	1.55	0.46	2.01
0.85		0.45	1.30	1.12	6.76	7.88
1.00		0.88	1.88	1.18	0.60	1.78
0.87		1.00	1.87	1.00	0.80	1.80
0.83		0.65	1.48	1.08	0.82	1.90
2.13		1.00	2.13	1.00	1.22	2.22
1.00		0.57	1.57	1.07	0.65	1.72
1.18		0.42	1.60	1.10	0.58	1.68
1.25		0.83	2.08	0.83	0.67	1.50
1.58		0.82	2.40	0.92	0.83	1.75
1.05		0.48	1.53	1.25	1.08	2.33
1.43		0.89	2.32	1.13	0.72	1.85
1.20		0.81	2.01	1.25	0.80	2.05
1.30		0.62	1.92	1.33	0.65	1.98

N° Split Set: 46 Split sets

N° Paños: 3 + Malla de Sacrificio

Malla: 89 m²

Tiempo Total: 142 minutos.

Rendimiento: 21 Split/hora

Equipo: SB-08

Lugar: 858 S (Cámara DDH)

Guardia: Día

Fecha: 23/04/2017 **Hora de Inicio:** 10:59 **Hora Finalizada:** 13:56

Tabla N° 6.7: Control de tiempos del SB-08

Tiempo Perforación	Tiempo Empernado	Tiempo Total (min)	Tiempo Perforación	Tiempo Empernado	Tiempo Total (min)
0.58	1.40	1.98	1.10	0.55	1.65
0.95	0.57	1.52	0.98	0.32	1.30
0.83	0.79	1.62	1.00	0.62	1.62
0.88	0.69	1.57	1.13	0.85	1.98
0.73	0.52	1.25	0.78	0.62	1.40
1.03	0.54	1.57	1.17	0.70	1.87
0.80	0.52	1.32	0.82	0.63	1.45
1.28	0.45	1.73	0.85	0.52	1.37
0.93	0.57	1.50	0.87	0.78	1.65
1.17	0.50	1.67	1.35	0.42	1.77
1.27	0.50	1.77	1.68	0.50	2.18
1.00	0.65	1.65	1.10	0.33	1.43
0.77	0.40	1.17	0.67	0.55	1.22

N° Split Set: 26 Split sets

N° Paños: 2 Paños

Malla: 50 m²

Tiempo Total: 177 minutos – 60 minutos Refrigerio = 117 minutos

Rendimiento: 21 Split/hora

Paradas:

- 11:43 – 11:55 Parada para enderezado de barra.
- 11:56 – 13:00 Parada por refrigerio.
- 13:37 – 13:50 Falta Split set y Chapas.

6.12. RENDIMIENTO DE JUMBO FRONTONERO

Equipo: J-14

Lugar: 765 N Breasting

Guardia: Día

Fecha: 26/04/2017

Hora Inicio: 15:47

Hora Final: 16:17

Tabla N° 6.8: Control de tiempos del J-14

Perforación Brazo Izquierdo	Maniobra	Total (min)	Perforación Brazo Derecho	Maniobra	Total (min)
1.93	0.20	2.13	2.65	0.25	2.90
1.13	0.35	1.48	2.55	0.50	3.05
1.32	0.33	1.65	1.40	0.37	1.77
1.17	0.38	1.55	1.40	0.37	1.77
1.33	00:21	1.68	1.35	0.52	1.85
			1.63	0.45	2.08
			1.32	0.40	1.72

N° de Taladros Perforados:

- Brazo Izquierdo: 10 taladros
- Brazo Derecho: 10 taladros
- Total: 20 taladros

Tiempo Promedio de Perforación:

- Brazo Izquierdo: 1.37 min
- Brazo Derecho: 1.75 min

Rendimiento: 40 taladros/hora

Paradas:

- 07:00 – 8:00 Charla de sensibilización.
- 08:00 – 9:00 Traslado del personal al Nv. 3600.
- 09:00 – 09:40 Traslado del personal al Nv. 3300.
- 10:00 – 11:00 Check list y trabajos correctivos de los mecánicos.
- 11:00 – 12:00 Espera de área de trabajo por trabajos de sostenimiento.
- 12:00 – 13:00 Refrigerio
- 13:00 – 13:40 Traslado del equipo para abastecimiento de combustible.
- 13:40 – 15:40 No hay área habilitada para perforación.

- 15:40 – 15:47 Instalación del equipo en el área de trabajo.

Equipo: J-155

Lugar: Rpa 875W Frente

Guardia: Día

Fecha: 27/04/2017

Hora Inicio: 14:02

Hora Final: 16:51

Tabla N° 6.9: Control de tiempos del J-155

Perforación Brazo Izquierdo	Maniobra	Total (min)	Perforación Brazo Derecho	Maniobra	Total (min)
2.33	0.58	2.92	2.20	0.68	2.88
2.87	0.66	3.53	2.72	0.61	3.33
2.08	0.63	2.72	2.80	0.60	3.40
2.37	0.68	3.05	2.93	0.80	3.73
2.20	0.75	2.95	2.87	0.96	3.83
2.50	0.65	3.15			
2.45	1.03	3.48			
1.80	0.82	2.62			

Tiempos de Rimado:

Perforación	Maniobra	Tiempo Total (min)
5.67	1.81	7.48
5.22	0.76	5.98
4.58	2.32	6.90
4.85		4.85

N° de Taladros Perforados:

- Brazo Izquierdo: 15 taladros
- Brazo Derecho: 22 taladros
- Total: 37 taladros

Tiempo Promedio de Perforación:

- Brazo Izquierdo: 2.32 min
- Brazo Derecho: 2.70 min

Tiempo promedio de Rimado: 6.17min

Rendimiento: 40 tal/hora

Paradas:

- 07:00 – 08:15 Charla con el personal.
- 08:15 – 09:30 Traslado del personal del Nv. 3600 al Nv. 3300

- 09:30 – 10:00 Check list del equipo.
- 10:00 – 10:30 Trabajos correctivos del equipo.
- 10:30 – 11:00 Espera de área por trabajos de sostenimiento.
- 12:00 – 13:00 Refrigerio.
- 13:00 – 13:50 Espera de área de trabajo.
- 13:50 – 14:00 Bombeo del frente para iniciar perforación.
- 14:00 – 14:02 Instalación del equipo para iniciar perforación.

Equipo: J-14

Lugar: 858 N Breasting (D)**Guardia:** Día

Fecha: 25/04/2017

Hora Inicio: 14:51

Hora Final: 15:45

Perforación para colocación de malla de sacrificio:

Inicio: 14:51

Final: 15:45

Broca: 37mm

Perforación Brazo Izquierdo	Maniobra	Total (min)
0.70	0.25	0.95
0.67	0.40	1.07
0.75	0.50	1.25
0.67	0.53	1.20
0.72	0.46	1.18
0.70		0.70

Tiempo promedio de colocación de Split Set: 0.67 min

Tiempo de Perforación de Taladros:

Perforación Brazo Izquierdo	Maniobra	Total (min)	Perforación Brazo Derecho	Maniobra	Total (min)
2.05	0.33	2.38	1.88	0.24	2.12
2.02	0.40	2.42	1.84	0.48	2.32
1.83	0.27	2.10	2.15	0.35	2.50
1.87	0.31	2.18	1.68	0.47	2.15
1.83	0.32	2.15	1.80	0.37	2.17
1.80	0.37	2.17	1.82	0.45	2.27
1.97	0.20	2.17	1.60		1.60
1.97		1.97			

Nº de Taladros Perforados:

- Brazo Izquierdo: 8 taladros
- Brazo Derecho: 7 taladros
- Total: 15 taladros

Tiempo Promedio de Perforación:

- Brazo Izquierdo: 1.92 min
- Brazo Derecho: 1.82 min

Rendimiento: 14 taladros/hora**Observaciones:**

- Se esperó trabajo de desate con SC-7.
- Se realizó la limpieza del área con el D-45.
- Se trasladó el equipo a las 10:50.
- Se tuvo problemas de falta de agua por motivos de reparación de tubería.
- Se esperó hasta la hora del refrigerio a que se reponga el agua.
- Los trabajos de sostenimiento se reanudan a las 12:56 con el SSB-04 hasta las 14:45.

6.13. RENDIMIENTO DE SCALER**Equipo:** SC-06**Lugar:** 765N**Guardia:** Día**Fecha:** 26/04/2017**Hora de Inicio:** 10:10**Hora Final:** 11:15**Tiempo Total de desate:** 65 minutos**Parada:**

- 10:25 – 10:40 Parada por baja presión de percusión.

Equipo: SC-07**Lugar:** 765N**Guardia:** Día**Fecha:** 08/05/2017**Hora de Inicio:** 10:15**Hora Final:** 10:40**Tiempo Total de desate:** 25 minutos

Equipo: SC-07 **Lugar:** Rpa. 910 **Guardia:** Día
Fecha: 08/05/2017 **Hora de Inicio:** 13:05 **Hora Final:** 13:29
Tiempo Total de desate: 24 minutos

Equipo: SC-07 **Lugar:** 858S **Guardia:** Día
Fecha: 08/05/2017 **Hora de Inicio:** 15:21 **Hora Final:** 15:43
Tiempo Total de desate: 22 minutos

Equipo: SC-07 **Lugar:** 765S **Guardia:** Día
Fecha: 24/05/2017 **Hora de Inicio:** 13:00 **Hora Final:** 13:18
Tiempo Total de desate: 18 minutos

Equipo: SC-07 **Lugar:** 765 Centro **Guardia:** Día
Fecha: 24/05/2017 **Hora de Inicio:** 15:30 **Hora Final:** 15:53
Tiempo Total de desate: 23 minutos

Tiempo Promedio de desate: 29.5 minutos

6.14. RENDIMIENTO DE ANFO LOADER

Equipo: AL-3 **Lugar:** Rpa (-) 861 **Guardia:** Día
Fecha: 20/04/2017 **Hora de Inicio:** 17:12 **Hora de Salida:** 17:54

Número de Taladros	38 Taladros
Tiempo de Carguío	42 min.

Equipo: AL-3 **Lugar:** Rpa 875W Frente **Guardia:** Día
Fecha: 27/04/2017 **Hora de Inicio:** 15:02 **Hora de Salida:** 15:36

Número de Taladros	37 Taladros
Tiempo de Carguío	34 min.

