UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE PRODUCCION Y SERVICIOS

"MÉTODO PARA SELECCIONAR EL EQUIPO DE ACARREO APLICANDO LINEAMIENTOS DE LA GUÍA DEL PMBOK CASO MINA TAJO ABIERTO EN EL CENTRO DEL PERÚ"

Tesis presentada por el Bachiller:

CESAR AGUSTIN GUERRA CARPIO

Para Optar el Grado Académico de

Maestro en Ciencias: Ingeniería de Proyectos,

con Mención en Gerencia de Proyectos

Asesora:

Dra. Elisa Castañeda Huamán

AREQUIPA - PERU

2018

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Alma Mater, a la Universidad Nacional de Agustín de Arequipa, a todos los señores Docentes de la Unidad de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de Producción y Servicios, en especial a la Dra. Elisa Castañeda, por su generosidad, paciencia y la dedicación que ha mostrado permanentemente conmigo, así también a mis compañeros que durante nuestra permanecía en las aulas, aprendí de cada uno de ellos.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis de maestría con amor y gratitud a mi madre Dora Carpio Cabana y mis hermanos Cecilia, Yensy y Noelia, por el acostumbrado apoyo que siempre me han dado, a la memoria de mi padre Cesar Guerra Landa y mi abuela Sebastiana Cabana Madueño, que con ejemplo supieron inculcarme sus enseñanzas.

“MÉTODO PARA SELECCIONAR EL EQUIPO DE ACARREO APLICANDO LINEAMIENTOS DE LA GUÍA DEL PMBOK CASO MINA TAJO ABIERTO EN EL CENTRO DEL PERÚ”

SUMARIO

Caratula……i

Agradecimiento……i

Dedicatoria……ii

Índice General……iii

Lista de Tablas……viii

Lista de Ilustraciones……ix

Lista de Abreviaturas……xi

INDICE GENERAL

RESUMEN xiv

ABSTRACT xv

INTRODUCCION xvi

CAPITULO I 1

CAPITULO I PLANTEAMIENTO METOLÓGICO 2

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2

1.2. DELIMITACION DEL PROBLEMA 2

1.2.1. FACTOR DE TEMPORALIDAD 2

1.2.2. FACTOR ESPACIAL 2

1.2.3. FACTOR DE CLASIFICACION 2

1.2.4. FACTOR DE CANTIDAD 2

1.2.5. FACTOR DE TRASCENDENCIA 3

1.3. PREGUNTA DE INVESTIGACION 3

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION 3

1.4.1. OBJETIVOS GENERALES 3

1.4.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS 3
1.5. JUSTIFICACION....4
1.5.1. TECNICA....4
1.5.2. ECONOMICA....4
1.5.3. AMBIENTAL....4
1.5.4. RESPONSABILIDAD SOCIAL....4
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION....4
1.7. HIPOTESIS GENERAL....5
1.8. VARIABLES....5
1.8.1. VARIABLE INDEPENDIENTE....5
1.8.2. VARIABLE DEPENDIENTE....5
1.9 INDICADORES....6
1.10 METODOLOGÍA....6
1.10.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN....6
1.10.2. INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN....6
CAPITULO II....7
CAPITULO II MARCO TEORICO....8
2.1. INTRODUCCION....8
2.2. PROCESOS DE LA DIRECCION DE PROYECTOS....9
2.3. ANALSIS DE OPCIONES....13
2.3.1. VALORIZACION DEL BLOQUE....13
2.3.2. OPTIMIZACIÓN DEL TAJO....14
2.3.3. DISEÑO DE MINA....17
2.3.5. DISEÑO DE BOTADEROS....19
2.3.6. PLAN DE MINADO....19
2.3.7. CALCULO DE EQUIPO DE ACARREO....20
2.3.8. CALCULO DE EQUIPO DE CARGUIO Y AUXILIARES....32
2.3.9. EVALUACION ECONOMICA....32
Ejemplo de cálculo del Valor Presente Neto....34
2.3.10. ANALISIS DE RIESGO....35
CAPITULO III....38
CAPITULO III DESCRIPCION DE LA PROBLEMÁTICA....39

3.1. PARAMETROS DE ENTRADA 42
3.1.1. MODELO GEOLOGICO 42
3.1.2. PARAMETROS GEOTECNICOS 44
3.1.3. PARAMETROS MINA 46
3.1.4. PARAMETROS DE PLANTA CONCENTRADORA 46
3.1.5. PARAMETROS ECONOMICOS 47
3.2. PROCESO DEL PLANEAMIENTO 49
3.2.1. VALORIZACION DEL BLOQUE 49
3.2.2. OPTIMIZACION DEL TAJO 51
3.2.3. DISEÑO DE MINA 53
3.2.4. OPTIMIZACION DE LEY DE CORTE 56
3.2.5. DISEÑO DE BOTADEROS 57
3.2.6. PLAN DE MINADO 61
3.2.7. CALCULO DE EQUIPO DE ACARREO 66
3.2.8. CALCULO DE EQUIPO DE CARGUIO Y AUXILIARES 68
3.2.9. EVALUACION ECONOMICA 70
3.2.10. ANALISIS DE RIEGOS 75
CAPITULO IV 79
CAPITULO IV 80
MÉTODO PARA SELECCIONAR EQUIPOS DE ACARREO SIGUIENDO LA GUIA DEL PMBOK 80
4.1. Proceso de Inicio 81
4.1.1. Definición 82
4.1.2. Procesos 82
4.2. PROCESO DE PLANIFICACION 84
4.2.1. Definición 86
4.2.2. Procesos 86
4.3. PROCESO DE EJECUCION 96
4.3.1. Definición 96
4.3.2. Procesos 97
4.4. PROCESO DE MONITOREO Y CONTROL DEL PROYECTO 99
4.4.1. Definición 101
4.4.2. Procesos 101

4.5. PROCESO DE CIERRE DEL PROYECTO 104
4.5.1. Definición 104
4.5.2. Procesos 105
CAPÍTULO V 106
CAPITULO V VALIDACIÓN DEL MÉTODO 107
5.1. FASES DE MINADÓ 108
5.2. MATCH FACTOR PALA Y CAMION 109
5.3. PARAMETROS DEL CAMION 110
5.4. DESEMPEÑO DEL CAMION 114
5.5. RECONCILIACIÓN DE HORAS DE CAMIÓN 119
5.6. PLAN DE MINADO CON LOS NUEVOS PARAMETROS 121
5.7. PRODUCCIÓN DE MINADO 122
5.8. MINADO POR FASE 123
5.9. EXPOSICION DE MINERAL 125
5.10. LEY DE CORTE (CUTOFF GRADE) 125
5.11. ALIMENTACION A PLANTA CONCENTRADORA 126
5.12. EQUIPO MINA CARGUIO Y PERFORADORAS 128
5.13. REVISION DEL CÁLCULO DE HORAS DE CAMION 129
5.14. CÁLCULO DE HORAS DE CAMIÓN 132
5.15. EVALUACIÓN ECONÓMICA 136
CAPITULO VI 143
CAPITULO VI EVALUACION DEL METODO 144
6.1. COMPARACION ECONOMICA 144
6.2. VENTAJAS DEL MÉTODO 147
6.3. DESVENTAJAS DEL MÉTODO 148
CONCLUSIONES 149
RECOMENDACIONES 150
ANEXOS 151
ANEXO A: Carta del proyecto 151
ANEXO B: Identificación de Involucrados 152
ANEXO C: Plan del Proyecto 153
ANEXO D: Enunciado de Alcance de Proyecto 154

ANEXO E: Estructura de Desglose de Trabajo 155
ANEXO F: Diagrama Organizacional 156
ANEXO G: Matriz de Roles y Funciones 157
Anexo H: Matriz de comunicación 158
ANEXO I: Secuenciar Actividades 158
ANEXO J: Cronograma 158
ANEXO K: Estimación de Costos 159
ANEXO L: Diagrama causa efecto, Plan de Calidad 159
ANEXO M: Matriz de Probabilidad de Impacto 160
BIBLIOGRAFIA 161
GENERAL 161
ESPECIALIZADA 161

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Factores típicos resistivos para una llanta 25
Tabla 2 Coeficiente de factores de tracción 28
Tabla 3 Matriz de riesgos 36
Tabla 4 Recuperaciones globales en el modelo 47
Tabla 5 Costos Unitarios de Mina 48
Tabla 6 Costos Unitarios de Planta 48
Tabla 7 Protocolo de Precios 49
Tabla 8 Desplazamiento de Mineral y Desmonte 50
Tabla 9 Cambios de Mineral Transicional 50
Tabla 10 Comparación de Materiales según modelos 51
Tabla 11 Inventario de Mineral por Fases MI 54
Tabla 12 Capacidad de Botaderos y Stockpiles 61
Tabla 13 Minado por fases 64
Tabla 14 Avance vertical de bancos por periodo 64
Tabla 15 Asignación de Palas por fase 64
Tabla 16 Mineral por fase 65
Tabla 17 Utilización Planeada de los equipos principales 68
Tabla 18 Clasificación de Costos Operativos 71
Tabla 19 Resumen de CAPEX 72
Tabla 20 Comparación del CAPEX 73
Tabla 21 Identificación de Involucrados 83
Tabla 22 Parámetros básicos del Equipo de Carguío 109
Tabla 23 Diferencia de velocidades entre campo y Dispatch Analizer 115
Tabla 24 Velocidad Máxima Promedio 118
Tabla 25 Velocidad Máxima Promedio restringida al KOM930 118
Tabla 26 Incremento de horas de camión 121
Tabla 27 Comparación de Producción de Mina 122
Tabla 28 Minado por Fase y Año LOM2015 123
Tabla 29 Minado por y Año LOM2015 (CAT797) 124
Tabla 30 Numero de bancos por Fase y Periodo LOM2015 124
Tabla 31 Numero de bancos por Fase y Periodo LOM2015 (CAT797) 124
Tabla 32 Comparación de Concentrados 127
Tabla 33 Producción de Metal 128
Tabla 34 Costos del CAT793C/D/F 137
Tabla 35 Costos del Komatsu 930E 138
Tabla 36 Consumo de Combustible 139
Tabla 37 Costo Referencial del Komatsu 930E 140
Tabla 38 Costo Referencial del Caterpillar 797 141
Tabla 39 Cuadro comparativo Kom930 y Cat797 141
Tabla 40 Componentes asociados al Komatsu 930 142

Tabla 41 Componentes asociados al Cat797 142
Tabla 42 Evaluación Económica de Casos.....145

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Modelo de Bloques Valorizado 15
Ilustración 2 Sección después del procedimiento de búsqueda 17
Ilustración 3 Geometría del Pit Optimo 17
Ilustración 4 Diseño de Mina 18
Ilustración 5 Esquema de la curva rimpull 23
Ilustración 6 Esquema del perfil de acceso 24
Ilustración 7 Límites de tracción 27
Ilustración 8 Esquema de cuatro palas eléctricas 30
Ilustración 9 Cálculo del valor de transporte 31
Ilustración 10 Planeamiento Integrado 40
Ilustración 11 Pasos del LOM Optimizado 41
Ilustración 12 Distribución de Categoría de Mineral 43
Ilustración 13 Sectores Geotécnicos 45
Ilustración 14 Efecto cascada en la Optimización del Tajo MI 52
Ilustración 15 Optimización del Pit Final 53
Ilustración 16 Diseño de Fases 53
Ilustración 17 Fase 07 y Limite de Propiedad 55
Ilustración 18 Revisión del diseño de Fase 09 56
Ilustración 19 Política de ley de corte 57
Ilustración 20 Diseño de Botaderos 58
Ilustración 21 Cambios en diseño de Botadero Tucush 59
Ilustración 22 Cambios de diseño de Botadero Yanacancha 60
Ilustración 23 Cambios de diseño del stockpiles 60
Ilustración 24 Plan de Minado 62
Ilustración 25 Remanejo de Mineral 62
Ilustración 26 Producción por fases de minado 63
Ilustración 27 Exposición de Mineral 65
Ilustración 28 Distribución de Material con MineHaul 66
Ilustración 29 Simulación de Camiones con Talpac 67
Ilustración 30 Número de Camiones 68
Ilustración 31 Equipo de Carguío 69
Ilustración 32 Equipo de Perforación 69
Ilustración 33 Diagrama de cascada de las evaluaciones económicas 74
Ilustración 34 Comparación del Cobre Pagable 74
Ilustración 35 Comparación del Zinc Pagable 75
Ilustración 36 Los 10 Riesgos asociados al LOM 78
Ilustración 37 Procesos de la dirección de Proyectos 80
Ilustración 38 Interacción de grupos de procesos 81
Ilustración 39 Flujo Proceso de Inicio 81
Ilustración 40 Planes de Acción con Involucrados 84

Ilustración 41 Flujo del Proceso de Planeación 85
Ilustración 42 Mapa Mental Plan de Gestión de Proyectos 87
Ilustración 43 Determinar Requerimientos 88
Ilustración 44 Flujo de Procesos de Ejecución 96
Ilustración 45 Flujo de Procesos de Seguimiento y Control 100
Ilustración 46 Cronograma de trabajo 103
Ilustración 47 Flujo de Proceso de Cierre del Proyecto 104
Ilustración 48 Flujo de Validación del Método 107
Ilustración 49 Comparación de Fases de Minado 108
Ilustración 50 Ancho de la vía de acarreo 110
Ilustración 51 Ancho de la curvatura de la Vía 111
Ilustración 52 Ancho de la descarga en la Chancadora Primaria 112
Ilustración 53 Disponibilidad Fisica del CAT797 y CAT C,D,F 113
Ilustración 54 Disponibilidad CAT797 y KOM930E 113
Ilustración 55 Bench Marking de la Disponibilidad de Camiones CAT797 114
Ilustración 56 Puntos GPS en Dispatch Analizer 115
Ilustración 57 Velocidades Máximas Promedio Cargado 116
Ilustración 58 Velocidad Máxima Promedio Vacío 117
Ilustración 59 Línea de Distribución de Tiempos 119
Ilustración 60 Horas de Camión en Época de Lluvia 120
Ilustración 61 Horas de Camión en Época Seca 120
Ilustración 62 Comparación de Producción de Mina 123
Ilustración 63 Exposición de Mineral 125
Ilustración 64 Comparación de la Ley de Corte 126
Ilustración 65 Comparación de Ley de Cabeza 126
Ilustración 66 Comparación de Concentrados de Cu y Zn 127
Ilustración 67 Equipo de Carguío 128
Ilustración 68 Equipo de Perforación 129
Ilustración 69 Horas de Camión del Mes de Febrero 2014 131
Ilustración 70 Horas de Camión del Mes de Agosto del 2014 132
Ilustración 71 Numero de Camiones del LOM2015 133
Ilustración 72 Numero de Camiones del LOM2015 (CAT797) 133
Ilustración 73 Disponibilidad del KOM930 y CAT797 134
Ilustración 74 Distancia Equivalente 134
Ilustración 75 Productividad de Camiones 135
Ilustración 76 Toneladas por Kilometro Equivalente por Hora 136
Ilustración 77 Costo de Acarreo 146
Ilustración 78 CAPEX del LOM2015(KOM930) y LOM2015(CAT797) 146