Equipo: AL-3 **Lugar:** 858 N Breasting (D) **Guardia:** Día
Fecha: 25/04/2017 **Hora de Inicio:** 15:58 **Hora de Salida:** 16:22

Número de Taladros	15 Taladros
Tiempo de Carguío	24 min.

Equipo: AL-3 **Lugar:** 765 N Breasting **Guardia:** Día
Fecha: 26/04/2017 **Hora de Inicio:** 16:25 **Hora de Salida:** 16:53

Número de Taladros	20 Taladros
Tiempo de Carguío	28 min.

Rendimiento:

Tiempo Promedio de carguío en Frente: 38 minutos

Tiempo Promedio de carguío en Breasting: 26 minutos.

6.15. RENDIMIENTO DE SCOOPTRAM

Equipo: D-29

Lugar: 765N

Guardia: Día

Fecha: 23/05/2017

Hora de Inicio: 13:40

Hora de Salida: 16:48

Características Operativas	
Densidad de Mineral:	3.40 Tn/m ³
Factor de Esponjamiento:	0.45%
Densidad Suelta:	2.34 Tn/m ³
Capacidad de cucharón:	4.59 m ³
Factor de Carguío:	0.85
Carga útil por viaje:	9.13

Item	Cucharones			Tiempo total de carga(min)
	1	2	3	
1	0.48	1.50	2.39	4.37
2	1.21	2.67	3.00	6.88
3	0.70	1.30	1.28	3.28
4	1.13	1.27	1.73	4.13
5	0.63	1.34	1.53	3.50
6	0.55	1.27	1.33	3.15
7	0.46	1.40	1.17	3.03
8	0.57	1.28	1.42	3.27
9	0.43	1.25	1.40	3.08
10	0.40	1.30	1.53	3.23
11	0.48	1.64	1.43	3.55
12	0.74	1.65	1.53	3.92
13	0.28	1.35	1.45	3.08
14	0.23	1.62	1.53	3.38
15	0.30	1.40	1.50	3.20
16	0.27	1.47	1.73	3.47
17	0.33	1.37	1.62	3.32

Rendimiento: 150 TN/Hora

Numero de Ciclos: 18 ciclos/Hora

Número total de cucharas: 51

Número de viajes de volquetes: 17

Tiempo Promedio de carguío de Volquete: 3.64 min

Tiempo Tota de limpieza de mineral: 188 min.

Tonelaje: 425

6.16. RENDIMIENTO DE VOLQUETES

Equipo: VQ-7, VQ-8, VQ-9 **Guardia:** Día **Fecha:** 20/05/2017

Labor: 765 N **Destino:** Pique 447 **Nivel:.**3300

Tiempo promedio de carga: 3.75 min

Tiempo promedio de Descarga: 1.47 min

Tiempo promedio del Stop 765 N al Pique 447: 8.18 min

Tiempo promedio del Pique 447 al Stop 765 N: 10.58 min

RENDIMIENTO		
<i>Capacidad de volquete</i>	<i>Q</i>	24 Ton
<i>Factor de esponjamiento</i>	<i>F</i>	0.45%
<i>T. Carga + t. De descarga</i>		5.22 min
<i>T de ida + t. De vuelta</i>		18.76 min
<i>Cm</i>	<i>Cm</i>	23.98
<i>Factor de eficiencia</i>	<i>E</i>	90%

Formula:
$$\frac{Q \times E \times 60}{Cm \times F}$$

Rendimiento: 120 Toneladas/hora

6.17. COSTOS POR TONELADA DE LOS EQUIPOS PESADOS

a. Costo del jumbo frontonero:

$$\frac{329.5 \text{ \$/hora}}{215,4 \text{ \$/ton}} = 1,5 \text{ \$/tonelada}$$

b. Costo del Scooptram:

$$\frac{152,8 \text{ \$/hora}}{150 \text{ ton/hora}} = 1,0 \text{ \$/tonelada}$$

c. Costo del dumper:

$$\frac{144,3 \text{ \$/hora}}{120 \text{ ton/hora}} = 1,2 \text{ \$/tonelada}$$

d. Costo de Scissor bolter:

$$\frac{258,5 \text{ \$/hora}}{108,8 \text{ ton/hora}} = 2,4 \text{ \$/tonelada}$$

e. Costo de Scaler:

$$\frac{150,3 \text{ \$/hora}}{35,4 \text{ ton/hora}} = 4,3 \text{ \$/tonelada}$$

CAPÍTULO VII

PRUEBA DE HIPÓTESIS

7.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

En todo trabajo de investigación es necesario realizar una prueba confiable de hipótesis que consiste en un procedimiento de decisión estadística que establece la metodología a seguir para la **aceptación o rechazo** de una hipótesis planteada, sobre la base de evidencias contenidas en un conjunto de observaciones muestrales.

Puesto que la Estadística Inferencial se aplica cuando se tiene información muestral captada mediante métodos probabilísticos, los resultados que se puedan derivar de la decisión tomada están sujetos a ciertos niveles de confiabilidad y riesgos, lo que supone que es posible también tomar decisiones erradas.

Cuando se establece una HIPÓTESIS PLANTEADA, ésta puede ser verdadera o falsa y al tomar una decisión sobre ella se puede aceptar H_0 (Hipótesis Nula) o rechazar H_0 .

PROCEDIMIENTO GENERAL DE PRUEBAS DE HIPOTESIS.

Con la finalidad de establecer un procedimiento general a seguir para efectuar una prueba de hipótesis se utiliza la siguiente notación:

Sea:

α = Nivel de significancia de la prueba.

δ = Parámetro sobre el que se desea probar un supuesto.

δ_0 = Valor hipotético o supuesto del parámetro (valor numérico).

E = Prueba estadística a usar (Z , T , X^2 , etc.).

Luego, los pasos a seguir en la aplicación de los procedimientos de pruebas de hipótesis son:

7.2. PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS

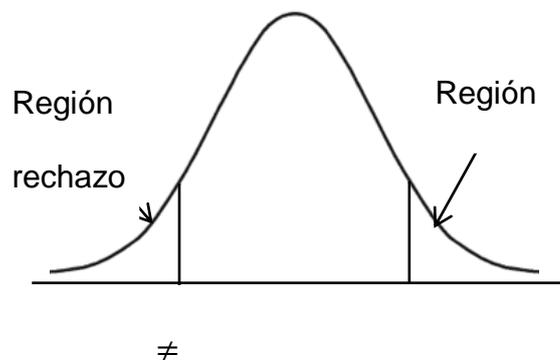
CASO A: Pruebas bilaterales

$$H_0 = \delta = \delta_0$$

$$H_a = \delta \neq \delta_0$$

H_0 = Hipótesis Nula

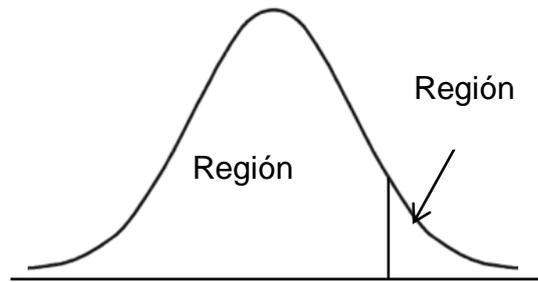
H_a = Hipótesis alterna



CASO B: Pruebas unilaterales a la derecha

$$H_0 = \delta \leq \delta_0 : \delta = \delta_0$$

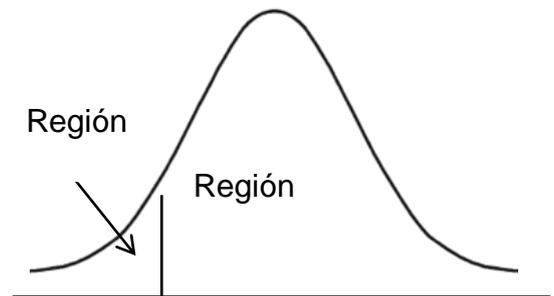
$$H_a = \delta > \delta_0$$



CASO C: Pruebas unilaterales a la izquierda

$$H_0 = \delta \geq \delta_0 : \delta = \delta_0$$

$$H_a = \delta < \delta_0$$



1. Elección del nivel de significancia: α
2. Determinación de la prueba estadística a utilizar (E)
3. Establecimiento de los criterios de decisión:

CASO A: Pruebas bilaterales.

CASO B: Pruebas unilaterales a la derecha.

CASO C: Pruebas unilaterales a la izquierda.

4. Cálculo de la prueba estadística

Se obtiene el valor T_{cal} o Z_{cal} , etc. en base a la información muestral captada, el valor δ_0 y la prueba estadística (E) en uso.

$$T_{cal} = T_{calculada}$$

$$Z_{cal} = Z_{calculada}$$

5. Decisión estadística y conclusiones

Se compara el valor calculado “ E_{cal} ” con el o los valores tabulares E_1 y/o E_2 para tomar una decisión respecto a la hipótesis alterna H_a , de acuerdo a los criterios de decisión establecidos en el paso 4; luego, se indican las conclusiones correspondientes de acuerdo a la decisión tomada.

7.2.1. Prueba “Z” o distribución normal para una variable ($n > 30$)

La podemos utilizar cuando la muestra es grande ($n > 30$).

Se halla la media poblacional μ y la varianza poblacional σ^2 .

La hipótesis a contrastar es: la media poblacional es igual a un valor asumido por el investigador (Hipótesis Nula H_0) con la hipótesis alterna H_a , que indica que dicha media es distinta, menor o mayor a ese valor. La prueba de hipótesis es la siguiente:

$$H_0 = \mu = \mu_0$$

$$H_a: \mu \neq \mu_0 \quad ; \quad H_a : \mu < \mu_0 \quad \text{ó} \quad H_a : \mu > \mu_0$$

Para esto se utiliza la siguiente fórmula:

$$\frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$$

El resultado debe ser comparado con el valor de la tabla estadística para la distribución normal, que está dada por:

$$Z_{1-\alpha/2}, \text{ para ambas colas y } Z_{1-\alpha} \text{ para una sola cola.}$$

Si $Z_c > Z_1$, se rechaza la hipótesis nula H_0 , y se concluye que el valor promedio poblacional es distinto menor y mayor al valor asumido por el investigador.