LISTA DE ABREVIATURAS

PMBOK: Project Management Body of Knowledge

LOM: Life of Mine

NSR: Net Smelter Resource

RDP: Resource Development Potencial

BS: Bussness Strategic

VAN: Valor Actual Neto

OCCS: Outpit Crusher Conveyor System

KOM: Komatsu

CAT: Caterpillar

EDT: Estructura de Desglose de trabajo

WBS: Work Breakdown Structure

IP: Interactive Planner

DA: Disptatch Analizer

TAX: Impuesto

TIR: Tasa de Retorno Interna

GPS: Global Position System

LT: Lethernau

M1: Mineral de CU con Bajo Bi y Bajo AS

M2: Mineral de CU con Mediano BI y Mediano AS

M2A: Mineral de CU con Alto BI y Alto AS

M2AT: Mineral CU Transicional con Alto Bi y Alto AS

M3: Mineral de CU y ZN con Bajo Bi y Bajo AS

M4: Mineral de CU y ZN con Mediano Bi y Mediano AS

M4A: Mineral de CU y ZN con Alto Bi y Alto As

M4AT: Mineral de CU y ZN Transicional con Alto Bi y Alto As

M5: Mineral de CU en Bornita

M6: Mineral de CU y ZN en Bornita

CAPEX: Capital expenditure

OPEX: Operation expenditure

SEV: Severidad

POS: Posibilidad

NRR: Nivel de riesgo residual

MPE: Medio de prevención externo

RBS: Risk Breakdown Structure

RESUMEN

El grupo de Planeamiento Largo Plazo de la mina re-evaluó el camión CAT797F con el plan LOM2015 a 145ktpd, antes de la compra de camiones del 2016. Esto porque los accionistas y la presidencia han sugerido una mejora en la operación y economía que podría seleccionar un diferente tipo de camión que el actual planificado KOM930.

El proceso de re-evaluación consistió en evaluar los dos camiones, uno en prueba, Caterpillar 797F versus el que se tiene en operación Komatsu 930 SE, principalmente revisando, las capacidades, la disponibilidad, los diseños de vías, productividades, inversión, costos, seguridad, medio ambiente y responsabilidad social, teniendo en cuenta que el camión Cat797 solo podrá ingresar después de la Fase 8 en adelante, porque el ancho de la rampa es de 44m, más ancha que la actual de 40m.

La base de comparación es el plan de minado LOM2015 que incluye el crecimiento de camiones con KOM930, otro plan con CAT797F sin modificar diseños y un último plan con diseño modificado.

La pérdida en el NPV en el caso de comprar Caterpillar 797F es de -223M$, las pérdidas son con respecto al revenue del metal de Cu, costo del capital que incluye los repuestos asociados a la primera compra, con mayor número de camiones que el Komatsu y costo operativo por mayor consumo de combustible y menor productividad del camión Caterpillar 797F.

Palabras Claves: Revaluación, Plan de Minado, Valor Presente Neto (NPV), Selección de equipos, acarreo de mineral y guía del PMBOK.

ABSTRACT

The group of Long Term Planning of the mine re-evaluated the truck CAT797F with the Plan LOM2015 to 145ktpd before the purchase of trucks of 2016. Because the stakeholders and the president had suggested improving in the operation and economic that could be chose a different type of truck that the actual planned KOM930.

The process of re-evaluation followed in revalued two trucks, a in test, Caterpillar 797F versus that have in operation Komatsu 930E, mainly overviewing, the capacities, the availabilities, the access design, productivities, investment, cost, security, environment and risk, having that only the truck Cat797F can enter after the phase 8 to the end, because it needs a ramp of 44m more width that actual of 40m.

The base of comparison is the plan of mine LOM2015 which includes an increase of truck with KOM930, other plan with CAT797F without modified design and other one with modified design.

The speed maximum average used are in base to statistics from January 2014 to Match 2015, these show that the Komatsu 930 is more speed that Caterpillar 797, except in the section of down load, but this restricted to the 2018 year that the count of Cat 797 is <19% of float total, from the 2019 year the Komatsu is restricted the speed to truck Cat797 for have >20% of the float.

The loss in the NPV in the case of buy Caterpillar 797 is the -223M$, the loss are with respect to revenue of metal of Cu, the cost of capital that include the parts associate to the firth buy, with the mayor numeric of truck that the Komatsu and cost operation for mayor fuel consumption and minor productivities of truck Caterpillar 797F.

Keywords: re-evaluation, Plan of mine and Net Present Value (NPV), equipment selection, ore hauling and PMBOK guide.

INTRODUCCION

Este Método para seleccionar el equipo de acarreo basado en la guía del PMBOK caso mina a tajo abierto en el centro del Perú, es en una mina ya en operación con una flota de acarreo inicial, que desde la puesta en marcha de la operación minera, por una alianza estratégica a menor costo de capital se compraron camiones Caterpillar, 793C, luego 793D, posteriormente 793F, para el ultimo crecimiento se rompió esta alianza estratégica con Caterpillar y se compró Komatsu 930E que tienen buen desempeño en las rampas de acarreo siendo la proyección de las próximas compras con camiones 930E, caso base del proyecto y actualmente surgen interrogantes con camiones de mayor capacidad y para ello se desea evaluar el camión 797F con mayor capacidad de carga que se realice una prueba en campo por un año, lo que nos permite tener una mejor evaluación y criterio de selección para las próximas compras de camiones.

CAPITULO I; PLANTEAMIENTO METODOLOGICO, su justificación a partir de la selección del camión más beneficioso para estas condiciones de mina en particular, se ve por conveniente poner en marcha a camiones de mayor capacidad, para lo cual nace este proyecto en evaluar el camión Caterpillar 797F por un año en la operación, lo cual como hipótesis nos permita tener menor número de camiones que tendría menor Capex, Opex y alta productividad que garantice la producción de los próximos años de la mina, esto como objetivo del proyecto, para seleccionar el equipo de acarreo.

CAPITULO II; EL MARCO TEORICO, la metodología usada para escoger el mejor plan aliado a los objetivos de la compañía es evaluar opciones, que son evaluadas mediante el valor presente neto (NPV) y para estandarizar y gestionar el proyecto, se va usar la guía del PMBOK.

CAPITULO III; En la DESCRIPCION DE LA PROBLEMÁTICA, se describirá el proceso LOM (Life of Mine), que se realiza cada año como proceso de Planeación a Largo Plazo en esta operación minera, desde los parámetros de entrada como: modelo Geológico que contiene las leyes estimadas en bloques de 20x20x15 usando vario gramas y el

interpolador de Krigeage, de los principales elementos económicos como el Cu, Mo, Ag y Pb, así también como los elementos contaminantes el As y Bi, parámetros Geotécnicos para la estabilidad de taludes, Parámetros Mina como las productividades de las palas, camiones y perforadoras, Parámetros de Planta Concentradora que emiten ecuaciones Metalúrgica que estiman los grados y recuperaciones, y Parámetros Económicos donde se encuentran el protocolo de precios de los metales y los costos de capital y operativo.

El proceso de planeamiento inicia con la Valorización del modelo de bloques, desarrollado por Harry Parker por la consultora AMEC que tiene como ley económica los $/hora, siendo el mínimo económico el 6K$/hr; Optimización del tajo con el software Whittle que usa el algoritmo de Lerss y Grosman, Optimización de la ley de Corte con el software Comet que usa el algoritmo de K. Lane, Diseño de mina que se usa el software Qpit a línea media; Diseño de Botaderos que se usa el pit expansión del software MineSight; Plan de Minado que se usa el módulo 821 del MineSight para generar diferentes planes de minado; Calculo de equipos de acarreo, que se usa el MineHaul para la distribución de materiales, mineral (9 tipos) y desmonte (3 tipos), que serán distribuidos para mantener un perfil de camiones constante, a su vez esto considera los movimientos por re manejo y lastre, Calculo de equipo de carguío y perforación según los diseños de fase y las productividades, se calcula para la exposición de mineral por consecuencia la necesidad de equipos y Evaluación Económica que usa el valor presente neto como indicador de mayor valor para seleccionar la mejor opción.

CAPITULO IV; En el METODO PARA SELECCIONAR EQUIPO DE ACARREO , APLICANDO LINEAMIENTOS DE LA GUIA DEL PMBOK, se aplica los procesos de Inicio, Planificación, Ejecución, Monitoreo y control y Cierre, para la dirección del proyecto, se usara las áreas de gestión de integración, alcance, tiempo, costo, calidad, Recurso humanos, comunicaciones y Riesgos del proyecto.

Cada proceso tiene la herramienta adecuada para gestionar y garantizar el resultado, y tener éxito en el proyecto bajo un tiempo determinado, con la mejor recomendación técnica y económica.

El cierre del proyecto es llegar a una conclusión de la comparación de los camiones y recomendar que equipo más adecuado para la operación, para ello se hacen los entregables y la reunión final donde aprueban los involucrados.

CAPITULO V; En la VALIDACION DEL METODO, Se describe paso a paso la metodología con los datos reales, empezando con la revisión de la fase de minado, match factor pala camión, que nos dará como resultado la productividad de la pala; parámetros del camión como el ancho y giro; desempeño del camión para encontrar la productividad del camión; reconciliación de horas de camión para comparar la realidad con el método aplicado, para esta evaluación se ha realizado en dos épocas bien marcadas en la mina, una época de lluvia que mejor lo representa el me de Febrero y la época seca que mejor lo representa el mes de Agosto; plan de minado que bajo la política de evaluación de opciones y bajo los nuevos parámetros se obtiene un nuevo plan; producción de minado manteniendo el mineral alimentado a planta, minado por fase, exposición de mineral, ley de corte, alimentación a planta concentradora, equipo de mina de carguío y perforación, revisión del cálculo de horas de camión, esto con la finalidad de contemplar con la forma como se está operando actualmente la mina; cálculo de horas de camión y por ultimo evaluación económica que nos permitirá hacer la selección del equipo de acarreo por el NPV.

CAPITULO VI; En la EVALUACION DEL METODO, se compara con todas las actividades realizadas para determinar la mejor recomendación técnica en la selección del equipo, se evalúan tres casos que son posibles de realizar, con la finalidad de tener una tendencia para la mejor selección del equipo.

Se tiene ventajas y desventajas en la metodología propuesta; la ventaja más significativa es la evaluación económica que contempla por evaluación de opciones, todos los parámetros más relevantes que nos permitirá seleccionar técnica y

económicamente. La desventaja más significativa; la metodología no contempla una alianza estratégica con la compañía, sea por el capital o costo operativo.

CAPITULO VII, En la CONCLUSION Y RECOMENDACIÓN, se concluye que el camión Caterpillar 797F; su productividad es ligeramente más alta que la del Komatsu 930E, pero requiere más desbroce del desmonte en mina, por el efecto de ensanchar las vías y seguir la política de la compañía 3.5 veces el camión más ancho, que sería el Caterpillar 797F, el costo operativo del este camión es más alto que el Komatsu 930E, por la topografía abrupta en picos y la descarga en botaderos se presenta todo el sistema de acarreo en rampas de 10%, el aprovechamiento del camión CAT797F no se aprovecha al máximo, a su vez por planes estratégicos se desea posteriormente probar con el sistema troley para ello se requiere que los camiones sean eléctrico y con el Caterpillar se perdería esa opción por lo tanto la recomendación para el crecimiento de la flota es seguir comprando los Komatsu 930E.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO METOLÓGICO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desarrollo de la mina desde su puesta en marcha desde el 2001 ha ido incrementando la flota de acarreo por la apertura de nuevas Fases de minado, profundización de las Fases de minado, incremento de la distancia en la zona de descarga, incremento de producción, desgaste de los camiones y otros aspectos, que en varias etapas se han analizado la inversión, productividad, rendimiento y costos del equipo de acarreo.

Para el último proceso del Plan de Minado 2016, por iniciativa de la compañía y socio estratégico Caterpillar se puso a prueba el camión 797F en diferentes rutas de la mina, para medir los indicadores y compararlos con la última flota adquirida Komatsu 930SE, para las condiciones de esta mina en particular, altura sobre el nivel del mar, precipitación de agua, etc.

1.2. DELIMITACION DEL PROBLEMA

1.2.1. FACTOR DE TEMPORALIDAD

- Plan de Minado de la vida de la mina LOM 2015.

1.2.2. FACTOR ESPACIAL

- Explotación de Tajo abierto en el centro del Perú.

1.2.3. FACTOR DE CLASIFICACION

- Selección de equipo de acarreo mediante camiones.

1.2.4. FACTOR DE CANTIDAD

- En la actualidad existen cuatro tipos de flotas de acarreo, Caterpillar 793C/D/D y Komatsu 830E.

1.2.5. FACTOR DE TRASCENDENCIA

- Expansión de minado a 145,000 toneladas de mineral por día.
- ¿Qué disponibilidad mecánica se proyecta tener la flota de acarreo seleccionada?
- ¿Qué match factor tiene con los equipos de carguío que se tiene actualmente?
- ¿Qué velocidades de acarreo alcanzan en rampas de 10% y en plano con la flota de acarreo seleccionada?
- ¿Qué ancho de vía y radios de curvatura requiere flota de acarreo seleccionada?
- ¿Qué productividad, rendimiento y costos tendrá la flota de acarreo seleccionada?

1.3. PREGUNTA DE INVESTIGACION

- ¿Cómo incrementar la productividad de la gestión de acarreo de minerales en la mina a tajo abierto en el Centro del Perú?

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.4.1. OBJETIVOS GENERALES

- Proponer un Método de selección de equipos de acarreo basado en el sistema del PMBOK, que permita seleccionar la flota de acarreo de forma efectiva e incrementar la productividad de la gestión de acarreo de minerales, en la mina a tajo abierto en el Centro del Perú.

1.4.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS

a. Identificar los planteamientos teóricos relacionados con la gestión de acarreo de materiales y métodos de selección de acarreo de materiales mediante el sistema del PMBOK.
b. Describir la problemática actual de la gestión de acarreo de minerales en la mina tajo abierto tomada como caso estudio.

c. Estructurar y desarrollar los pasos del método de selección de equipo de acarreo de minerales en minas de tajo abierto, para mejorar la producción en 17.4%.
d. Validar el método propuesto para seleccionar el equipo de acarreo.
e. Evaluar el método propuesto para la selección de equipo de acarreo.

1.5. JUSTIFICACION

Estandarizar el método de selección del equipo de acarreo para la toma de decisión que debe mejorar el sistema de acarreo, optimizando la productividad y minimizando los costos acorde al crecimiento de la mina.

1.5.1. TECNICA

Este trabajo de investigación cumple con el criterio de selección de equipos en esta unidad minera, siendo este caso en particular la puesta en prueba de un camión Caterpillar 797F en la flota actual de acarreo.

1.5.2. ECONOMICA

El aporte económico permitirá contribuir en el mejor criterio de selección del tipo de flota de acarreo y estandarizar las próximas evaluaciones.

1.5.3. AMBIENTAL

El número de camiones es inversamente proporcional a la emisión de gases o generación de polvo, que se considera en la evaluación del método.

1.5.4. RESPONSABILIDAD SOCIAL

Se considerara la política de contratación de nuevo personal para los nuevos equipos que ingresen a la operación, así como su entrenamiento.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION

La disponibilidad de tener los resultados antes de inicializar el proceso de planeamiento de la vida de la mina LOM 2015.

1.7. HIPOTESIS GENERAL

Aplicando adecuadamente el método para seleccionar equipos de acarreo de minerales basado en el sistema del PMBOK, es posible incrementar significativamente la productividad.

1.8. VARIABLES

Se define a continuación las variables independientes y dependientes.

1.8.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Método basado en el sistema del PMBOK, para seleccionar el equipo de acarreo de material.

a. Definición Conceptual

- Método para seleccionar el equipo de acarreo aplicando la guía del PMBOK: El método aplicado análisis de opciones, que se elabora un planeamiento con cálculo de equipos por simulación y una evaluación económica, que al tener varias opciones de planes se selecciona la de mayor valor presente neto.

b. Definición Operativa

- El método propuesto sigue la guía del PMBOK, para la gestión del proyecto.

1.8.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Productividad del camión (Toneladas / Hora); toneladas de material movidas en una hora, en base a la misma distancia de acarreo.

a. Definición Conceptual

La clave como indicador en la selección del equipo es la productividad, que para el camión esta expresado en toneladas por hora, esto es variable en el tiempo según los perfiles de acarreo.

b. Definición Operativa

Dentro de esta investigación, la variable dependiente se va medir como:

- Distancia equivalente por periodo.
- Costo de capital del equipo.
- Productividad del camión.

1.9 INDICADORES

a. Producción

Esta medido en toneladas (tons)

b. Velocidades

Esta medido en Kilometro por hora (Km/hr)

c. Productividad de la pala

Esta medida en toneladas por año (tons/año)

d. Productividad del camión

Esta medida en toneladas por hora (tons/hr)

1.10 METODOLOGÍA

1.10.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El método de investigación se basa en los lineamientos generales que se adecuan para la presente investigación, en base a la Metodología de la investigación (Mejia Ibáñez, 2008), el cual se refleja en el desarrollo de la tesis al completar.

- Planteamiento del problema
- Formulación de hipótesis.
- Levantamiento de información.
- Análisis e interpretación de datos
- Comprobación de la hipótesis
- Difusión de los resultados

1.10.2. INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para el caso de la obtención de datos se recurrió a la base de datos del acarreo se recurrió al área del truck dispatch y para los costos se recurrió a la base de datos de finanzas, para los datos del camión en prueba se corroboro en campo los datos registrados en el sistema dispatch para el periodo en prueba.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. INTRODUCCION

La aceptación de la dirección de proyectos como profesión indica que la aplicación de conocimientos, procesos, habilidades, herramientas y técnicas puede tener un impacto considerable en el éxito de un proyecto. La guía del PMBOX, identifica ese subconjunto de fundamentos para la dirección de proyectos generalmente, reconocido como buena prácticas. “Generalmente reconocido” significa que los conocimientos y practicas descritos son aplicables a la mayoría de los proyectos, la mayoría de las veces, y que existe consenso sobre su valor y utilidad. “Buenas practicas” significa que se está de acuerdo, en general, en que la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas puede aumentar las posibilidades de éxito de una amplia variedad de proyectos. “Buenas practicas” no significa que el conocimiento descrito deba aplicarse siempre de la misma manera en todos los proyectos; la organización y/o el equipo de dirección del proyecto son los responsables de establecer lo que es apropiado para cada proyecto concreto. (Newtown Square, Guia de los fundamentos para la dirección de proyectos, Quinta edición, Pensilvania 2013, p2-p3).

La selección de equipos para acarreo, se ha basado en la Guía del PMBOK, considerando los cinco procesos de la dirección de proyectos, los cuales son: grupo de procesos de inicio, grupo de proceso de panificación, grupo de proceso de ejecución, grupo de proceso de monitoreo y control, y grupo de proceso de cierre. Dentro del proceso de ejecución se ha evaluado opciones, la primera en base a las dimensiones de las fases para alcanzar el mineral expuesto según el tamaño de la planta que se va procesar, esto nos hace pensar en seleccionar el mejor equipo para llevar a las capacidades máximas de minado que para ello se investiga el mejor equipo adecuado, la segunda en base a los parámetros actualizados, con la recolección de datos de campo tales como la velocidad en diferentes pendientes y

la tercera solo manteniendo los parámetros actualizados sin considerar los cambios de diseño, ya que estos están por debajo de los límites que determina la ley para accesos pero que están dentro del política de la compañía.

Con esta metodología basada en el sistema del PMBOK, busca estandarizar la selección del equipo y puedan ser comparables las opciones entre sí para un mejor análisis.

2.2. PROCESOS DE LA DIRECCION DE PROYECTOS

La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Esta aplicación de conocimientos requiere de la gestión eficaz de los procesos de dirección de proyectos.

Un proceso es un conjunto de acciones y actividades, relacionadas entre si , que se realizan para crear un producto, resultado o servicio predefinido. Cada proceso se caracteriza por sus entradas, por las herramientas y técnicas que se pueden aplicar y por las salidas que se obtiene. El director de proyectos ha de tener en cuenta los activos de los procesos de la organización y los factores ambientales de la empresa. Estos deberían tenerse en cuenta para cada proceso, incluso si no están enumerados de manera explícita como entradas en las especificaciones del proceso. Los activos de los procesos de la organización proporcionan guías y criterios para adaptar dichos procesos a las necesidades específicas del proyecto. Los factores ambientales de la empresa pueden restringir las opciones de la dirección de proyectos.

Para unos proyectos tenga éxito, el equipo de proyecto debería:

- Seleccionar los procesos adecuados requeridos para alcanzar los objetivos del proyecto.
- Utilizar un enfoque definido que pueda adaptarse para cumplir con los requisitos.

- Establecer y mantener una comunicación y un compromiso adecuado con los interesados.
- Cumplir con los requisitos a fin de satisfacer las necesidades y expectativas de los interesados.
- Equilibrar las restricciones contrapuestas relativas al alcance, cronograma, presupuesto, calidad, recursos y riesgos para producir el producto, servicio o resultado específico.

Los procesos del proyecto son ejecutados por el equipo del proyecto con interacción por parte de los interesados y generalmente se enmarca en una de las siguientes dos categorías principales.

Proceso de la dirección de proyectos; estos procesos aseguran que el proyecto avanza de manera eficaz a lo largo de su vida. Estos procesos incluyen las herramientas y técnicas involucradas en la aplicación de las habilidades y capacidades que se describen en las áreas de conocimiento.

Proceso orientados al producto; estos procesos especifican y generan el producto del proyecto. Los procesos orientados al producto son típicamente definidos por el ciclo de vida del proyecto y varían según el área de aplicación y la fase del ciclo de vida del producto. El alcance del proyecto no puede definirse si no se cuenta con una comprensión basada acerca de cómo generar el producto especificado. Por ejemplo, al determinar la complejidad global de la construcción de una casa es necesario tener en cuenta diversas técnicas y herramientas de construcción.

La Guía del PMBOX describe exclusivamente los procesos de la dirección de proyectos. Si bien los procesos orientados al producto están fuera del alcance de este documento, el director del proyecto y el equipo del proyecto no debieran ignorarlos. Los procesos de la dirección de proyectos y los procesos orientados producto se superponen y actúan los unos sobre los otros a lo largo de la vida de un proyecto.

Los procesos de la dirección de proyectos se aplican de manera global a todos los grupos de industrias, buenas practicas significa que existe acuerdos general respecto a que la aplicación de los procesos de la dirección de proyectos aumenta las posibilidades de éxito de un amplia variedad de proyectos. Buenas practicas no significa que los conocimientos, habilidades y procesos descritos deban aplicarse siempre de la misma manera en todos los proyectos. Para un proyecto determinado, el director del proyecto, en colaboración con el equipo del proyecto, tiene siempre la responsabilidad de determinar cuáles son los procesos adecuados así como el grado de rigor adecuado para cada proceso.

Los directores de proyecto y sus equipos deben abordar cuidadosamente cada proceso, asi como sus entradas y salidas, y determinar cuáles son aplicables al proyecto en el que están trabajando. Se puede utilizar la Guía del PMBOX como recurso para dirigir un proyecto en el momento de considerar el enfoque y la metodología generales a seguir en el proyecto. Este esfuerzo se conoce como adaptación.

La dirección de proyectos es una tarea integradora que requiere que cada proceso del producto y del proyecto este alineado y conectado de manera adecuada con los demás procesos, a fin de facilitar la coordinación. Generalmente las acciones tomadas durante la ejecución de un proceso afectan a ese proceso y a otros procesos relacionados. Por ejemplo, un cambio en el alcance afecta generalmente al costo del proyecto, pero puede no afectar al plan de gestión de las comunicaciones o al nivel de riesgo. A menudo, estas interacciones entre procesos requieren una solución de compromiso entre los requisitos y los objetivos del proyecto, y las concesiones específicas relativas al desempeño variaran de un proyecto a otro y de una organización a otra. Una dirección de proyectos exitosa implica gestionar activamente estas interacciones a fin de cumplir con los requisitos del patrocinador, del cliente y de los demás interesados. En determinadas circunstancias, será necesario repetir varias veces un proceso o conjunto de procesos para alcanzar el resultado requerido.

Los proyectos existen en el ámbito de una organización y no funcionan como un sistema cerrado. Requieren datos de entrada procedentes de la organización y del exterior, y producen capacidades para la organización. Los procesos involucrados en el proyecto pueden generar información para mejorar la gestión de futuros proyectos y de los activos de los procesos de la organización.

La Guia del PMBOX, describe la naturaleza de los procesos de la dirección de proyectos en términos de la integración entre los procesos, de sus interacciones y de los propósitos a los que responden. Los procesos de la dirección de proyectos se agrupan en cinco caterogiras conocidas como grupos de procesos de la dirección de proyectos (o grupos de procesos).

- Grupo de proceso de Inicio; aquellos procesos realizados para definir un proyecto o nueva fase de un proyecto existente al obtener la autorización para iniciar el proyecto o fase.
- Grupo de procesos de planificación; aquellos procesos requeridos para establecer el alcance del proyecto, refinar los objetivos y definir el curso de acción requerido para alcanzar los objetivos propuesto del proyecto.
- Grupo del proceso de ejecución; aquellos procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto a fin de satisfacer las especificaciones del mismo.
- Grupo de procesos de monitoreo y control; aquellos procesos requeridos para rastrear, revisar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes.
- Grupo de proceso de cierre; aquellos procesos realizados para finalizar todas las actividades a través de todos los grupos de procesos, a fin de cerrar formalmente el proyecto a una fase del mismo.

2.3. ANALSIS DE OPCIONES

Es un método para el análisis de los proyectos y una herramienta gerencial que ayuda a capturar algunas de las ventajas que se deslizan a través de las grietas bajo métodos existentes del análisis

Una vez que se identifica la misión y los objetivos de la compañía se deberán proponer múltiples opciones de cómo lograrlo, cada una de estas opciones es un proyecto que deberá ser evaluado. Entre más opciones se generen, la posibilidad de encontrar la más adecuada aumenta.

El análisis de opciones es un proceso lógico de decisión, que de preferencia cuantitativamente compara los beneficios y dificultades de diferentes alternativas de solución.

En cualquier proyecto siempre hay situaciones no contempladas, sin embargo, se ha comprobado que en el grupo de gente cercana a los proyectos, siempre habrá alguien que sepa parte de lo que pudiera suceder.

Para el análisis de opciones en el presente estudio de investigación son:

2.3.1. VALORIZACION DEL BLOQUE

La valorización del bloque contempla los metales económicos el Cu, Zn, Mo, Pb y Ag, y como minerales contaminantes, As y Bi.