7.2.2. Prueba “T” o distribución T – Student para una variable (muestras pequeñas).

Para muestras pequeñas menores o iguales a 30, datos de poblaciones con distribución aproximadamente normal, se recurre a la distribución T – Student para prueba de hipótesis sobre la media, planteándose la siguiente manera:

$$H_0: \mu = \mu_0$$

$$H_a: \mu \neq \mu_0 \quad ; \quad H_a: \mu < \mu_0 \quad \text{ó} \quad H_a: \mu > \mu_0$$

La estadística de prueba es:

$$\frac{\bar{X} - \mu}{S / \sqrt{n}}$$

Que tiene una distribución **T** con n-1 grados de libertad.

Para este caso, se utilizará la prueba “T” o distribución - Student para una variable.

Por consiguiente para solucionar el problema seguimos los pasos indicados para la prueba de Hipótesis.

1. Planteamiento de la HIPOTESIS

H₀ : “Las características técnicas de los equipos pesados se adaptan a los métodos Explotación de la mina, no se logra un óptimo rendimiento y selección en las operaciones mineras”

H_a : “Las características técnicas de los equipos pesados se adaptan a los métodos de explotación de la mina, se logra un óptimo rendimiento y selección en las operaciones mineras”.

La muestra = 5

2. La estadística de prueba es:

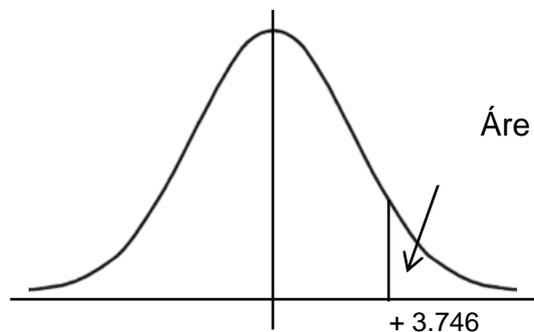
$$\frac{\bar{X} - \mu}{S / \sqrt{n}}$$

Nivel de significancia $\alpha = 1\%$

Que tiene una distribución **T** con $n-1 = 4$ grados de libertad, suponiendo que la población tiene una aproximación normal.

$\mu = 220$ \$/ton en promedio.

3. Región crítica o de rechazo



3.746 se obtiene de las tablas T – Student.

Del enunciado del problema, se tiene:

$$\bar{X} = 227,4$$

$$S = 2.235$$

$$n = 5$$

$$\mu = 220$$

Reemplazando en la formula, se tiene:

$$\frac{227,4 - 220}{2.235 / \sqrt{5}} = 7,40$$

7.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Como $T_c = 7,40$ es mayor que el valor $T_{crítico} = 3,746$ y estando dentro de la región de rechazo, entonces descartamos la hipótesis nula H_0 , aceptándose la hipótesis alterna H_a , lo que significa que los factores tales como altitud, gradiente, rodamiento afecta significativamente al rendimiento del motor y por consiguiente al Rendimiento del equipo.

- Las características técnicas de los equipos especialmente el motor a nivel del mar tiene una potencia de 291 HP, a una altitud de 4 300 m.s.n.m. tiene una potencia promedio de 227,4 H.P., lo que significa que tiene una pérdida de 28.8 % de potencia en H.P.

- La **resistencia al rodamiento** está dado por: Peso total del vehículo = 85 Ton. con una resistencia a la rodadura del 3%, debe desarrollar 2.55 Ton., de tiro en la llanta ($85 \times 3\%$), para superar la resistencia. Si disponemos de 21.2 TON ($85 / 4$) de tiro en la llanta, entonces se dispondría de 18.7 TON para hacerlo trabajar.
- De la misma manera este equipo trabajando en una **pendiente** de 6% en promedio, debe desarrollar 5.1 TON de potencia de tiro en la llanta para superar la resistencia a la pendiente. Si disponemos de 21.2 TON de potencia en la llanta queda un remanente de 16.1 TON.
- Considerando un **coeficiente de tracción** del terreno de 0.6, el equipo puede suministrar hasta 51 TON (85×0.6) de tiro en llanta antes que los neumáticos patinen.
- El peso es el factor determinante en la cantidad de fuerza requerida para vencer la **resistencia al rodamiento y pendiente**.

En conclusión, las características de los equipos se adaptan a los métodos de explotación y logran un rendimiento óptimo en sus operaciones.

CONCLUSIONES

1. El equipo debe seleccionarse en base a sus **características técnicas** y en base a su **Performance**, la performance puede dividirse en producción, costo por hora, costo por unidad y eficiencia, factores que está íntimamente ligados en la calidad del equipo, cada uno de ellos es igualmente importante, y considerarlo solo no representa la verdadera figura de la performance.
2. Se han considerado 5 equipos pesados utilizados en el ciclo de minado de la mina subterránea en Atacocha, tales como: Jumbo frontonero, Scooptram, Scaler, Scissor bolter y Dumper; calculando su costo horario (\$/hora) y su costo de performance o rendimiento en Toneladas/hora, para finalmente calcular su costo en \$/tonelada.
3. Las características técnicas así como su costo horario y performance de los equipos pesados se adaptan a los métodos Explotación de la mina Atacocha, logrando un óptimo rendimiento en el ciclo de minado.
4. La gran variedad de equipos mineros disponibles en estos días en el mercado mundial de diferentes marcas y la falta de experiencia hace extremadamente difícil la selección de ellos.
5. Cada equipo tiene su propio método de cálculo y selección, pero la presente metodología, puede aplicarse en la selección de cualquier equipo minero.
6. Para la selección de la maquinaria y equipo minero se deben tener en cuenta tres puntos fundamentales:
 - a. La maquinaria prima sobre el diseño y geometría del trabajo a realizar para lograr mayor producción y productividad, así como mayor seguridad.

- b. A mayor inversión en un equipo, generalmente corresponde un menor costo operativo.
 - c. El equipo minero debe de asegurar durante su vida útil un trabajo para el que fue diseñado; para este efecto, se le debe programar un adecuado mantenimiento.
7. La selección de las maquinarias y equipos mineros varían de una empresa a otra y en una empresa para cada maquinaria o equipo del conjunto y en todo caso con la condición lógica que presente beneficios económicos.
 8. La selección del equipo minero es un proceso de tecnología y toma de decisiones que conlleva al conocimiento de las especificaciones, funciones, performances, requerimientos, efectos y costos.
 9. Finalmente se debe seleccionar el equipo que, de **la más alta producción al costo unitario más bajo**, la más alta eficiencia y que tenga alguna característica o alguna otra condición deseada.

RECOMENDACIONES

1. Debe ser práctica en las minas la tendencia a la estandarización de los equipos, para simplificar los problemas de mantenimiento y operación. Se recomienda como máximo trabajar con 2 marcas de equipo para incentivar la competencia en la producción, servicios y precios.
2. Seleccionar el equipo más simple, menos complicado de más fácil mantenimiento y que ejecute el trabajo minero con seguridad y eficiencia.
3. Para la selección de equipo es muy necesario obtener informaciones sobre la tecnología del equipo, entre otras, el grado de especialización del fabricante, tiempo de la tecnología en las operaciones y el factor de seguridad de diseño.
4. Considerar a la financiación como un factor determinante en la selección del equipo.
5. Los problemas de nuestro país, de mantenimiento de los equipos, de los servicios ofrecidos por los fabricantes, de la falta de mayor intercambio de informaciones sobre performances del equipo, deberán resolverse con la intervención de las compañías mineras, los fabricantes y otras instituciones pertinentes quienes deberían organizar fórums y encuestas especializadas.
6. Al reemplazar equipos de minería caducados por una máquina equivalente, a veces no es una opción, especialmente cuando el presupuesto es limitado. Las restauraciones, realizadas cuidadosamente, ofrecen una alternativa viable, dando lugar a plantas que se ven como nuevas, pero con una menor inversión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. RAMOS SALAZAR, Jesús (CAPECO), “El equipo y sus costos de Operación”, 3era. Edición, Lima 2007.
2. FUENTES ELESCANO, Manuel, “Equipamiento de minas subterráneas”, Primera edición, Lima 2010.
3. MALLQUI TAPIA, Aníbal, “Maquinaria y Equipo Minero” Tomo I, Facultad de Ingeniería de Minas UNCP, Huancayo 2000.
4. LOPEZ JIMENO, Carlos, “Manual de Perforación y Voladura de rocas”, Instituto Tecnológico Geo minero de España, 1997.
5. CANCHANYA PRADO, Mario, “Costos de producción y rendimiento de equipos en minería”, tesis de grado UNDAC, 1996.
6. RAMIREZ, Juan, “Requerimiento de Volquetes en minería a cielo abierto”, Perú 1989.
7. TUMIALÁN DE LA CRUZ, Jaime, “Consideraciones tecnológicas para el diseño de Tajo Abierto”, tesis de grado UNI, Lima 1974.
8. CLEMENTE YGNACIO, Tomás, “Análisis de costos de operación en minería subterránea y evaluación de proyectos mineros”, Primera edición, Huancayo 2009.