Valor del Bloque en Desmonte:

Bkvw = - cstmv - cstmf

Dónde: cstmv = Costo variable de minado /t

cstmf = Costo fijo de minado /t

Valor del Bloque en Mineral:

Bkvo = - cstmv – cstmf – cstlv – cstlf – csttcu – csttbn – csttzn – csttmo – csttpb

- cstroy + snsrcu + snsrbn + snsrzn + snsrmo + snsrpb

Dónde: cstmv = Costo variable de minado /t

Cstmf = Costo fijo de minado /t

Cstlv = Costo variable de molienda /t

Cstlf = Costo fijo de molienda /t

Csttcu = Costo del transporte del Cu (Calcopirita)

Csttbn = Costo del transporte del Cu (Bornita)

Csttzn = Costo del transporte del Zn

Csttmo = Costo del transporte del Mo

Csttpb = Costo del transporte del Pb

Cstroy = Regalias

Snsrcu = NSR del Cu

Snsrbn = NSR del Bn

Snsrzn = NSR del Zn

Snsrmo = NSR del Mo

Snsrpb = NSR del Pb

2.3.2. OPTIMIZACIÓN DEL TAJO

El método bidimensional de ***Lerchs-Grossman*** permitirá diseñar, en una sección vertical, la geometría del pit que arroja la máxima utilidad neta. El método resulta atractivo por cuanto elimina los procesos de prueba y error de diseñar manualmente el tajo en cada una de las secciones. La metodología es conveniente, además para el procesamiento computacional.

Al igual que el método manual, el método de ***Lerchs-Grossman*** diseña el tajo en secciones verticales. Los resultados pueden continuar siendo transferidos a un plano de plantas del tajo y ser suavizados y revisados en forma manual. Aun cuando el pit es óptimo en cada una de las secciones, es probable que el pit final resultante del proceso de suavizamiento no lo sea.

Paso Nº1:

El ejemplo de la ilustración Nº1 representa una sección vertical por medio de un modelo de bloques del depósito. Cada cubo representa el valor neto de un bloque, si éste fuera explotado y procesado de forma independiente. En los bloques de valor neto positivo se han pintado. Además se ha establecido el tamaño del bloque de forma tal que el método en el perfil del pit se mueva hacia arriba o hacia abajo solamente cada un bloque (máximo), a medida que se mueva hacia los costados.

Ilustración 1 Modelo de Bloques Valorizado

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	-$2	-$2	-$4	-$2	-$2	-$1	-$2	-$3	-$4	-$4	-$3
2	-$5	-$4	-$6	-$3	-$2	-$2	-$3	-$2	-$4	-$5	-$5
3	-$6	-$5	-$7	**+$6**	**+$13**	-$2	-$5	-$4	-$7	-$4	-$6
4	-$6	-$6	-$8	-$8	**+$17**	**+$8**	**+$5**	-$6	-$8	-$9	-$7
5	-$7	-$7	-$8	-$8	**+$6**	**+$21**	**+$5**	-$8	-$8	-$9	-$7
6	-$7	-$9	-$9	-$8	-$5	**+$22**	-$8	-$8	-$8	-$9	-$8
7	-$8	-$9	-$9	-$9	-$8	**+$10**	-$9	-$9	-$9	-$9	-$9

Fuente: Elaboración propia

Sume los valores de cada columna de bloques e ingrese estos números en los bloques correspondientes en la Ilustración Nº2. Este es el valor superior de cada bloque en dicha figura y representa el valor acumulativo del material desde cada uno de los bloques hasta superficie.

Paso Nº2:

Comience con el bloque superior de la columna izquierda y repase cada columna. Coloque una flecha en el bloque, apuntando hacia el valor más alto en:

1.- El bloque a la izquierda y arriba.

2.- El bloque a la izquierda.

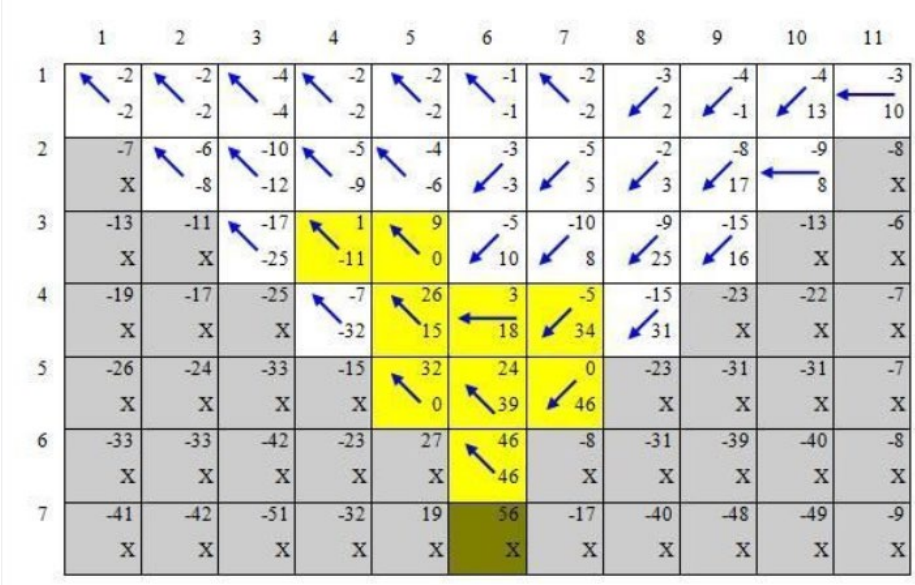
3.- El bloque a la izquierda y debajo.

Calcule el valor inferior del bloque, sumando el valor superior con el valor inferior del bloque hacia el cual apunta la flecha. El valor inferior del bloque representa el valor neto del material del bloque. Los bloques de la columna y los bloques en el perfil del pit a la izquierda del bloque. Los bloques marcados con una X no se pueden explotar, a menos que se sumen más columnas al modelo.

Paso Nº3:

Busque el valor máximo total de la fila superior. Este es el retorno neto total del pit óptimo. Para el ejemplo, el pit óptimo tendría un valor de US$ 13. Vuelva a trazar las flechas, a fin de obtener la geometría del tajo. La ilustración Nº3 nos muestra la geometría del pit en la sección. Cabe señalar que aunque el bloque de la fila 6, en la columna 6, tiene el valor neto más alto del depósito, éste no se encuentra en el tajo, ya que explotarlo reduciría el valor total del tajo (beneficio).

Ilustración 2 Sección después del procedimiento de búsqueda



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	-2 -2	-2 -2	-4 -4	-2 -2	-2 -2	-1 -1	-2 -2	-3 2	-4 -1	-4 13	-3 10
2	-7 X	-6 -8	-10 -12	-5 -9	-4 -6	-3 -3	-5 5	-2 3	-8 17	-9 8	-8 X
3	-13 X	-11 X	-17 -25	1 -11	9 0	-5 10	-10 8	-9 25	-15 16	-13 X	-6 X
4	-19 X	-17 X	-25 X	-7 -32	26 15	3 18	-5 34	-15 31	-23 X	-22 X	-7 X
5	-26 X	-24 X	-33 X	-15 X	32 0	24 39	0 46	-23 X	-31 X	-31 X	-7 X
6	-33 X	-33 X	-42 X	-23 X	27 X	46 46	-8 X	-31 X	-39 X	-40 X	-8 X
7	-41 X	-42 X	-51 X	-32 X	19 X	56 X	-17 X	-40 X	-48 X	-49 X	-9 X

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 3 Geometría del Pit Optimo

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	-$2	-$2	-$4	-$2	-$2	-$1	-$2	-$3	-$4	-$4	-$3
2	-$5	-$4	-$6	-$3	-$2	-$2	-$3	-$2	-$4	-$5	-$5
3	-$6	-$5	-$7	+$6	+$13	-$2	-$5	-$4	-$7	-$4	-$6
4	-$6	-$6	-$8	-$8	+$17	+$8	+$5	-$6	-$8	-$9	-$7
5	-$7	-$7	-$8	-$8	+$6	+$21	+$5	-$8	-$8	-$9	-$7
6	-$7	-$9	-$9	-$8	-$5	+$22	-$8	-$8	-$8	-$9	-$8
7	-$8	-$9	-$9	-$9	-$8	+$10	-$9	-$9	-$9	-$9	-$9

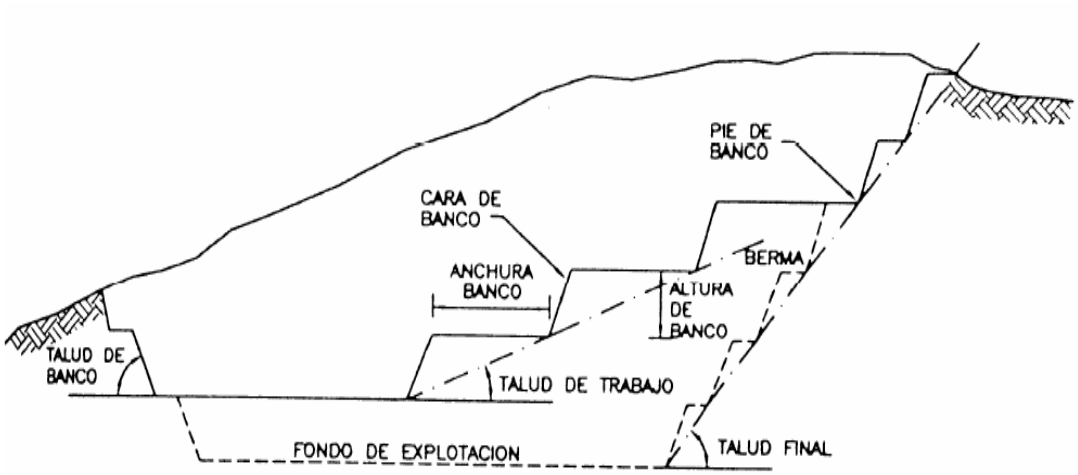
Fuente: Elaboración propia

2.3.3. DISEÑO DE MINA

Para el diseño de mina se considera parámetros geométricos (Función de la estructura y morfología del yacimiento, límites de la propiedad), Geotécnicos (ángulos máximos de estabilidad de taludes, bancos y bermas), Operativos (Área

segura y necesaria para operación de máquinas, dimensiones de caminos y pistas), Medio Ambientales (reducción de impacto negativo, recuperaciones de terreno)

Ilustración 4 Diseño de Mina



Fuente: Elaboración propia

2.3.4. OPTIMIZACION DE LA LEY DE CORTE

Para la optimización de la ley de corte se usa el algoritmo de K. Lane.

Suponga una función de beneficio del tipo:

$$\pi_t = p_t q_t - C(q_t)$$

q_t = Ritmo de producción de metal en periodo t

p_t = Precio del producto en periodo t

$C(q_t)$ = Costo de producción como función de la cantidad producida

Modelo económico simple

Se simplifican las restricciones para realizar la extracción total

$$Max\left\{\sum_{t=1}^{T}\rho_t\pi_t\right\} \qquad \sum_{t=1}^{T}q_t = R_0$$

$$L = \sum_{t=1}^{T}\rho_t[\pi_t] + \mu\left[R_0 - \sum_{t=1}^{T}q_t\right]$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_t} = \rho_t\pi_t^{'} - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \mu} = 0 \Rightarrow \sum_{t=1}^{T}q_t = R_0$$

La utilidad marginal descontada debe ser constante a través de la vida del proyecto

$$\rho\pi_1^{'} = \rho^2\pi_2^{'} = ... = \rho^n\pi_n^{'} = \mu$$

Modelo a Optimizar

Si se desea optimizar el valor presente neto del proyecto o plan de producción

$$Max\left\{\sum_{t=1}^{T}\rho_t[p_tq_t - C(q_t)]\right\}$$

$$R_{t+1} - R_t = -q_t \qquad \forall t = 1..T$$

2.3.5. DISEÑO DE BOTADEROS

Al igual que los diseños de mina se considera como ángulo de reposo 37° y anchos de rampas de 40m, esto considera lift de 60m pensando para el cierre de mina y dejar el terreno en 2:1, como equilibrio natural.

2.3.6. PLAN DE MINADO

El plan de minado se realiza considerando las capacidades máximas de las palas, y según la disponibilidad y utilización, siguiendo la guía del plan de la optimización

de la ley de corte y respetando todas las restricciones, que maximiza el valor presente neto, comúnmente el plan se ve como una consecuencia de la optimización de pit, diseño de fases y ley de corte.

2.3.7. CALCULO DE EQUIPO DE ACARREO

Uno de los principales problemas para el planeamiento de operaciones mineras a cielo abierto u open pit mines, se circunscribe a una selección óptima en la combinación de volquetes (match pala-camión) para así minimizar el costo de transportar cantidades de material desde las labores de la mina hacia su destino. Las distancias desde los diferentes puntos, el avance en la mina, así como políticas de secuenciación y las especificaciones que pueden varían en la vida real de una mina.

Primero se construye un modelo determinístico, que va desde la pala hasta los destinos que pueden ser botaderos si es desmonte, chancadora de leach o mineral a la chancadora de mineral, se dibujan los perfiles según avance en el frente de minado y la descarga.

Para el simulador se le ingresa las curvas rimpull para obtener la aceleración y las curvas de retarding para obtener la desaceleración cuando llega al origen o destino, para las rutas se restringen con velocidades máximas que puede alcanzar los camiones en condiciones idóneas.

Existen algunos simuladores que pueden calcular la congestión por la diferencia de flotas, comúnmente en la minería de tajo abierto se va comprando flotas durante la vida de la mina, esto hace que se tenga versiones pasadas de menor capacidad que lo hace más lentos comparados con los últimos camiones que tienen a ser más rápidos y de mayor tonelaje, que hace que pierda productividad.

Se considera los cruces, semáforos, rutas de una sola vía, y velocidades variable según en los switch back (giros) y dentro de la fase como la interacción de equipos menores.

Ejemplo de cálculo del número de camiones:

Básicamente el modelo, haciendo uso de un aplicativo informático, mueve los camiones entre sus puntos asignados de carga hacia los puntos de descarga sobre rutas predeterminadas (trazos o facilidades de acceso).