ANEXOS

Anexo N° 1: Equipos que cuenta la mina Atacocha

EQUIPOS UTILIZADOS EN LA MINA SUBTERRÁNEA DE ATACOCHA

JUMBOS	SCISSOR BOLTER Y SMALL SECTION	SCALER	SCOOPS	ANFO LOADE R	VOLQUETES
J-08 (D)	SB-08 (P)	SC-6 (I)	D-29 (P) 6 yd3	AL-1 (D)	VQ-04 (D)
J-14 (P)	SB-11 (P)	SC-7 (D)	D-39 (P) 6 yd3	AL-3 (P)	VQ-05 (D)
J-15 (I)	SSB-2 (D)	SC-8 (P)	D-43 (D) 6 yd3	AL-4 (I)	VQ-06 (D)
J-16 (D)	SSB-3 (D)		D-44 (D)		VQ-07 (M)
J-155 (P)	SSB-4 (P)		D-45 (P)		VQ-08 (M)
			D-46 (PIQUE 447)		VQ-09 (M)
			D-47 (I)		VQ-15 (D)
			D-48 (OP2)		VQ-16 (D)
			D-49 (D) 6 yd3		VQ-17 (D)

LEYENDA:

- MINERAL (M)
- DESMONTE (D)
- PRODUCCION (P)
- DESARROLLO (D)
- INOPERATIVO PERMANENTE (I)

Anexo N° 2: Fichas de los equipos de la mina Atacocha

	YELLOW BOOK	Revisión 1.0
	FICHA DE EQUIPO MÓVIL	Código de Ficha EP-01

ASPECTO ACTUAL	ORIGEN																				
	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Unidad Minera</td><td>ATA</td></tr> <tr><td>Clasificación</td><td>Equipo de Bajo Perfil</td></tr> <tr><td>Familia de Equipo</td><td>Jumbo</td></tr> <tr><td>Marca/Modelo</td><td>Atlas Copco/Boomer 282</td></tr> <tr><td>TAG</td><td>EQM_ATA_J12</td></tr> <tr><td>N° Serie del Equipo/Chasis</td><td>AVO-11A156</td></tr> <tr><td>Fabricante</td><td>Atlas Copco</td></tr> <tr><td>Año de Compra</td><td>2011</td></tr> <tr><td>Precio de Compra (USD)</td><td>585,000</td></tr> <tr><td>N° de Orden de Compra</td><td>LAT1-2038</td></tr> </table>	Unidad Minera	ATA	Clasificación	Equipo de Bajo Perfil	Familia de Equipo	Jumbo	Marca/Modelo	Atlas Copco/Boomer 282	TAG	EQM_ATA_J12	N° Serie del Equipo/Chasis	AVO-11A156	Fabricante	Atlas Copco	Año de Compra	2011	Precio de Compra (USD)	585,000	N° de Orden de Compra	LAT1-2038
Unidad Minera	ATA																				
Clasificación	Equipo de Bajo Perfil																				
Familia de Equipo	Jumbo																				
Marca/Modelo	Atlas Copco/Boomer 282																				
TAG	EQM_ATA_J12																				
N° Serie del Equipo/Chasis	AVO-11A156																				
Fabricante	Atlas Copco																				
Año de Compra	2011																				
Precio de Compra (USD)	585,000																				
N° de Orden de Compra	LAT1-2038																				

ASPECTOS OPERACIONALES	INTEGRIDAD ACTUAL																				
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Lugar de Trabajo</td><td>ZONA BAJA - ATACOCHA</td></tr> <tr><td>Utilización (hrs/mes):</td><td style="text-align: right;">129</td></tr> <tr><td>Eficiencia (hrs/mes)</td><td style="text-align: right;">0</td></tr> <tr><td>Utilización promedio mensual (%)</td><td style="text-align: right;">56.33</td></tr> <tr><td>Vida prom Neumatico Hrs:</td><td style="text-align: right;">800</td></tr> <tr><td>Centro de Costos y Anexo contable</td><td>933201 - 100938</td></tr> </table>	Lugar de Trabajo	ZONA BAJA - ATACOCHA	Utilización (hrs/mes):	129	Eficiencia (hrs/mes)	0	Utilización promedio mensual (%)	56.33	Vida prom Neumatico Hrs:	800	Centro de Costos y Anexo contable	933201 - 100938	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Tiempo estimado de Vida Util (hrs)</td><td style="text-align: right;">15,000</td></tr> <tr><td>Horas Acumuladas (hrs)</td><td style="text-align: right;">1,850</td></tr> <tr><td>Fecha estimada de cambio (mm-yy)</td><td style="text-align: right;">may-18</td></tr> <tr><td colspan="2" style="border: 1px dashed black; padding: 5px;">Comentarios:</td></tr> </table>	Tiempo estimado de Vida Util (hrs)	15,000	Horas Acumuladas (hrs)	1,850	Fecha estimada de cambio (mm-yy)	may-18	Comentarios:	
Lugar de Trabajo	ZONA BAJA - ATACOCHA																				
Utilización (hrs/mes):	129																				
Eficiencia (hrs/mes)	0																				
Utilización promedio mensual (%)	56.33																				
Vida prom Neumatico Hrs:	800																				
Centro de Costos y Anexo contable	933201 - 100938																				
Tiempo estimado de Vida Util (hrs)	15,000																				
Horas Acumuladas (hrs)	1,850																				
Fecha estimada de cambio (mm-yy)	may-18																				
Comentarios:																					

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS									
Capacidad Util (TM): Capacidad Util (m3): Peso total Eq. (TM) : Dimesiones (M), L x A x H:	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Marca / Modelo Motor</td><td>DEUTZ/D914L04</td></tr> <tr><td>Serie de Motor</td><td>8849559</td></tr> <tr><td>Potencia (HP)</td><td></td></tr> <tr><td>Consumo Combustible (gl/hr):</td><td></td></tr> </table>	Marca / Modelo Motor	DEUTZ/D914L04	Serie de Motor	8849559	Potencia (HP)		Consumo Combustible (gl/hr):	
Marca / Modelo Motor	DEUTZ/D914L04								
Serie de Motor	8849559								
Potencia (HP)									
Consumo Combustible (gl/hr):									
Marca/Modelo Transmision: Marca/Modelo de Convertidor: Marca/Modelo de ejes:	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Medida de Neumático</td><td>12 x 20</td></tr> <tr><td>Tipo de neumático</td><td></td></tr> <tr><td>Peso de Neumático (kg)</td><td></td></tr> </table>	Medida de Neumático	12 x 20	Tipo de neumático		Peso de Neumático (kg)			
Medida de Neumático	12 x 20								
Tipo de neumático									
Peso de Neumático (kg)									

MANTENIMIENTO									
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Disponibilidad Promedio Mensual (%)</td><td style="text-align: right;">65.47</td></tr> <tr><td>Cumplimiento de plan preventivo (%)</td><td style="text-align: right;">80</td></tr> <tr><td>Costo de Mantenimiento (\$/hr)</td><td style="text-align: right;">103.75</td></tr> <tr><td>Costo Total Acumulado (\$)</td><td style="text-align: right;">191938</td></tr> </table>	Disponibilidad Promedio Mensual (%)	65.47	Cumplimiento de plan preventivo (%)	80	Costo de Mantenimiento (\$/hr)	103.75	Costo Total Acumulado (\$)	191938	Últimas intervenciones de mantenimiento relevantes:
Disponibilidad Promedio Mensual (%)	65.47								
Cumplimiento de plan preventivo (%)	80								
Costo de Mantenimiento (\$/hr)	103.75								
Costo Total Acumulado (\$)	191938								



YELLOW BOOK

Revisión

1.0

FICHA DE EQUIPO MÓVIL

Código de Ficha

EP-01

ASPECTO ACTUAL



ORIGEN

Unidad Minera	ATA
Clasificación	Acarreo
Familia de Equipo	Scoop
Marca/Modelo	Caterpillar / R1600G
TAG	EQM_ATA_D38
N° Serie del Equipo/Chasis	09YZ00677
Fabricante	Caterpillar
Año de Compra	2011
Precio de Compra (USD)	595,000
N° de Orden de Compra	LAT1-1161

ASPECTOS OPERACIONALES

Lugar de Trabajo	ZONA BAJA - ATACOCHA
Utilización (hrs/mes):	382
Eficiencia (hrs/mes)	0
Utilización promedio mensual (%)	63.75
Vida prom Neumatico Hrs:	1400
Centro de Costos y Anexo contable	933203 - 572014

INTEGRIDAD ACTUAL

Tiempo estimado de Vida Util (hrs)	20,000
Horas Acumuladas (hrs)	5,300
Fecha estimada de cambio (mm-yy)	ago-15

Comentarios:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Capacidad Util (TM):		Marca / Modelo Motor	CAT/3176C
Capacidad Util (yd3):	6	Serie de Motor	07ZR26170
Peso total Eq. (TM) :	29.8	Potencia (HP)	270
Dimensiones (M), L x A x H:	10.0 X 2.70 X 2.40	Consumo Combustible (gl/hr):	
Marca/Modelo Transmision:		Medida de Neumático	18 x 25
Marca/Modelo de Convertidor:		Tipo de neumático	Liso
Marca/Modelo de ejes:		Peso de Neumático (kg)	

MANTENIMIENTO

Disponibilidad Promedio Mensual (%)	89.95
Cumplimiento de plan preventivo (%)	90
Costo de Mantenimiento (\$/hr)	42.46
Costo Total Acumulado (\$)	225036

Ultimas intervenciones de mantenimiento relevantes:



YELLOW BOOK

Revisión

1.0

FICHA DE EQUIPO MÓVIL

Código de Ficha
EP-01

ASPECTO ACTUAL



ORIGEN

Unidad Minera	ATA
Clasificación	Desatador de Roca
Familia de Equipo	Scaler
Marca/Modelo	BTI / HS18-BX10
TAG	EQM_ATA_SC03
N° Serie del Equipo/Chasis	2011024
Fabricante	BTI
Año de Compra	2010
Precio de Compra (USD)	547,715
N° de Orden de Compra	LAT0-3590

ASPECTOS OPERACIONALES

Lugar de Trabajo	ZONA BAJA - ATACUCHA
Utilización (hrs/mes):	78
Eficiencia (hrs/mes)	0
Utilización promedio mensual (%)	11.30
Vida prom Neumatico Hrs:	
Centro de Costos y Anexo contable	933204 - 102586

INTEGRIDAD ACTUAL

Tiempo estimado de Vida Util (hrs)	15,000
Horas Acumuladas (hrs)	280
Fecha estimada de cambio (mm-yy)	abr-20

Comentarios:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Capacidad Util (TM):	
Capacidad Util (m3):	
Peso total Eq. (TM) :	16
Dimesiones (M), L x A x H:	11716x2593x2159 mm
Marca/Modelo Transmision:	DANA /R32000
Marca/Modelo de Convertidor:	DANA / C323
Marca/Modelo de ejes:	NEW HOLLAND D65

Marca / Modelo Motor	Deutz/BF6M1013EC
Serie de Motor	11073837
Potencia (HP)	211
Consumo Combustible (gl/hr):	
Medida de Neumático	12 x 20
Tipo de neumático	
Peso de Neumático (kg)	