Los volquetes son dirigidos a canchas donde se encuentra el mineral que está empezando a ser sacado de la mina; enviándose a los puntos de descarga, cada pala tiene un cierto número de camiones asignados y dos rutas asociadas: una para el mineral y otra para el desecho. Así, al asignar hasta 10 camiones como máximo a cada pala; y teniendo también como máximo 10 palas, entonces en el sistema están moviéndose hasta 100 volquetes.

Para la aplicación del modelo, es necesario una información general que incluye:
1. Tiempo de operación por turno.
2. Tipo de material (mineral o desecho) a ser cargado.
3. El ratio del mineral con respecto al total de material de minería.

Los datos requeridos para las palas son: número, tipo y tiempo del ciclo de carga. Para los camiones son: número y tipo de camión, características del desempeño del equipo, peso del vehículo vacío, capacidad de la tolva (payloader), velocidad y aceleración máxima del vehículo; así como las tasas de desaceleración. También son importantes las características del perfil del sistema, como las distribuciones del tiempo de servicio.

Los procesos de carga y descarga, considerados como aplicación de los métodos estocásticos. La simulación aplica el concepto determinístico, cuando se refiere a la travesía del vehículo, porque hace uso de los conceptos de la mecánica del movimiento de los cuerpos.

Simulación determinística; El movimiento es generalizado por la linealización a través de pequeños intervalos de incremento de tiempo, así, para un pequeño intervalo de tiempo, la suma de las fuerzas y aceleración se puede considerar constante. A partir de las fórmulas del movimiento rectilíneo, se tiene lo siguiente:

$$v_i = v_o + at$$
$$s_1 = s_0 + v_o t + at$$
$$v_1^2 = v_o^2 + 2as_1 - 2as_o$$

Donde:
V = velocidad
T = tiempo
S = distancia
a = Aceleración

Las relaciones arriba mencionadas, sugieren un procedimiento iterativo para usarse en la modelación. Para un pequeño intervalo de tiempo, consideramos la aceleración constante y determinamos una velocidad terminal, la cual permite calcular la característica rimpull, desde las curvas de desempeño; este parámetro fija una nueva tasa de aceleración para el siguiente incremento de tiempo y así poder seguir el proceso iterativo.

Las distancias recorridas son continuamente registradas para proveer la información actual de la posición del vehículo en el sistema. Al no haber cambios en el perfil del sistema (en algún tramo de las facilidades de acceso), existe una velocidad máxima que resulta ser la velocidad crítica, no pudiendo exceder este límite; es decir, no existe más potencia para acelerar. Cuando el perfil cambia, un nuevo juego de fuerzas se están cumpliendo y una nueva tasa de aceleración, ya sea positiva o negativa. La aplicación de estos conceptos se muestra a continuación.

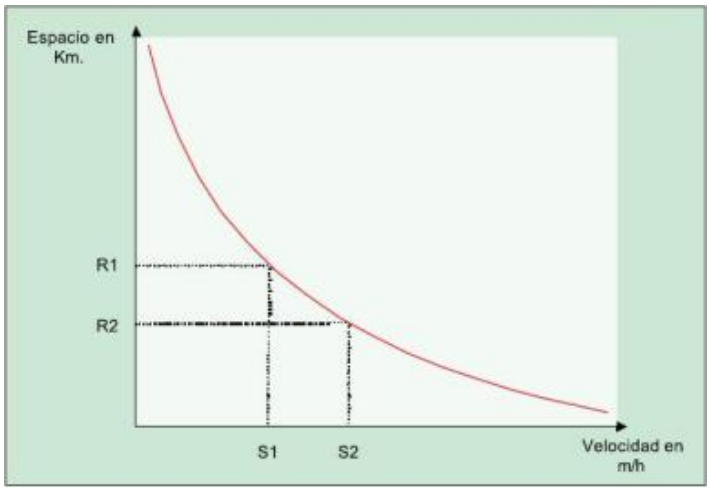
El peso total de un camión es igual a:

$W_t = W_o + W_{c,con}$
$W_c = ic + R_{n.\delta}$

Donde:
W_T = Peso total del camión, en toneladas.
W_o = Peso de la tara del camión, en toneladas
W_c = Peso del mineral o desecho cargado, en toneladas
ìc = Peso medio del mineral (mineral o desecho) cargado, en toneladas
$ó_c$ = Desviación estándar del mineral cargado, en toneladas
R_N = Random normal number

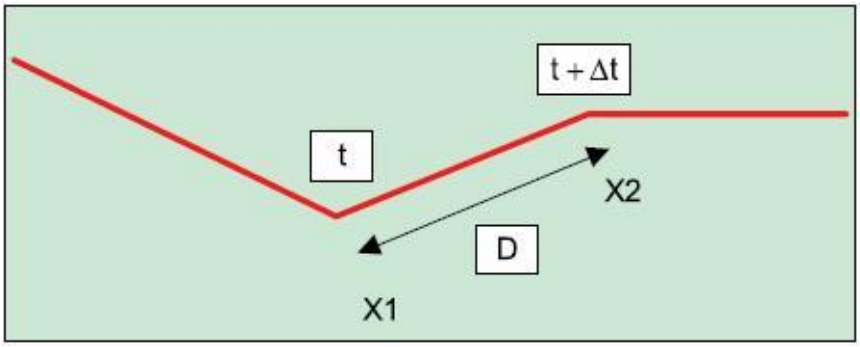
Se muestra el cálculo a partir de la curva rimpull-speed, y cómo se evalúa para cada tramo entre X1 y X2, con una velocidad S1. En el tiempo t1, a una velocidad S1, en un camino con una resistencia al rodamiento K y una resistencia por gradiente G (en porcentaje) para el tramo X2 – X1. Siendo g la aceleración debido a la gravedad y la actual aceleración del camión se asumen constante para el intervalo Ät, entonces en X1 el rimpull disponible será R1 Kg., y la resistencia al movimiento:

Ilustración 5 Esquema de la curva rimpull



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6 Esquema del perfil de acceso



Fuente: Elaboración propia

$$(G + K) * 20 * W_T, \text{ en Kg.}$$

De aquí, la fuerza de la aceleración es igual a:

$$(R_1 - (G + K) * 20 * W_T), \text{ en Kg.}$$

Mientras que la aceleración, es:

$$A = \frac{R1 - (G + K)*20* WT}{(W_T*2000)/g}$$

Finalmente, si la velocidad en t + Ät, es S2 y la distancia atravesada en el tiempo Ät es D, entonces:

$$s_2 = s_1 + A* \Delta t$$

y

$$D_2 = s_1 * t + 1/2\ A*(\Delta t)^2$$

La nueva velocidad S2 determina un nuevo rimpull en X', que a su vez determina una nueva aceleración para el siguiente intervalo.

La utilización óptima de un camión, depende de cómo operan en la mina los conceptos de disponibilidad y utilización de la potencia.

Cuando un camión se encuentra atravesando un acceso, con una gradiente; el problema inicial es determinar la cantidad de potencia requerida para atravesar el segmento; y segundo la selección de equipos con sus características rimpull que satisfacen esta condición. Los factores que envuelven el cómputo de la potencia utilizada, son referidos como fuerza resistiva.

Fuerzas resistivas; Un vehículo posee dos tipos de fuerzas resistivas: rodamiento y resistencia a la gradiente. La resistencia por rodamiento, puede ser definida como una fuerza de retardo por la superficie del camino, producto de las llantas del camión. Aquí se incluyen la fricción en las ruedas, la flexión y la penetración de las llantas; expresadas en libras de arrastre por tonelada de peso del vehículo o como un porcentaje equivalente de la gradiente. Una unidad porcentual de gradiente es considerado equivalente a una fuerza de 20 libras por tonelada de peso del vehículo.

Tabla 1 Factores típicos resistivos para una llanta

Descripción del Camino	lb./ Ton.	Porcen-taje
Hard, smoth, stabilized, withouth penetration under load	40	2
Firm, smooth, flexing, sligthy y under load	65	3.25
Rutted, dirt, flexing condiderably under load	100	5
Rutted, dirt, no stabilization, somewhat soft under load	150	7.5
Soft, rutted mud or sand, deep penetration under load	200-400	10-20

Fuente: Elaboración propia

La segunda es el grado de la resistencia a la gradiente; que es la fuerza gravitatoria que se debe al movimiento del vehículo, sobre una inclinación. Esto puede ser expresado también como libras por tonelada del peso del vehículo como su equivalente de gradiente; y es un prefijado con un signo más o menos, para identificar la dirección de la pendiente. Cuando la gradiente es hacia arriba, este efecto es una fuerza de retardo; en el caso de dirección descendiente, la gradiente es una fuerza de ayuda y esta es comúnmente denominada gradiente de asistencia (G. A.).

Nuevamente, un valor común de 20 lb por tonelada es equivalente a un porcentaje de gradiente usado. Para calcular la resistencia al gradiente, se hace uso de la siguiente fórmula:

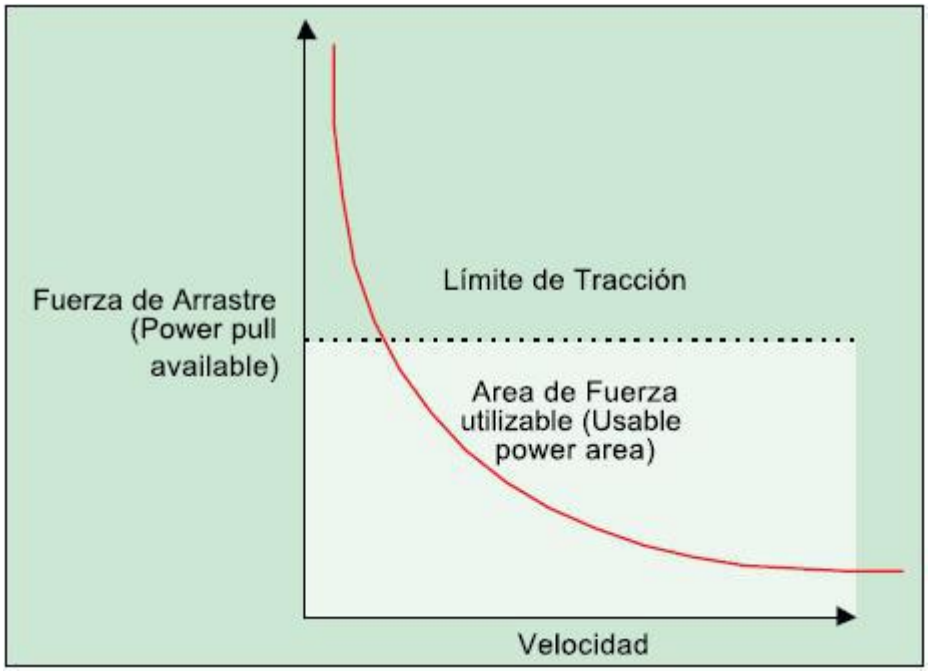
‹ 20 lb. / TM. x unidad de %

La resistencia al rodamiento y la resistencia a la gradiente, son adicionadas algebraicamente al rimpull del camión, a fin de obtener la fuerza resultante de tipo halar. El control del requerimiento de potencia, para un desempeño aceptable es una combinación de ambas resistencias: rodamiento y gradiente.

La fuerza es necesaria para vencer la resistencia y proveer aceleración; donde el total de resistencia al movimiento del vehículo, es tomada como la suma de la resistencia de arrastre y de rodamiento.

Gráficamente las consideraciones de la potencia, para vencer las fuerzas de resistencia.

Ilustración 7 Límites de tracción



Fuente: Elaboración propia

El área de potencia utilizable está limitada por la aplicación del factor de tracción, que aparece superpuesto en la figura. Este factor es referido como el coeficiente de tracción y se refiere a la habilidad de las ruedas del camión a vencer la superficie del camino.

En la tabla 2, se presentan los valores típicos de coeficientes de tracción, en varias condiciones. Así, por ejemplo, para el caso del hielo con valor 12; significa que debe exceder en 12 por ciento del peso del vehículo dado en libras (pounds pull). La limitación a la tracción, puede ser expresada:

$$TRACL = CT \times W_0$$

Donde:
TRACL = Limitación a la tracción
CT = Coeficiente de tracción
W_0 = Peso del vehículo

Tabla 2 Coeficiente de factores de tracción

Materiales	Llantas de caucho
Concreto	0.90
Arcilla seca (Clay loam, Dry)	0.55
Arcilla mojada (Clay loam, wet)	0.45
Arcilla afirmada (Rutted clay loam)	0.40
Arena seca (Dry Sand)	0.20
Arena mojada (Wet sand)	0.40
Brea (Quarry pit)	0.65
Grava suelta (Gravel road loose not hard)	0.36
Nieve compacta (Packed snow)	0.20
Hielo (Ice)	0.12
Suelo firme (Firm earth)	0.55
Suelo blando (Loose earth)	0.45
Carbón apilado (Coal stock piled)	0.45

Fuente: Elaboración propia

Otras consideraciones; La parte estocástica del modelo, se refiere a las variables aleatorias referidas a las operaciones de carga y descarga; desde sus respectivas distribuciones de probabilidad. Se pueden definir para cada binomio pala-camión, su distribución particular de probabilidades.

El simulador ha sido diseñado para aceptar, tiempos de carga con variable normal; con una media y una desviación estándar, por su parte, el tiempo de descarga se considera distribuido exponencialmente con una media.

El modelo diseñado con el lenguaje Visual Basic, desde su entrada estándar definida en sus parámetros y variables, ejecuta la Simulación ayudándose de

expresiones, para obtener un reporte de estadísticas en el turno de producción, sobre colas, utilización de los equipos, etc.

La información del reporte final, incluye:

1. El número de cargas y toneladas de mineral y desecho, llevados por cada camión desde cada pala.
2. La utilización de cada pala.
3. El tiempo promedio de espera frente a cada pala.
4. El tiempo total de espera frente a cada pala.

Definiendo la variable TYPE (i,j), usada como identificador de la siguiente operación desarrollada por el camión j; existiendo a su vez tres grandes operaciones: loading o carga, traveling o travesía y descarga o dumping. Para el caso de travesía, se deberá definir la ubicación exacta del camión, para efectos de animación y monitoreo.

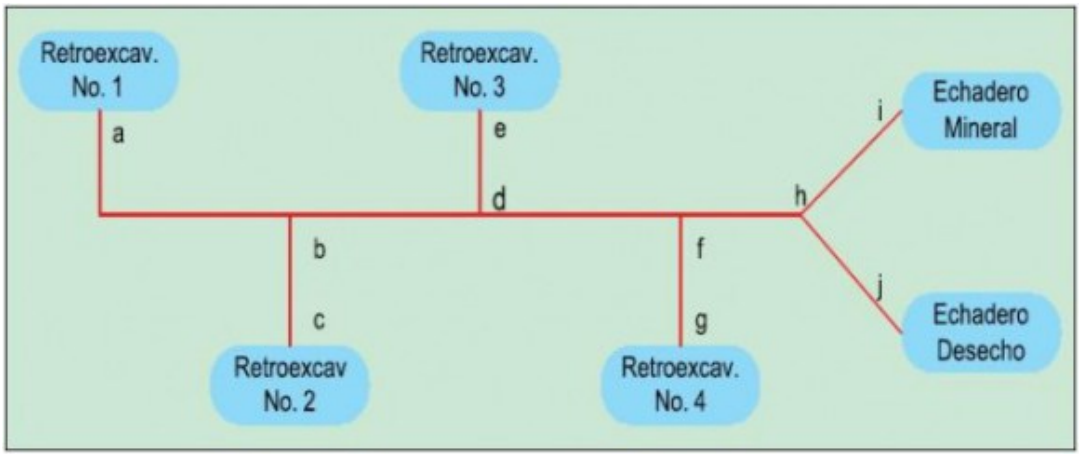
Dentro de las facilidades de acceso, se deberá incluir el número de las localizaciones, siendo igual a la suma de los segmentos de travesía más los puntos de carga y descarga. Esta suma es dependiente al número de palas y sitios de descarga; de acuerdo a la siguiente relación matemática:

$$(2 \times N\,1) + 4$$

Donde:
N 1 = número de palas

Se presenta un sistema de 4 palas; en este caso existen (2 N1)+4 = 2(4)+ 4 = 12 tipos. Por ejemplo para TYPE (2, 3) = 1, significa que el camión 3 desde la pala 2, se mueve de c a b.

Ilustración 8 Esquema de cuatro palas eléctricas



Fuente: Elaboración propia

Ejemplo para calcular el valor del transporte:

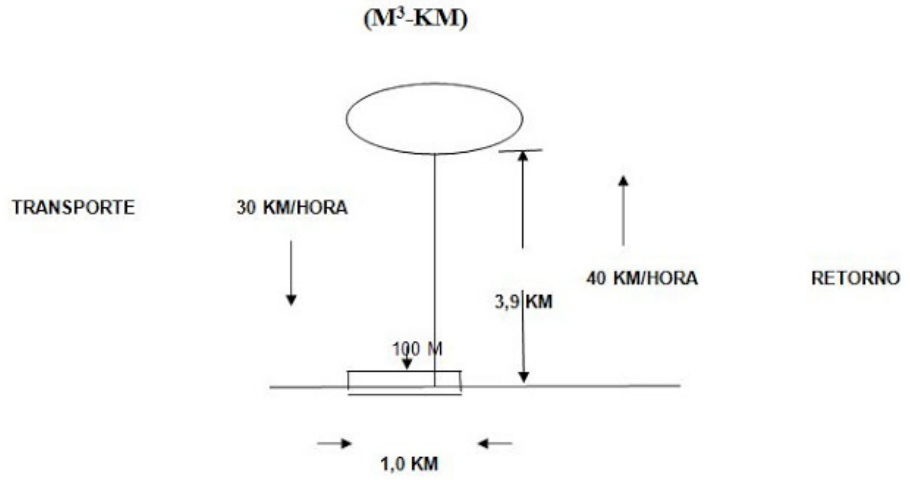
Tenemos una cantera distante de la carretera 3.9 km y llega a 100 m del centro de gravedad de un km redondo, quedando por lo tanto que la distancia de la cantera al centro de gravedad de una abs. del tipo (km A + 0000) de 3.9 + 0.1 = 4.0 km.

Velocidad de transporte = 30 km/hora
Velocidad de retorno = 40 “

Usamos volqueta de 6.0 m3
Tarifa volqueta = $ 50.000 /hora

Capacidad de la pala del cargador = 1.5 m3
Tiempo de ciclo de cada palada = 0.34 minutos

Ilustración 9 Cálculo del valor de transporte



Fuente: Elaboración propia

Calculo del cargue:

Volumen volqueta = 6.0 m3

$$\#\ \text{paladas} = \frac{6.0}{1.5} = 4$$

Tiempo de cargue = 4 x .034 = 1.36 minutos = 0.02 horas

Tiempo de descargue = 0.01 “

$$\text{Tiempo de transporte} = \frac{4.0}{30} = 0.13\ \text{“}$$

$$\text{Tiempo de retorno} = \frac{4.0}{40} = 0.10\ \text{“}$$

Tiempo total del ciclo de la volqueta = 0.26 horas

Costo ciclo = 0.26 x $ 50.000 = $ 13.000

Transporte = 4 x 6.00 = 24 m3 – km

$$\text{Costo transporte} = \frac{\$\ 13.000}{24} = \$\ 541.67\ /\text{m3 - km}$$

Para facilidad de cálculos se aproxima a $ 550 / m3- km

2.3.8. CALCULO DE EQUIPO DE CARGUIO Y AUXILIARES

Para el cálculo de equipo de carguío, se basa en la capacidad de mina diseñada en las fases de minado, así como la capacidad de planta. Este en un ejercicio iterativo que se tiene que repetir varias veces con diferentes capacidades asociadas a sus inversiones, para encontrar el óptimo.

El cálculo de perforación se basa según el avance del plan de minado con capacidad máxima pala camión, la perforación se basa en un ratio de 1.5 veces la numero de palas, así también se calcula el número de equipos auxiliares como motoniveladoras, y tractores de llantas.

Para encontrar el ratio, se basa en el cálculo de la dureza de la roca, la disponibilidad y utilización del equipo. Esto es un cálculo separado de la hoja de cálculo para facilitar el proceso de planificación.

2.3.9. EVALUACION ECONOMICA

Para la evaluación económica se usa el valor presente neto (NPV), se compara los planes de minado con los gastos y capital, así como los revenues de los metales llevando el valor al presente.

El **Valor Presente Neto** (**VPN**), también conocido como **Valor Actual neto** (**VAN**) o Valor Neto Actual (VNA), es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con la misma.

El **VPN** es, por tanto, una medida del beneficio que rinde un proyecto de inversión a través de toda su vida útil.

Supone el equivalente en unidades monetarias actuales de todos los ingresos y egresos, presentes y futuros que constituyen un proyecto.

El **Valor Presente Neto** es una herramienta central en el descuento de flujos de caja, empleado en el análisis fundamental para la valoración de empresas cotizadas en bolsa.

Para **calcular** el **Valor Presente Neto** (**VPN**) se trae todos los flujos de caja al momento presente descontándolos a un tipo de interés determinado.

Por tanto, cada entrada y salida de efectivo se descuenta a su valor presente (VP). Luego se suman, tal y como establece la siguiente **fórmula**:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \cdots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

La **fórmula** del **Valor Presente Neto** o **VAN** depende, por tanto, de las siguientes **variables**:

- **Inversión inicial previa** (Io): es el monto o valor del desembolso que la empresa hará en el momento inicial de efectuar la inversión.

- **Flujos netos de efectivo** (Ft): representan la diferencia entre los ingresos y gastos que podrán obtenerse por la ejecución de un proyecto de inversión durante su vida útil.

- **Tasa de descuento** (k): también conocida como costo o tasa de oportunidad. es la tasa de retorno requerida sobre una inversión. Refleja la oportunidad perdida de gastar o invertir en el presente.

- **Inversiones** durante la operación.

- **Número de periodos** que dure el proyecto (n).

El **Valor Presente Neto** sirva para generar dos tipos de decisiones: ver si las inversiones son efectuables y ver qué inversión es mejor que otra en términos absolutos. Los **criterios de decisión** se basan en lo siguiente:

- **VAN > 0** : la tasa de descuento elegida generará beneficios.
- **VAN = 0** : el proyecto de inversión no generará beneficios ni pérdidas, por lo que su realización resultará indiferente.
- **VAN < 0** : el poryecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.

Ejemplo de cálculo del Valor Presente Neto

Vamos a suponer que nos ofrecen una inversión en la que tenemos que invertir 1 millón de pesos y nos prometen que tras esa inversión vamos a recibir 150.000 pesos el primer año; 250.000 pesos el segundo año; 400.000, el tercero; y 500.000, el cuarto año. Suponiendo que la tasa de descuento es del 3% anual, ¿cuál será el **valor presente neto** o **VAN** de la inversión?

$$VAN = -1.000.000 + \frac{150.000}{(1+0,03)} + \frac{250.000}{(1+0,03)^2} + \frac{400.000}{(1+0,03)^3} + \frac{500.000}{(1+0,03)^4} = 191.580,23$$

Vemos que el **valor presente neto** de la inversión en este momento es de 191.580 pesos. Al ser un **VAN** positivo, es conveniente realizar la inversión.

Como puedes observar, el **Valor Presente Neto** (VPN) es un criterio sencillo y efectivo de elección de inversiones. Mediante una sencilla fórmula puedes conocer si te interesa o no realizar una inversión.

Recuerda que si tienes alguna pregunta o requieres de más información, puedes comentar a continuación y te contestaremos con la mayor brevedad posible.

2.3.10. ANALISIS DE RIESGO

El análisis de riesgo se basa en la metodología de probabilidades llenadas por una matriz y codificadas según el valor por la ocurrencia, esto hace que pueda enfocarse a las áreas más críticas y fortalecerlas de ser el caso o la opción seleccionada.

Recordad que un riesgo no tiene por qué ser algo "malo", tendemos inconscientemente a asociar la palabra riesgo con problema, pero no es una asociación certera.

Por definición, un riesgo es un evento incierto que en el caso de ocurrir tendrá un impacto (ya sea negativo o positivo) en el proyecto.

Los riesgos negativos se consideran amenazas y los riesgos con impacto positivo se consideran oportunidades.

Los 3 pasos necesarios para generar una efectiva matriz de riesgos para vuestro proyecto.

Paso 1:

Lógicamente el primer paso será identificar el máximo posible número de riesgos para nuestro proyecto. Para ello nos deberemos reunir con los stakeholders que nos puedan aportar la mayor información y analizar el posible origen de los riesgos.

Para obtener el mayor número posible de riesgos y no dejarnos ninguno olvidado por el camino, podemos ayudarnos de una **RBS (Risk Breakdown Structure)**, la RBS nos ayudará en nuestras sesiones de brainstorming con los interesados del proyecto a buscar riesgos en todas las áreas posibles.

Paso 2:

Después de la identificación de los riesgos, el siguiente paso sería hacer un análisis cualitativo y a ser posible también cuantitativo de los mismos para poder clasificarlos de mayor a menor importancia en nuestra Matriz de Riesgos.

Tabla 3 Matriz de riesgos

		PROBABILIDAD				
		Raro	Poco probable	Posible	Muy probable	Casi seguro
CONSECUENCIAS	Despreciable	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio
	Menores	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
	Moderadas	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
	Mayores	Medio	Medio	Alto	Alto	Muy alto
	Catastróficas	Medio	Alto	Alto	Muy alto	Muy alto

Fuente: Elaboración propia

Paso 3:

Una vez analizada la probabilidad y el impacto de los riesgos del proyecto, siguiendo los pasos 1 y 2, procederíamos a cumplimentar la Matriz de Riesgos.

En esta matriz indicaríamos por un lado el riesgo, y por otro su probabilidad e impacto, el resultado de multiplicar **PxI (Probabilidad x Impacto)** será la clasificación global del riesgo, podemos usar un código de colores para los riesgos en nuestra matriz como el siguiente: verde (riesgo bajo), amarillo (riesgo medio), rojo (riesgo alto).

Por último y no por ello menos importante, recordad que la Matriz de Riesgo es un documento “vivo”, es decir deberemos actualizarla constantemente para que sea un reflejo de la realidad y nos sea una herramienta útil.

Para ello deberemos revisar la Matriz de Riesgos en todas las reuniones de reporte de estado del proyecto, y comentar los riesgos que nos han impactado, los que no, clasificarlos de nuevo, modificar la probabilidad y el impacto si estos han variado, etc.

CAPITULO III

DESCRIPCION DE LA PROBLEMATICA

CAPITULO III

DESCRIPCION DE LA PROBLEMÁTICA

La problemática surge; primero, de incrementar la producción de la mina en un ramp up que viene desde al año 2012 para alcanzar un máximo en el 2016 (145,000 toneladas de mineral por día) y segundo, optimizar todo el proceso de un plan de minado a largo plazo, siendo más eficiente en el acarreo de minado que es el costo más alto de la mina, con la finalidad de alcanzar un mejor NPV.

Con el análisis de los antecedentes y la guía propuesta tanto por los accionistas así como por el comité LOM se plantean los siguientes objetivos:

a) Reducir el CAPEX y OPEX

b) Optimizar el plan para la vida de mina (700 Mt, capacidad del tailing dump)

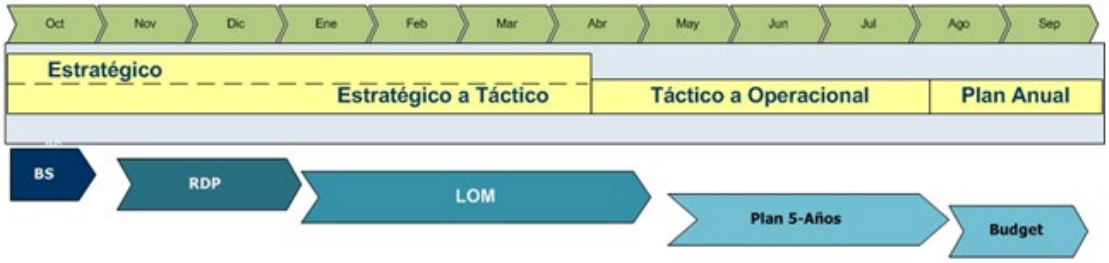
Por otro lado, el alcance del plan LOM Optimizado comprende la formulación, análisis y selección de estrategias de explotación que satisfagan los objetivos planteados y el marco estratégico de la mina. Estas estrategias están planteadas de modo tal que permitan determinar el valor incremental de los principales proyectos de inversión de la mina; como es la fase 6 tailing dump, crecimiento del truck shop por incrementos de camiones, extender área de descarga para el material steril y desarrollo de fases.