MANTENIMIENTO

Disponibilidad Promedio Mensual (%)	72.65
Cumplimiento de plan preventivo (%)	10
Costo de Mantenimiento (\$/hr)	43.18
Costo Total Acumulado (\$)	12091

Últimas intervenciones de mantenimiento relevantes:



YELLOW BOOK

Revisión

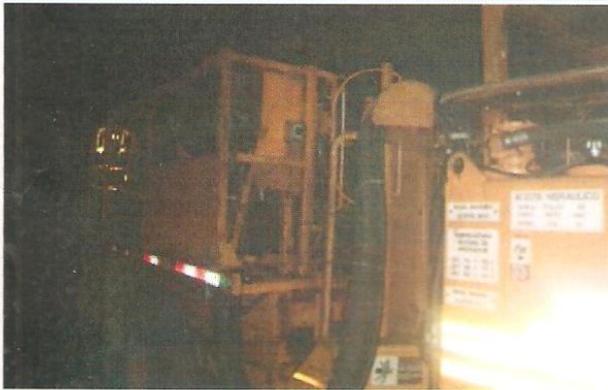
1.0

FICHA DE EQUIPO MÓVIL

Código de Ficha

EP-01

ASPECTO ACTUAL



ORIGEN

Unidad Minera	ATA
Clasificación	Equipo Sostenimiento
Familia de Equipo	Scissor Bolter
Marca/Modelo	Maclean / MEM946
TAG	EQM_ATA_SB10
N° Serie del Equipo/Chasis	946-305
Fabricante	Maclean
Año de Compra	2010
Precio de Compra (USD)	760,905
N° de Orden de Compra	LATO-3594

ASPECTOS OPERACIONALES

Lugar de Trabajo	ZONA BAJA - ATACOCHA
Utilizacion (hrs/mes):	71
Eficiencia (hrs/mes)	0
Utilización promedio mensual (%)	16.80
Vida prom Neumatico Hrs:	800
Centro de Costos y Anexo contable	933205 - 572017

INTEGRIDAD ACTUAL

Tiempo estimado de Vida Util (hrs)	15,000
Horas Acumuladas (hrs)	900
Fecha estimada de cambio (mm-yy)	jun-21

Comentarios:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Capacidad Util (TM):	
Capacidad Util (m3):	
Peso total Eq. (TM) :	
Dimensiones (M), L x A x H:	

Marca / Modelo Motor	DEUTZ/1013C
Serie de Motor	
Potencia (HP)	154
Consumo Combustible (gl/hr):	

Marca/Modelo Transmision:	
Marca/Modelo de Convertidor:	
Marca/Modelo de ejes:	NEW HOLLAND D65

Medida de Neumático	10 x 20
Tipo de neumático	
Peso de Neumático (kg)	

MANTENIMIENTO

Disponibilidad Promedio Mensual (%)	59.64
Cumplimiento de plan preventivo (%)	50
Costo de Mantenimiento (\$/hr)	124.58
Costo Total Acumulado (\$)	112122

Ultimas intervenciones de mantenimiento relevantes:



YELLOW BOOK

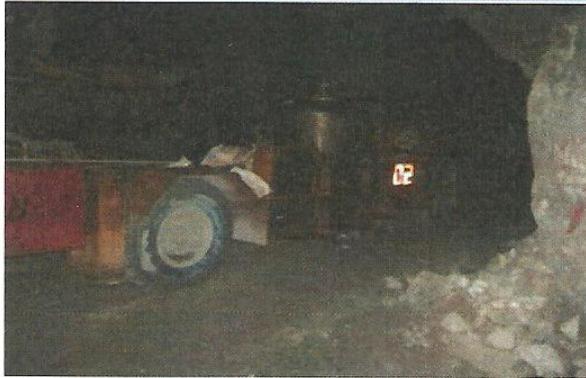
Revisión

1.0

FICHA DE EQUIPO MÓVIL

Código de Ficha
EP-01

ASPECTO ACTUAL



ORIGEN

Unidad Minera	ATA
Clasificación	Equipo de Bajo Perfil
Familia de Equipo	Anfo Loader
Marca/Modelo	BTI / ALB 4.5.LP15ARN
TAG	EQM_ATA_AL02
N° Serie del Equipo/Chasis	2011030
Fabricante	BTI
Año de Compra	2010
Precio de Compra (USD)	510,577
N° de Orden de Compra	LAT0-2502

ASPECTOS OPERACIONALES

Lugar de Trabajo	ZONA ALTA - SAN GERARDO
Utilización (hrs/mes):	155
Eficiencia (hrs/mes)	0
Utilización promedio mensual (%)	28.26
Vida prom Neumatico Hrs:	
Centro de Costos y Anexo contable	933207 - 102588

INTEGRIDAD ACTUAL

Tiempo estimado de Vida Util (hrs)	15,000
Horas Acumuladas (hrs)	1,070
Fecha estimada de cambio (mm-yy)	feb-20

Comentarios:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Capacidad Util (TM):		Marca / Modelo Motor	Deutz/BF4M1013EC
Capacidad Util (m3):		Serie de Motor	11060248
Peso total Eq. (TM) :	15.7	Potencia (HP)	154
Dimensiones (M), L x A x H:	11415x2546x2286 mm	Consumo Combustible (gl/hr):	
Marca/Modelo Transmision:	DANA /T20000	Medida de Neumático	12 x 20
Marca/Modelo de Convertidor:	DANA / C2000	Tipo de neumático	
Marca/Modelo de ejes:	NEW HOLLAND D65	Peso de Neumático (kg)	

MANTENIMIENTO

Disponibilidad Promedio Mensual (%)	77.8	Últimas intervenciones de mantenimiento relevantes:
Cumplimiento de plan preventivo (%)	10	
Costo de Mantenimiento (\$/hr)	8.37	
Costo Total Acumulado (\$)	8954	

Anexo N° 3: Control de Tiempos de la Locomotora

Equipo: LT-30

Lugar: OP2

Guardia: Día

Fecha: 06/03/2017

Scoop: D-48

N° de Carros: 8

Hora de Inicio: 08:17

Hora de Salida: 08:31

Numero de Carros	Tiempo de Carga	Cambio de Carro	Total (min)
1	1.50	0.20	1.70
2	1.25	0.23	1.48
3	1.37	0.20	1.57
4	1.28	0.20	1.48
5	1.70	0.20	1.90
6	1.97	0.23	1.20
7	1.90	0.23	1.13
8	1.67		1.67

Tiempo de Carga Total: 12.13 min

Equipo: LT-29

Lugar: OP2

Guardia: Día

Fecha: 06/03/2017

Scoop: D-48 y D-43

N° de Carros: 8

Hora de Inicio: 08:36

Hora de Salida: 09:38

Numero de Carros	Tiempo de Carga	Cambio de Carro	Total (min)
1	1.62	0.15	1.77
2	1.57	0.18	1.75
3	1.07	0.47	1.54
4	0.88	0.88	1.76
5	0.27	0.17	0.44
6	0.72	0.33	1.05
7	0.98	0.18	1.20
8	0.70		0.70

Tiempo de Carga Total: 10.21 min

Observaciones:

- A las 09:01 se tuvo una parada por problemas con el cardan del Scoop.

- 09:15 Llega el mecánico de IMPROMEC.
- 9:18 Se traslada el equipo al taller para reparaciones respectivas.
- 09:33 Llega el Scoop D-43 de 6 yd³ como apoyo para continuar con los trabajos de extracción.

Equipo: LT-30

Lugar: OP2

Guardia: Día

Fecha: 06/03/2017

Scoop: D-43

Nº de Carros: 8

Hora de Inicio: 09:43

Hora de Salida: 09:52

Numero de Carros	Tiempo de Carga	Cambio de Carro	Total (min)
1	0.13	0.27	0.40
2	0.92	0.25	1.17
3	0.85	0.35	1.20
4	0.58	0.20	0.78
5	0.83	0.22	1.05
6	0.82	0.25	1.07
7	0.82	0.45	1.27
8	0.73		0.73

Tiempo de Carga Total: 7.7 min.

Observaciones:

- Se tuvo una parada por coordinación de 01:20 del operado de la Locomotora con el operador del Scoop.

Equipo: LT-29

Fecha: 06/03/2017

Hora de Inicio: 10:05 a.m

Lugar: OP2

Scoop: D-43

Hora de Salida: 10:12 a.m

Guardia: Día

Nº de Carros: 8

Numero de Carros	Tiempo de Carga	Cambio de Carro	Total (min)
1	0.62	0.47	1.09
2	0.53	0.25	0.78
3	0.72	0.17	0.89
4	0.85	0.25	1.10
5	0.83	0.38	1.21
6	0.63	0.37	1.00
7	0.63	0.37	1.00
8	0.60		0.60

Tiempo de Carga Total: 7.7 min.

Equipo: LT-35

Fecha: 06/03/2017

Hora de Inicio: 10:25 a.m

Lugar: OP2

Scoop: D-47

Hora de Salida: 10:45 a.m

Guardia: Día

Nº de Carros: 8

Numero de Carros	Tiempo de Carga	Cambio de Carro	Total (min)
1	1.42	0.22	1.64
2	2.07	0.32	2.39
3	1.92	0.25	2.17
4	2.43	0.32	2.75
5	2.25	1.25	3.50
6	1.67	0.23	1.90
7	2.13	0.22	2.35
8	2.17		2.17

Tiempo de Carga Total: 18.85 min.

Observaciones:

- Se tuvo una parada de 02:00 por coordinaciones con el operador del Scoop.

Equipo: LT-30

Fecha: 06/03/2017

Hora de Inicio: 10:48 a.m

Lugar: OP2

Scoop: D-47

Hora de Salida: 11:10 a.m

Guardia: Día

Nº de Carros: 8

Numero de Carros	Tiempo de Carga	Cambio de Carro	Total (min)
1	2.58	0.32	2.90
2	2.58	0.33	2.91
3	2.37	0.32	2.69
4	2.23	0.62	2.85
5	2.28	0.45	2.73
6	2.08	0.33	2.41
7	2.00	0.35	2.35
8	2.28		2.28

Tiempo de Carga Total: 21.11 min.

Observaciones:

- Se tuvo una parada de 00:50 segundos por que el Scoop se apagó y no arrancaba.