El resultado de este ejercicio debe servir como guía al Plan de 5 años y Presupuesto (Budget). Además debe servir como plan base para el sustento de los principales proyectos de inversión y para la declaración de reservas.

El equipo de planeamiento a largo plazo elabora el LOM (Life of Mine) un plan táctico, seguido de las recomendaciones del RDP (Resource Development Potencial) que está referida al incremento de capacidad a 145Ktons de mineral en la planta concentradora, el cual es un plan más estratégico.

Este ciclo de planeamiento se realiza todos los años, revisando los inputs, actualizando los estudios de pre factibilidad a factibilidad, actualizando los planes de minado más operativo e incorporando nuevos estudios.

Ilustración 10 Planeamiento Integrado



Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

Los software usados para la realización de un Plan LOM son: Whittle, Comet, Qpit, MineSight 821, MineSight IP, MineHaul, Talpac y Excel. Los criterios de selección son el valor presente neto, flujo de caja, factibilidad técnica, riesgos, y en general, adecuación a la estrategia de la mina.

El plan LOM Optimizado se desarrolla en cinco etapas y sigue el proceso estándar de planeamiento largo plazo.

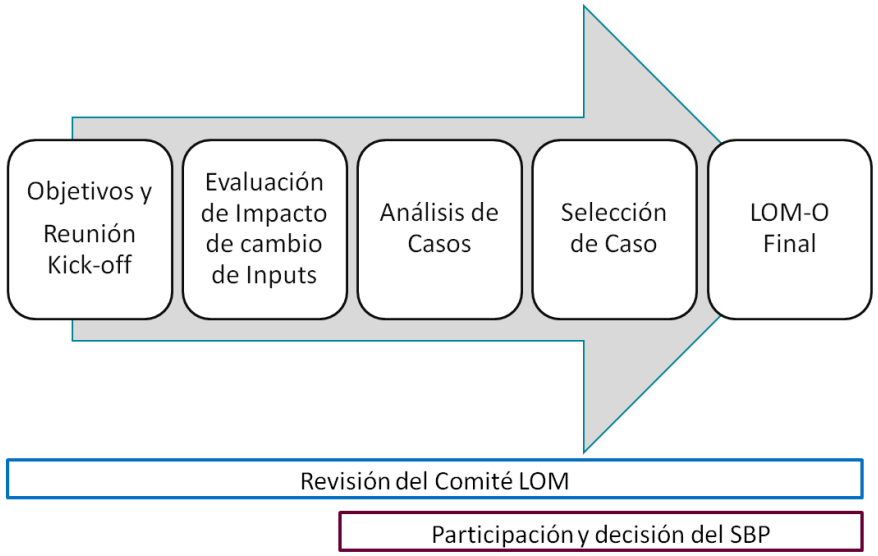
Primero, se definen los objetivos en conjunto con el Comité LOM y se solicitan los inputs de las áreas operativas en una reunión de inicio. Segundo, se revisan los inputs de las áreas operativas para luego estimar el impacto de los cambios en el valor del LOM. Tercero, se plantean y desarrollan los casos del LOM. Estos pueden verse como un árbol de decisiones. Cuarto, se revisan los resultados en conjunto con el comité LOM y SBP y se selecciona el caso preferido para la mina. Por último, se desarrolla el LOM en su versión final y se trasladan sus resultados a los siguientes procesos, Plan de Negocios y Plan de Producción de 5 Años.

A partir de este ciclo de planeamiento se ha constituido un Comité LOM integrado por el presidente y gerente general, los vicepresidentes de finanzas, de operaciones,

de planificación y desarrollo de negocios, y algunos representantes de mina y concentradora.

Adicionalmente el Comité SBP (Strategic Business Planning) ha participado activamente en la revisión, endorso y aprobación de los resultados intermedios y finales del proceso LOM.

Ilustración 11 Pasos del LOM Optimizado



Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

En todo este proceso de planeamiento, el proyecto está enfocado a la selección de equipo de acarreo usado en el siguiente proceso LOM, para ello se han revisado los parámetros de entrada, como son modelo Geológico, parámetros Geotécnicos, parámetros de mina, parámetros de planta concentradora y parámetros económicos.

Luego de revisar los parámetros de entrada, se empieza con el proceso LOM, que inicia con la valorización del bloque, optimización del tajo, diseño de mina, optimización de ley de corte, diseño de botaderos, plan de minado, cálculo de equipo de acarreo, cálculo de equipo de carguío y auxiliares, y evaluación económica

3.1. PARAMETROS DE ENTRADA

Los datos de entrada y supuestos principales se colectan al inicio del proceso y luego siguen un proceso estándar de evaluación del impacto de sus cambios.

3.1.1. MODELO GEOLOGICO

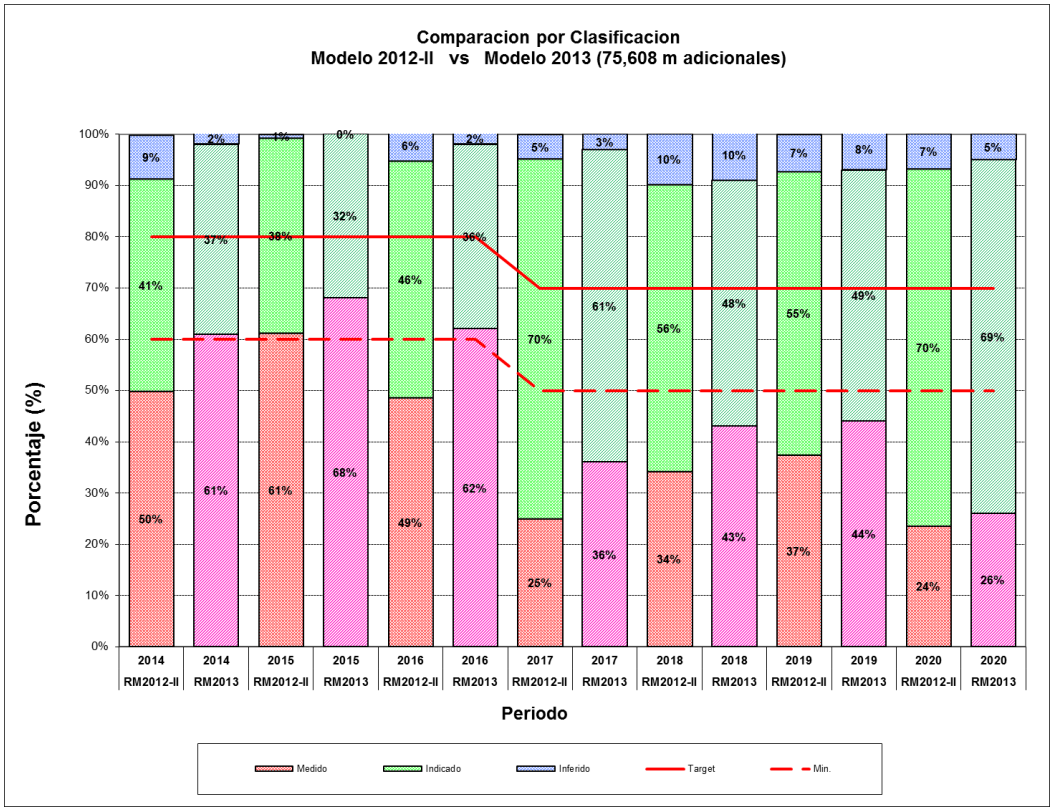
El depósito está clasificado como un skarn de Cu–Zn, la mineralización se ubica en el contacto de las rocas intrusivas con las rocas sedimentarias calcáreas. El modelo geológico utilizado en el Plan LOM es el *Resource Block Model* 2013 (RBM 2013) que ha sido entregado en Diciembre del 2013.

Los puntos más relevantes del modelo de recursos 2013 se describen a continuación:

En el modelo de recursos 2013 se han estimado 16 elementos (Cu, Zn, Ag, Mo, Pb, As, Bi, Fe, Densidad, CuAc, CuCn, ZnAc, Abrasión y UCS).

La incorporación de 75,609 m de perforación diamantina que corresponde a 201 taladros. Estos taladros tienen el objetivo de incrementar la confiabilidad de la clasificación de los bloques a ser minados durante los próximos 5 años de producción (mineral y desmonte) en las categorías de medidos e indicados (encima de 60% para los medidos), los resultados se muestran en la siguiente ilustración.

Ilustración 12 Distribución de Categoría de Mineral



Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

Otro objetivo de la perforación diamantina ha sido confirmar la continuidad geológica e incrementar los recursos.

La clasificación de los recursos está en función del espaciamiento de la malla de taladros de perforación diamantina, de las unidades litológicas y de la variabilidad de la presencia de unidades litológicas enriquecidas representados por indicadores mayores a 5%.

El modelo geológico contiene cambios de interpretación que refleja la génesis del depósito. Un protolito inicial con su respectiva alteración de endoskarn, seguido de la alteración de las rocas sedimentarias calcáreas que forman unidades de exoskarn. El modelo de recursos contiene 20 unidades litológicas. Una de ellas (unidad litológica endoskarn rosa) ha sido dividida en endoskarn rosa y endoskarn

rosa diópsido por sus características de emplazamiento en el yacimiento y por las diferencias de leyes de Cu.

Los análisis químicos han sido compositados en longitudes constantes de 3m respetando los contactos geológicos de cada unidad litológica.

Los bloques de estimación son de 20m x 20m x 15m y cada bloque contiene la proporción de cada unidad litológica. La estimación de leyes se ha realizado para cada proporción de unidad litológica.

Se han construido modelos determinísticos para el arsénico que separa valores mayores a 70 ppm. También para el modelo de bismuto, que separa valores mayores a 150 ppm. El objetivo es poder controlar los valores altos para estos elementos.

Para las estimaciones de Zn y Mo se ha empleado agrupación de distancias que controlan diferentes rangos de leyes dentro de cada unidad litológica.

La comparación del modelo de recursos 2013 con el modelo de recursos del 2012-II muestra un incremento en las leyes de Zn, la cual compensa la subestimación existente.

3.1.2. PARAMETROS GEOTECNICOS

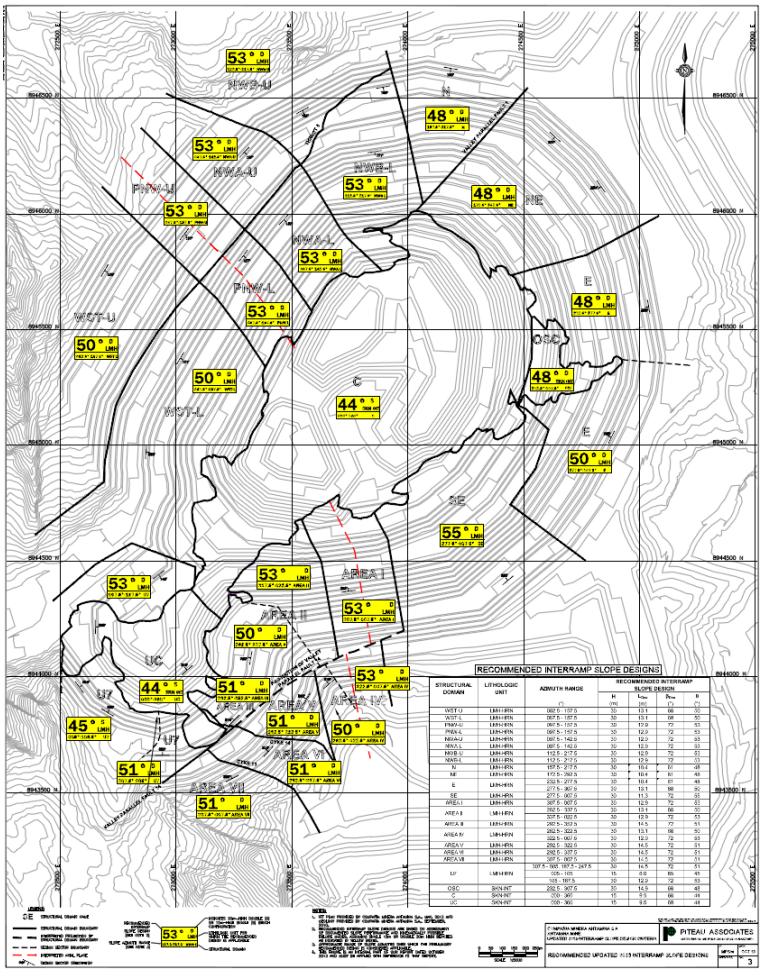
Los criterios geotécnicos de diseño han sufrido cambios en comparación con los utilizados en el ejercicio anterior. Dichos cambios son relativos a los ángulos interrampa (desde +2° hasta -3° en las diferentes zonas) y a los límites espaciales de los dominios geotécnicos sobre los que aplican dichos ángulos.

Las variaciones en los ángulos interrampa y en los límites espaciales son consecuencia de: i) la actualización de la base de datos geotécnica, incluyendo información en profundidad proveniente de perforaciones; ii) calibración de los parámetros geotécnicos, en base a levantamientos con láser; y, iii) generación de

un modelo geotécnico 3D, construido en base al modelo geológico, modelo estructural mayor e información actualizada de la fábrica de roca (Scholz, 2013).