Equipo: LT-29

Fecha: 06/03/2017

Hora de Inicio: 11:14 a.m

Lugar: OP2

Scoop: D-47

Hora de Salida: 11:33 a.m

Guardia: Día

Nº de Carros: 8

Numero de Carros	Tiempo de Carga	Cambio de Carro	Total (min)
1	1.87	0.52	2.39
2	1.90	0.43	2.33
3	1.90	0.25	2.15
4	1.95	0.40	2.35
5	1.80	0.20	2.00
6	2.07	0.58	2.65
7	1.58	0.47	2.05
8	1.68		1.68

Tiempo de Carga Total: 17.6 min.

Equipo: LT-35

Fecha: 06/03/2017

Hora de Inicio: 11:54 a.m

Lugar: OP2

Scoop: D-47

Hora de Salida: 12:12 p.m

Guardia: Día

Nº de Carros: 8

Numero de Carros	Tiempo de Carga	Cambio de Carro	Total (min)
1	2.05	0.38	2.43
2	1.48	0.23	1.71
3	2.20	0.27	2.47
4	2.02	0.28	2.30
5	1.87	0.23	2.10
6	2.28	0.20	2.48
7	2.17	0.23	2.40
8	2.17		2.17

Tiempo de Carga Total: 18.06 min.

Equipo: LT-29

Fecha: 06/03/2017

Hora de Inicio: 01:30 p.m

Lugar: OP2

Scoop: D-48

Hora de Salida: 01:42 p.m

Guardia: Día

Nº de Carros: 8

Numero de Carros	Tiempo de Carga	Cambio de Carro	Total (min)
1	1.82	0.22	2.04
2	1.08	0.20	1.28
3	1.28	0.23	1.51
4	1.15	0.57	1.72
5	0.82	0.23	1.05
6	1.08	0.25	1.33
7	1.15	0.15	1.30
8	1.10		1.10

Tiempo de Carga Total: 11.33 min.

Equipo: LT-35

Fecha: 06/03/2017

Hora de Inicio: 01:46 p.m

Lugar: OP2

Scoop: D-48

Hora de Salida: 01:58 p.m

Guardia: Día

Nº de Carros: 8

Numero de Carros	Tiempo de Carga	Cambio de Carro	Total (min)
1	1.10	0.25	1.35
2	1.20	0.35	1.55
3	1.15	0.20	1.35
4	1.17	0.50	1.67
5	0.98	0.40	1.38
6	1.01	0.23	1.24
7	1.13	0.17	1.30
8	1.30		1.30

Tiempo de Carga Total: 11.14 min.

Equipo: LT-30

Fecha: 06/03/2017

Hora de Inicio: 02:08 p.m

Lugar: OP2

Scoop: D-48

Hora de Salida: 02:18 p.m

Guardia: Día

Nº de Carros: 8

Numero de Carros	Tiempo de Carga	Cambio de Carro	Total (min)
1	0.97	0.28	1.26
2	0.97	0.23	1.20
3	1.01	0.25	1.26
4	0.98	0.33	1.31
5	0.93	0.20	1.13
6	1.17	0.72	1.98
7	0.73	0.28	1.01
8	1.05		1.05

Tiempo de Carga Total: 10.2 min.

Equipo: LT-29

Fecha: 06/03/2017

Hora de Inicio: 02:22 p.m

Lugar: OP2

Scoop: D-48

Hora de Salida: 02:34 p.m

Guardia: Día

Nº de Carros: 8

Numero de Carros	Tiempo de Carga	Cambio de Carro	Total (min)
1	1.25	0.62	1.87
2	0.78	0.18	0.96
3	1.20	0.20	1.40
4	1.27	0.23	1.50
5	1.27	0.27	1.54
6	1.35	0.22	1.57
7	1.27	0.28	1.55
8	1.10		1.10

Tiempo de Carga Total: 11.49 min.

Equipo: LT-35

Fecha: 06/03/2017

Hora de Inicio: 02:38 p.m

Lugar: OP2

Scoop: D-48

Hora de Salida: 02:49 p.m

Guardia: Día

Nº de Carros: 8

Numero de Carros	Tiempo de Carga	Cambio de Carro	Total (min)
1	1.12	0.35	1.47
2	0.80	0.15	0.95
3	1.35	0.18	1.53
4	1.22	0.18	1.40
5	1.23	0.28	1.51
6	1.18	0.25	1.43
7	1.18	0.23	1.41
8	1.25		1.25

Tiempo de Carga Total: 10.95 min.

Equipo: LT-30

Fecha: 06/03/2017

Hora de Inicio: 02:54 p.m

Lugar: OP2

Scoop: D-48

Hora de Salida: 03:05 p.m

Guardia: Día

Nº de Carros: 8

Numero de Carros	Tiempo de Carga	Cambio de Carro	Total (min)
1	1.05	0.22	1.27
2	1.35	0.22	1.57
3	1.22	0.25	1.47
4	1.18	0.33	1.51
5	1.25	0.33	1.58
6	1.27	0.18	1.45
7	1.38	0.30	1.68
8	1.27		1.27

Tiempo de Carga Total: 11.80 min.

Equipo: LT-29

Fecha: 06/03/2017

Hora de Inicio: 03:10 p.m

Lugar: OP2

Scoop: D-48

Hora de Salida: 03:22 p.m

Guardia: Día

Nº de Carros: 8

Numero de Carros	Tiempo de Carga	Cambio de Carro	Total (min)
1	1.12	0.38	1.50
2	0.97	0.22	1.19
3	1.27	0.18	1.45
4	1.28	0.22	1.50
5	1.42	0.35	1.77
6	1.20	0.25	1.45
7	1.45	0.20	1.65
8	1.52		1.52

Tiempo de Carga Total: 12.03 min.

Equipo: LT-35

Fecha: 06/03/2017

Hora de Inicio: 03:29 p.m

Lugar: OP2

Scoop: D-48

Hora de Salida: 03:41 p.m

Guardia: Día

Nº de Carros: 8

Numero de Carros	Tiempo de Carga	Cambio de Carro	Total (min)
1	1.67	0.60	2.27
2	1.22	0.20	1.42
3	1.35	0.18	1.53
4	1.10	0.18	1.28
5	1.18	0.22	1.40
6	1.05	0.28	1.33
7	1.03	0.22	1.25
8	1.13		1.13

Tiempo de Carga Total: 11.61 min.

Equipo: LT-30

Fecha: 06/03/2017

Hora de Inicio: 03:48 p.m

Lugar: OP2

Scoop: D-48

Hora de Salida: 03:59 p.m

Guardia: Día

Nº de Carros: 8

Numero de Carros	Tiempo de Carga	Cambio de Carro	Total (min)
1	0.95	0.18	1.13
2	1.22	0.25	1.47
3	1.18	0.20	1.38
4	1.30	0.20	1.50
5	1.27	0.35	1.62
6	1.00	0.20	1.20
7	1.13	0.25	1.38
8	1.17		1.17

Tiempo de Carga Total: 10.85 min.

Equipo: LT-29

Fecha: 06/03/2017

Hora de Inicio: 04:04 p.m

Lugar: OP2

Scoop: D-48

Hora de Salida: 04:16 p.m

Guardia: Día

Nº de Carros: 8

Numero de Carros	Tiempo de Carga	Cambio de Carro	Total (min)
1	1.03	0.18	1.21
2	1.22	0.27	1.49
3	1.08	0.20	1.28
4	1.18	0.27	1.45
5	1.35	0.20	1.55
6	1.33	0.22	1.55
7	1.40	0.17	1.57
8	1.27		1.27

Tiempo de Carga Total: 11.37 min.

Hora llegada a la tolva de gruesas: 4:37 p.m

Tiempo Promedio Traslado del OP2 a la Tolva de Gruesas:
21 min.
Tiempo Promedio de Traslado de Tolva de Gruesas al OP2:
17 min.
Tiempo de Espera para cargar: 36 min.
Tiempo Promedio de Carga: 12.56 min
Tiempo Promedio de Descarga: 3.20 min
Tiempo de ciclo de locomotora: 74 min.
Rendimiento: 168 TN/Hora.

Anexo N° 4: Control de Tiempo de Scissor Bolter y Small Section

Equipo: SSB-4

Lugar: 765 N

Guardia: Día

Fecha: 21/04/2017

Hora de Inicio: 13:44

Hora Finalizada:

16:22

Tiempo Perforación	Tiempo Empernado	Tiempo Total (min)	Tiempo Perforación	Tiempo Empernado	Tiempo Total (min)
0.85	0.75	1.60	0.67	0.91	1.58
0.78	0.47	1.25	0.65	0.45	1.10
0.68	0.37	1.05	0.78	0.37	1.15
0.75	0.95	1.70	0.72	0.40	1.12
0.80	0.42	1.22	0.73	0.47	1.20
0.67	0.33	1.00	0.80	0.33	1.13
0.68	0.32	1.00	0.82	0.36	1.18
0.72	0.45	1.17	0.72	0.45	1.17
0.65	0.33	0.98	0.78	0.55	1.33
0.57	0.38	0.95	0.65	0.43	1.08
0.70	0.30	1.00	0.77	0.61	1.38
0.67	0.43	1.10	1.18	0.39	1.57
0.60	0.38	0.98	1.01	0.47	1.48
0.73	0.79	1.52	0.77	0.38	1.15
0.85	0.40	1.25	0.77	0.36	1.13
0.80	0.40	1.20	0.75	0.35	1.10
0.73	0.35	1.08	0.70	0.31	1.01
1.01	0.47	1.48	0.80	0.80	1.60
0.93	0.67	1.60	0.98	0.57	1.55
0.70	0.78	1.48	0.77	0.55	1.32
0.77	0.41	1.18			
0.83	0.44	1.27			

N° Split Set: 42 Split sets

N° Paños: 3 + Malla de Sacrificio

Malla: 87 m²

Tiempo Total: 157 minutos.

Rendimiento: 25 Split/hora.

Paradas:

- 14:45 El SSB-4 no podía subir para colocar la malla de sacrificio.
- 13:30 No había presión agua-
- 15:47 Se reanuda trabajo de sostenimiento.

Equipo: SB-11
Fecha: 22/04/2017
17:27

Lugar: 765 S
Hora de Inicio: 15:05

Guardia: Día
Hora Finalizada:

Tiempo Perforación	Tiempo Empernado	Tiempo Total (min)	Tiempo Perforación	Tiempo Empernado	Tiempo Total (min)
0.83	0.40	1.23	1.07	1.05	2.12
0.98	0.64	1.62	1.07	0.76	1.83
1.05	0.67	1.72	1.17	0.65	1.82
1.01	0.54	1.55	0.80	0.72	1.52
1.20	0.58	1.78	1.23	0.74	1.97
1.00	0.65	1.65	1.10	0.57	1.67
1.05	0.55	1.60	1.18	0.99	2.17
0.87	0.50	1.37	1.01	0.72	1.73
0.87	0.73	1.60	0.80	0.75	1.55
0.85	0.55	1.40	1.55	0.46	2.01
0.85	0.45	1.30	1.12	6.76	7.88
1.00	0.88	1.88	1.18	0.60	1.78
0.87	1.00	1.87	1.00	0.80	1.80
0.83	0.65	1.48	1.08	0.82	1.90
2.13	1.00	2.13	1.00	1.22	2.22
1.00	0.57	1.57	1.07	0.65	1.72
1.18	0.42	1.60	1.10	0.58	1.68
1.25	0.83	2.08	0.83	0.67	1.50
1.58	0.82	2.40	0.92	0.83	1.75
1.05	0.48	1.53	1.25	1.08	2.33
1.43	0.89	2.32	1.13	0.72	1.85
1.20	0.81	2.01	1.25	0.80	2.05
1.30	0.62	1.92	1.33	0.65	1.98

Nº Split Set: 46 Split sets

Nº Paños: 3 + Malla de Sacrificio

Malla: 89 m²

Tiempo Total: 142 minutos.

Rendimiento: 21 Split/hora

Equipo: SB-08

Lugar: 858 S (Camara DDH)

Guardia: Día

Fecha: 23/04/2017

Hora de Inicio: 10:59

Hora Finalizada:

13:56

Tiempo Perforación	Tiempo Empernado	Tiempo Total (min)	Tiempo Perforación	Tiempo Empernado	Tiempo Total (min)
0.58	1.40	1.98	1.10	0.55	1.65
0.95	0.57	1.52	0.98	0.32	1.30
0.83	0.79	1.62	1.00	0.62	1.62
0.88	0.69	1.57	1.13	0.85	1.98
0.73	0.52	1.25	0.78	0.62	1.40
1.03	0.54	1.57	1.17	0.70	1.87
0.80	0.52	1.32	0.82	0.63	1.45
1.28	0.45	1.73	0.85	0.52	1.37
0.93	0.57	1.50	0.87	0.78	1.65
1.17	0.50	1.67	1.35	0.42	1.77
1.27	0.50	1.77	1.68	0.50	2.18
1.00	0.65	1.65	1.10	0.33	1.43
0.77	0.40	1.17	0.67	0.55	1.22

Nº Split Set: 26 Split sets

Nº Paños: 2 Paños

Malla: 50 m²

Tiempo Total: 177 minutos – 60 minutos Refrigerio = 117 minutos

Rendimiento: 21 Split/hora

Paradas:

- 11:43 – 11:55 Parada para enderezado de barra.
- 11:56 – 13:00 Parada por refrigerio.
- 13:37 – 13:50 Falta Split set y Chapas.

Anexo N° 5: Control de tiempos del Jumbo Frontonero

Equipo: J-14

Lugar: 765 N Breasting

Guardia: Día

Fecha: 26/04/2017

Hora Inicio: 15:47

Hora Final: 16:17

Perforación Brazo Izquierdo	Maniobra	Total (min)	Perforación Brazo Derecho	Maniobra	Total (min)
1.93	0.20	2.13	2.65	0.25	2.90
1.13	0.35	1.48	2.55	0.50	3.05
1.32	0.33	1.65	1.40	0.37	1.77
1.17	0.38	1.55	1.40	0.37	1.77
1.33	00:21	1.68	1.35	0.52	1.85
			1.63	0.45	2.08
			1.32	0.40	1.72

N° de Taladros Perforados:

- Brazo Izquierdo: 10 taladros
- Brazo Derecho: 10 taladros
- Total: 20 taladros

Tiempo Promedio de Perforación:

- Brazo Izquierdo: 1.37 min
- Brazo Derecho: 1.75 min

Rendimiento: 40 tal/hora

Paradas:

- 07:00 – 8:00 Charla de sensibilización.
- 08:00 – 9:00 Traslado del personal al Nv. 3600.
- 09:00 – 09:40 Traslado del personal al Nv. 3300.
- 10:00 – 11:00 Check list y trabajos correctivos de los mecánicos.
- 11:00 – 12:00 Espera de área de trabajo por trabajos de sostenimiento.
- 12:00 – 13:00 Refrigerio
- 13:00 – 13:40 Traslado del equipo para abastecimiento de combustible.
- 13:40 – 15:40 No hay área habilitada para perforación.
- 15:40 – 15:47 Instalación del equipo en el área de trabajo.

Equipo: J-155
Fecha: 27/04/2017

Lugar: Rpa 875W Frente **Guardia:** Día
Hora Inicio: 14:02 **Hora Final:** 16:51

Perforación Brazo Izquierdo	Maniobra	Total (min)	Perforación Brazo Derecho	Maniobra	Total (min)
2.33	0.58	2.92	2.20	0.68	2.88
2.87	0.66	3.53	2.72	0.61	3.33
2.08	0.63	2.72	2.80	0.60	3.40
2.37	0.68	3.05	2.93	0.80	3.73
2.20	0.75	2.95	2.87	0.96	3.83
2.50	0.65	3.15			
2.45	1.03	3.48			
1.80	0.82	2.62			

Tiempos de Rimado:

Perforación	Maniobra	Tiempo Total (min)
5.67	1.81	7.48
5.22	0.76	5.98
4.58	2.32	6.90
4.85		4.85

Nº de Taladros Perforados:

- Brazo Izquierdo: 15 taladros
- Brazo Derecho: 22 taladros
- Total: 37 taladros

Tiempo Promedio de Perforación:

- Brazo Izquierdo: 2.32 min
- Brazo Derecho: 2.70 min

Tiempo promedio de Rimado: 6.17min

Rendimiento: 40 tal/hora

Paradas:

- 07:00 – 08:15 Charla con el personal.
- 08:15 – 09:30 Traslado del personal del Nv. 3600 al Nv. 3300
- 09:30 – 10:00 Check list del equipo.
- 10:00 – 10:30 Trabajos correctivos del equipo.
- 10:30 – 11:00 Espera de área por trabajos de sostenimiento.
- 12:00 – 13:00 Refrigerio.
- 13:00 – 13:50 Espera de área de trabajo.
- 13:50 – 14:00 Bombeo del frente para iniciar perforación.
- 14:00 – 14:02 Instalación del equipo para iniciar perforación.

Equipo: J-14
Fecha: 25/04/2017

Lugar: 858 N Breasting (D)
Hora Inicio: 14:51

Guardia: Día
Hora Final: 15:45

Perforación para colocación de malla de sacrificio:

Inicio: 14:51

Final: 15:45

Broca: 37mm

Perforación	Maniobra	Total (min)
0.70	0.25	0.95
0.67	0.40	1.07
0.75	0.50	1.25
0.67	0.53	1.20
0.72	0.46	1.18
0.70		0.70

Tiempo promedio de colocación de Split Set: 0.67 min

Tiempo de Perforación de Taladros:

Perforación	Maniobra	Total (min)	Perforación	Maniobra	Total (min)
2.05	0.33	2.38	1.88	0.24	2.12
2.02	0.40	2.42	1.84	0.48	2.32
1.83	0.27	2.10	2.15	0.35	2.50
1.87	0.31	2.18	1.68	0.47	2.15
1.83	0.32	2.15	1.80	0.37	2.17
1.80	0.37	2.17	1.82	0.45	2.27
1.97	0.20	2.17	1.60		1.60
1.97		1.97			

Nº de Taladros Perforados:

- Brazo Izquierdo: 8 taladros
- Brazo Derecho: 7 taladros
- Total: 15 taladros

Tiempo Promedio de Perforación:

- Brazo Izquierdo: 1.92 min
- Brazo Derecho: 1.82 min

Rendimiento: 14 tal/hora

Observaciones:

- Se espero trabajo de desate con SC-7.
- Se realizó la limpieza del área con el D-45.
- Se trasladó el equipo a las 10:50.
- Se tuvo problemas de falta de agua por motivos de reparación de tubería.
- Se esperó hasta la hora del refrigerio a que se reponga el agua.
- Los trabajos de sostenimiento se reanudan a las 12:56 con el SSB-04 hasta las 14:45.

Anexo N° 6: Control de Tiempos de Scaler

Equipo: SC-06	Lugar: 765N	Guardia: Día
Fecha: 26/04/2017	Hora de Inicio: 10:10	Hora Final: 11:15
Tiempo Total de desate: 65 min		
Parada:		
<ul style="list-style-type: none">• 10:25 – 10:40 Parada por baja presión de percusión.		
Equipo: SC-07	Lugar: 765N	Guardia: Día
Fecha: 08/05/2017	Hora de Inicio: 10:15	Hora Final: 10:40
Tiempo Total de desate: 25 min		
Equipo: SC-07	Lugar: Rpa. 910	Guardia: Día
Fecha: 08/05/2017	Hora de Inicio: 13:05	Hora Final: 13:29
Tiempo Total de desate: 24 min		
Equipo: SC-07	Lugar: 858S	Guardia: Día
Fecha: 08/05/2017	Hora de Inicio: 15:21	Hora Final: 15:43
Tiempo Total de desate: 22 min		
Equipo: SC-07	Lugar: 765S	Guardia: Día
Fecha: 24/05/2017	Hora de Inicio: 13:00	Hora Final: 13:18
Tiempo Total de desate: 18 min		
Equipo: SC-07	Lugar: 765 Centro	Guardia: Día
Fecha: 24/05/2017	Hora de Inicio: 15:30	Hora Final: 15:53
Tiempo Total de desate: 23 min		
Tiempo Promedio de desate: 29.5 min		

Anexo N° 7: Control de tiempo de Anfo Loader

Equipo: AL-3 **Lugar:** Rpa (-) 861 **Guardia:** Día
Fecha: 20/04/2017 **Hora de Inicio:** 17:12 **Hora de Salida:**
17:54

Número de Taladros	38 Taladros
Tiempo de Carguío	42 min.

Equipo: AL-3 **Lugar:** Rpa 875W Frente **Guardia:** Día
Fecha: 27/04/2017 **Hora de Inicio:** 15:02 **Hora de Salida:**
15:36

Número de Taladros	37 Taladros
Tiempo de Carguío	34 min.

Equipo: AL-3 **Lugar:** 858 N Breasting (D) **Guardia:** Día
Fecha: 25/04/2017 **Hora de Inicio:** 15:58 **Hora de**
Salida: 16:22

Número de Taladros	15 Taladros
Tiempo de Carguío	24 min.

Equipo: AL-3 **Lugar:** 765 N Breasting **Guardia:** Día
Fecha: 26/04/2017 **Hora de Inicio:** 16:25 **Hora de Salida:**
16:53

Número de Taladros	20 Taladros
Tiempo de Carguío	28 min.

Rendimiento:

Tiempo Promedio de carguío en Frente: 38 minutos

Tiempo Promedio de carguío en Breasting: 26 minutos.

Anexo N° 8: Control de tiempos de Scooptram

Equipo: D-29

Lugar: 765N

Guardia: Día

Fecha: 23/05/2017

Hora de Inicio: 13:40

Hora de Salida:

16:48

<i>Características Operativas</i>	
<i>Densidad de Mineral:</i>	3.40 Tn/m ³
<i>Factor de Esponjamiento:</i>	0.45%
<i>Densidad Suelta:</i>	2.34 Tn/m ³
<i>Capacidad de cucharón:</i>	4.59 m ³
<i>Factor de Carguío:</i>	0.85
<i>Carga útil por viaje:</i>	9.13

Item	Cucharones			Tiempo total de carga(min)
	1	2	3	
1	0.48	1.50	2.39	4.37
2	1.21	2.67	3.00	6.88
3	0.70	1.30	1.28	3.28
4	1.13	1.27	1.73	4.13
5	0.63	1.34	1.53	3.50
6	0.55	1.27	1.33	3.15
7	0.46	1.40	1.17	3.03
8	0.57	1.28	1.42	3.27
9	0.43	1.25	1.40	3.08
10	0.40	1.30	1.53	3.23
11	0.48	1.64	1.43	3.55
12	0.74	1.65	1.53	3.92
13	0.28	1.35	1.45	3.08
14	0.23	1.62	1.53	3.38
15	0.30	1.40	1.50	3.20
16	0.27	1.47	1.73	3.47
17	0.33	1.37	1.62	3.32

Rendimiento: 150 TN/Hora

Numero de Ciclos: 18 ciclos/Hora

Número total de cucharas: 51

Número de viajes de volquetes: 17

Tiempo Promedio de carguío de Volquete: 3.64 min

Tiempo Tota de limpieza de mineral: 188min.

Tonelaje: 425 TN

Anexo N° 9: Control de tiempo del ANFO Loader

Equipo: AL-3 **Lugar:** Rpa (-) 861 **Guardia:** Día
Fecha: 20/04/2017 **Hora de Inicio:** 17:12 **Hora de Salida:**
17:54

Número de Taladros	38 Taladros
Tiempo de Carguío	42 min.

Equipo: AL-3 **Lugar:** Rpa 875W Frente **Guardia:** Día
Fecha: 27/04/2017 **Hora de Inicio:** 15:02 **Hora de Salida:**
15:36

Número de Taladros	37 Taladros
Tiempo de Carguío	34 min.

Equipo: AL-3 **Lugar:** 858 N Breasting (D) **Guardia:** Día
Fecha: 25/04/2017 **Hora de Inicio:** 15:58 **Hora de**
Salida: 16:22

Número de Taladros	15 Taladros
Tiempo de Carguío	24 min.

Equipo: AL-3 **Lugar:** 765 N Breasting **Guardia:** Día
Fecha: 26/04/2017 **Hora de Inicio:** 16:25 **Hora de Salida:**
16:53

Número de Taladros	20 Taladros
Tiempo de Carguío	28 min.

Rendimiento:

Tiempo Promedio de carguío en Frente: 38 minutos

Tiempo Promedio de carguío en Breasting: 26 minutos.

Anexo N° 10: Control de tiempos de Volquetes

Equipo: VQ-7, VQ-8, VQ-9

Guardia: Día

Fecha: 20/05/2017

Labor: 765 N

Destino: Pique 447

Nivel:.3300

Tiempo promedio de carga: 3.75 min

Tiempo promedio de Descarga: 1.47 min

Tiempo promedio del Stop 765 N al Pique 447: 8.18 min

Tiempo promedio del Pique 447 al Stop 765 N: 10.58 min

RENDIMIENTO		
<i>Capacidad de volquete</i>	<i>Q</i>	24 Ton
<i>Factor de esponjamiento</i>	<i>F</i>	0.45%
<i>T. Carga + t. De descarga</i>		5.22 min
<i>T de ida + t. De vuelta</i>		18.76 min
<i>Cm</i>	<i>Cm</i>	23.98
<i>Factor de eficiencia</i>	<i>E</i>	90%

Formula:
$$\frac{Q \times E \times 60}{Cm \times F}$$

Rendimiento: 120 Ton/Hora

Anexo N° 11: Características de los equipos utilizados en la mina Atacocha

A. **JUMBO AXERA DD321**

Especificaciones técnicas:

- Dimensión: 3.2 m altura x 2.1 m ancho
- Longitud del barreno 14 pies
- Broca ESF R-32 x 45mm con 7 botones
- Broca Escarradora “110mm” R32 x 3” Ø
- Presiones
 - Presión percusión 90- 160 bar
 - Presión Rotación 50 – 60 bar
 - Presión Avance 60 – 80 bar
 - Presión de agua 5 – 15 bar mínimo 2 bar
- Tipos de manguera
 - R-2 Baja Presión
 - R-12 alta presión
- Tipos de aceite
 - Aceite 15W40
 - Hidráulico neto 68
 - Transmisión h30
 - Lubricación almo282
- Grasa XHP
- Shank HC-50
- Coupling
- Centralizador
- Emboquillado o Dowin
- Energía 440 v min 420 v

B. **SCOOPTRAM RG1600**

Especificaciones técnicas:

- . Marca: Caterpillar

- Dimensión: 2.4 m altura x 2.5m ancho
- Capacidad de cuchara: 6 yd³ – 4.59 m³
- Altura máx. del levantado del cucharón: 5.2m
- Consumo combustible: 5gal/ hora
- Código de llantas
 - P1 izquierda delantera
 - P2 derecha delantera
 - P3 izquierda trasera
 - P4 derecha trasera
- Factores

- Esponjamiento 45%
- Llenado 85%
- Densidad suelta del mineral 2.34 ton/m3

C. SCISSOR BOLTER (JUMBO EMPERNADOR)

Especificaciones técnicas:

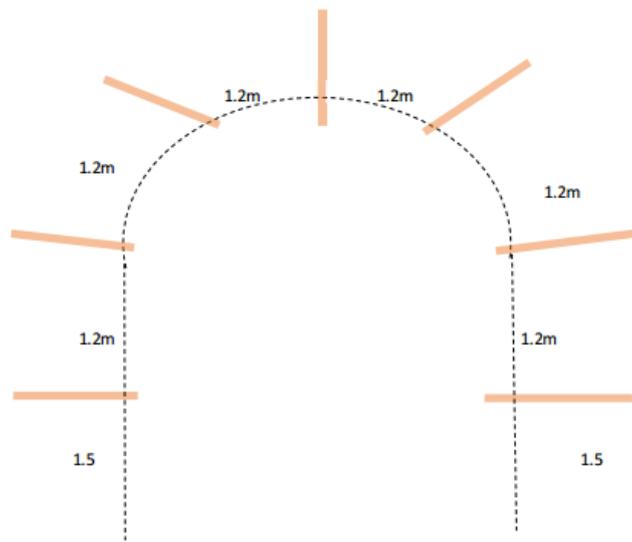
- . Marca: Mac lean
- Dimensión 2.6 m alto x 2.3 m ancho
- Altura de elevación
 - Tijeras 4.8 m
 - Gata hidráulica 2 m
- Barra R-32 de 8 pies
- Broca de botones R-25
- Shank adapter R-32
- Shank adapter HL-500
- Acople R-32
- Acople reductor T-38 a R-32
- Diámetro de broca

33mm -----35 mm

Roca inestable

Roca estable

- Malla Electrosoldada de 2 x 25m
- Split set 39.5mm x 7 pies
- SCISSOR BOLTER
 - HC -50 Perforadora y Empernado
- Presiones
 - Rotación 30-50 Bar
 - Percusión 80- 100 Bar
 - Avance 50- 60 Bar
- SMALL SCISSOR BOLTER
 - HC-50 Perforadora
 - HC -25 Emperadora



Distribución correcta de Split Set

Gráfico N° 0.1: Split Set

D. VOLQUETES

- Marca: Volvo FMX
- Capacidad de carga: 30 m3
- Peso tara 15.147 ton
- Peso de Carguío 22 a 25 ton
- Altura 2.75
- Ancho 2.40

E. CARGUÍO DE TALADROS CON ANFO LOADER

- Marca: Normet maclean
- Modelo: Charmec 6605B
- Capacidad: 500 Kg.
- Altura de la plataforma a alcanzar: 8.4 m máximo de altura.
- Giro del Brazo: 40° / 20°
- Presión de confinamiento: 50 PSI

F. SCALER BTI (DESATADO DE ROCAS)

- Longitud de Alcance del brazo: 6m
 - Altura de alcance brazo: 8m
- Equipo Electrohidráulico.

Anexo N° 12: Panel fotográfico



Fotografía N° 1: El Tesista en la mina Atacocha.



Fotografía N° 2: Reunión de trabajo con UNICON



Fotografía N° 3: Trabajores de la mina Atacocha.



Fotografía N° 4: Scooptram de 6 yd3



Fotografía N° 5: Mina subterránea de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.