Se debe comentar que el mayor impacto lo ocasiona la reubicación del límite entre la roca caliza y el skarn-intrusivo. Dicho límite se ha movido hacia arriba lo cual es desfavorable para el diseño, a pesar de que el ángulo interrampa de la zona skarn-intrusivo se ha mantenido con respecto al anterior. La razón es que el ángulo interrampa en la zona mineralizada es menor y ahora se tiene que aplicar desde más arriba con lo cual el ángulo total del talud disminuye.

Ilustración 13 Sectores Geotécnicos



Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

3.1.3. PARAMETROS MINA

El grupo Mina ha entregado un conjunto de parámetros basados en el desempeño histórico y los programas de mejora que se vienen llevando a cabo en mina. La topografía de inicio es la proyección a diciembre del 2014, sinking rate, capacidad máxima por rampa y anchos mínimos de minado.

El sistema de chancado y fajas se ha considerado como un solo sistema para efectos de la estimación de la disponibilidad y utilización. Dado que todavía se viene implementando el proyecto DBN 130 no se cuentan con estadísticas de la tasa de proceso. Por tanto, se están asumiendo las tasas estimadas del proyecto; además se ha establecido que la tasa anual promedio sea de 145 ktpd con un margen de ±2 ktpd.

Otro elemento nuevo en los parámetros de mina es la pala hidráulica Hitachi EX5600 de 38 yd^3 cuyo proceso de selección se ha completado recientemente. Por tanto, se está utilizando los parámetros estimados en el estudio de selección (Mamani et. al., 2013).

3.1.4. PARAMETROS DE PLANTA CONCENTRADORA

Los supuestos y parámetros principales que corresponden al procesamiento de mineral del año anterior.

Entre los principales cambios están la tasa de proceso de los molinos. Hasta el proceso anterior el *throughput* se estimaba asumiendo que la molienda es el cuello de botella del proceso, tal como era la realidad en el pasado. Sin embargo, en este ejercicio la tasa global de procesamiento se estima como la resultante de las tasas de proceso de la chancadora/faja y los molinos actuando en un sistema en serie.

No se presentan grandes cambios en las recuperaciones de los minerales estándar y grados de concentrados. Sin embargo, para reflejar mejor la realidad en este plan se han creado dos nuevos tipos de mineral: a) M2AT, mineral de cobre transicional; y b) M4AT, mineral de Cu-Zn transicional. Sus criterios de definición se muestran el Apéndice C. La aplicación de estas ecuaciones en el plan LOM anterior y en el modelo 2013 se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4 Recuperaciones globales en el modelo

Grupo Mineral	Tipo	Ecuaciones Met LOM 2014		Ecuaciones Met LOM 2015		Diferencia	
	Mineral	Estándar	Transicional	Estándar	Transicional	Estándar	Transicional
Cu Ore	M1	95.4		95.4		0	
	M2	94.6		94.6		0	
	M2A	93.0	91.4	93.0	79.7	0	(11.7)
Cu-Zn Ore	M3	83.3	85.1	82.8	70.0	(0.5)	(15.2)
	M4	81.6	82.5	81.1	67.0	(0.5)	(15.5)
	M4A	78.8	82.2	78.3	68.8	(0.5)	(13.4)
Bo Ore	M5	77.1		82.2		5.1	
	M6	71.5		74.9		3.4	

Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

La presa de relaves muestra una capacidad remanente al 31-Dic-2014 de aproximadamente 695 Mt de mineral. Esto aplicando un factor de relave seco/mineral procesado de 0.9565 tal como indica el *input* de Planta.

3.1.5. PARAMETROS ECONOMICOS

Entre los parámetros económicos más importantes que se han actualizado en el presente ejercicio están los siguientes:

Los costos de mina y planta se han ajustado por cambios en los precios de los insumos. Se puede notar que los costos fijos actualizados son los que muestran los cambios más grandes.

El protocolo de precios que fue actualizado en Agosto 2013. Se observan cambios mayores en estos supuestos. Este protocolo se ha utilizado en la optimización del tajo, valorización del modelo geológico, y diseño de fases. Posteriormente, en la evaluación financiera del plan LOM final se utilizado el protocolo de precios de Febrero 2014.

Tabla 5 Costos Unitarios de Mina

	LOM 2014		LOM 2015		Pct. Difference (%)	
	Waste	Ore	Waste	Ore	Waste	Ore
Mine Variable Cost ($/t)						
Drill	0.11	0.11	0.13	0.13	10	10
Blast	0.22	0.22	0.28	0.28	25	25
Load	0.21	0.21	0.21	0.21	-2	-2
Suscapex	0.41	0.75	0.39	0.90	-6	20
Pioneer	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
Expenproj	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
Total Variable cost (-Hauling) ($/t)	0.96	1.30	0.99	1.51	4	16
Mine Fixed Cost ($/t)	0.37	0.37	0.46	0.46	25	25
Total Mine cost (-Hauling) ($/t)	1.32	1.66	1.45	1.97	10	18
Hauling Cost						
Ref. Bench	4418	4208	4403	4193	0	0
Base Cost ($/t)	0.87	0.42	0.85	0.45	-2	8
Incr.(+) ($/t)	0.01	0.03	0.01	0.04	-41	25
Incr.(-) ($/t)	0.03	0.02	0.04	0.03	16	37
Total Hauling Cost	1.34	0.76	1.37	0.90	2	19
Mine Cost ($/t)	2.67	2.42	2.83	2.87	6	18

Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

Tabla 6 Costos Unitarios de Planta

	LOM 2014			LOM 2015			Pct. Difference (%)		
Ore Type	Variable	Fixed	Total	Variable	Fixed	Total	Variable	Fixed	Total
M1	3.06	5.33	**8.39**	3.22	5.89	**9.11**	5	11	9
M2	3.06	5.33	**8.39**	3.41	5.89	**9.30**	11	11	11
M3	3.22	5.58	**8.79**	3.42	6.17	**9.58**	6	11	9
M4	3.32	5.58	**8.89**	3.43	6.17	**9.59**	3	11	8
M5	3.89	6.80	**10.69**	4.00	7.52	**11.52**	3	11	8
M6	3.76	6.80	**10.56**	3.82	7.52	**11.34**	2	11	7
M2A	3.22	5.33	**8.55**	3.91	5.89	**9.80**	22	11	15
M4A	3.32	5.58	**8.89**	3.43	6.17	**9.59**	3	11	8
MP	3.32	5.58	**8.89**	3.43	6.17	**9.59**	3	11	8

Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

Tabla 7 Protocolo de Precios

Metal	Unit	LOM 2014 (PP Aug12)	LOM 2015 (PP Aug13)	Pct. Diff. %
Cu	$/lb	2.41	2.77	15
Zn	$/lb	0.88	0.88	0
Mo	$/lb	12.46	11.81	-5
Ag	$/oz	18.54	22.59	22
Pb	$/lb	0.80	0.91	14
Bi	$/lb	5.85	6.35	9

Fuente: Elaboración propia en base al Reporte del LOM2015

3.2. PROCESO DEL PLANEAMIENTO

3.2.1. VALORIZACION DEL BLOQUE

Para la valorización del bloque se emplea los parámetros de entrada de planta y económicos, para calcular el NSR (Net Smelter Resource), que en sus unidades esta en $/tons, que este asume también la parte de comercialización, en donde se paga las penalidades por Bismuto y Arsénico en el concentrado, por otro lado también se calcula el incremente de acarreo para los costos variables por profundización del tajo, para las unidades de esta operación minera la ley que determina el mineral y desmonte es con el througput ($/Hr).

El modelo de reservas fue valorizado con la misma metodología que el LOM 2014; sin embargo, se incluyeron los siguientes cambios. Se adicionaron dos tipos de mineral, el M2AT (mineral de Cobre transicional) y M4AT (mineral de Cobre-Zinc transicional) los que han sido definidos usando el ratio Cu/CuCn>10% y la distancia a la Bornita <=80m. Se actualizaron las penalidades de Bi, As y Zn de acuerdo al nuevo contrato para concentrados de Calcopirita (3.522, 3.474 y 2.421 $/Unit) respectivamente y para concentrados de Bornita (3.619, 3.575 y 2.469 $/Unit) respectivamente y se actualizo el modelo 3D de las zonas Geotécnicas.

El Modelo de Reservas 2013 presenta los siguientes cambios con respecto al modelo 2012-II. Un total de 56 Mt de mineral se convirtieron en desmonte y 107 Mt de desmonte se convirtieron en mineral; esto produce un balance positivo de

51 Mt de mineral adicional. Por otro lado, el mineral de Cu que paso a Cu-Zn es de 45Mt y de Cu-Zn a Cu es de 33 Mt.

Tabla 8 Desplazamiento de Mineral y Desmonte

Mtons.	CU	CUZN	WASTE	TOTAL
CU	396	45	38	479
CUZN	33	248	18	299
WASTE	41	66	2,050	2,156
TOTAL	**470**	**359**	**2,106**	**2,935**

Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

La aplicación de los criterios de definición de los minerales transicionales al modelo de reservas produjo los siguientes cambios. El 24% de M2A se convirtió en M2A Transicional y, de manera similar, 6% del M4A[1] en M4A Transicional tal como se muestra en las siguiente tabla. La recuperación metalúrgica del mineral M2A y M4A transicionales disminuye en 13% y 9%, respectivamente.

Tabla 9 Cambios de Mineral Transicional

		M2A	M2AT
M2A	M.Toneladas	47	15
	Recuperaciones (%)	93%	80%

		M4A	M4AT
M4A	M.Toneladas	305	20
	Recuperaciones (%)	78%	69%

Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

[1] El M4A agrupa al anterior M3, M4 y M4A

Tabla 10 Comparación de Materiales según modelos

MODELO MP1315.V16	MODELO MF1415.V04													
	M1	**M2**	**M2A**	**M2AT**	**M4B**	**M4BT**	**M5**	**M6**	**A**	**AO**	**B**	**C**	**Total**	
M1	203	18			9	1			3					233
M2	11	83	3		4	1			7					110
M2A		3	30	1	6				6					47
M2AT		1	7	2	1	1			2					15
M4B	11	7	9		239	11			34		2			314
M4BT	1	1	2		11	2			2					20
M5							7	1						9
M6							1	7						9
A	2	5	6		11				446	21	65	5		561
AO									13	5	8			27
B									31	7	334	33		406
C									5	7	49	954		1,015
Total	**228**	**118**	**57**	**5**	**282**	**17**	**9**	**9**	**548**	**41**	**458**	**992**		**2,764**

Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

3.2.2. OPTIMIZACION DEL TAJO

Este proceso se ha realizado para determinar el tamaño del tajo final MI y MII, usando el software Whittle que usa el algoritmo de lears y grossman considerando la información actualizada correspondiente al proceso LOM 2015. Los resultados de este proceso son referencia para el diseño de mina y base para la declaración de reservas y recursos.

Este proceso de optimización se ha realizado para determinar el tamaño del tajo final MI y MII[2] considerando la información actualizada correspondiente al proceso LOM 2015. Los resultados de este proceso son referencia para el diseño de mina y base para la declaración de reservas y recursos.

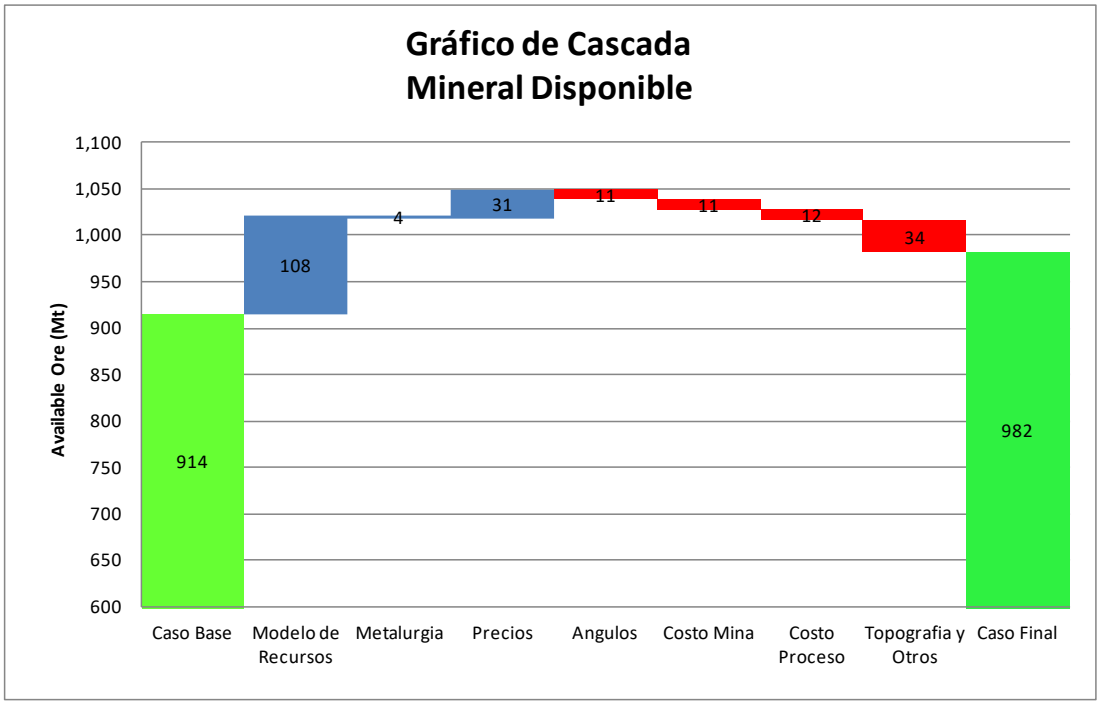
La información actualizada incluye al modelo de recursos 2013, parámetros metalúrgicos, precios, ángulos de talud, costos de mina, costo de procesamiento y topografía. Estos se han ido introduciendo de manera incremental, optimizando en cada paso y reportando el tajo de factor de ingresos igual a 1.

En el modelo de recursos, los precios y la topografía producen los mayores cambios en la cantidad de mineral y también en la cantidad de roca total. Así, la

[2] MI: recursos Medidos e Indicados, y MII: Medidos, Indicados e Inferidos

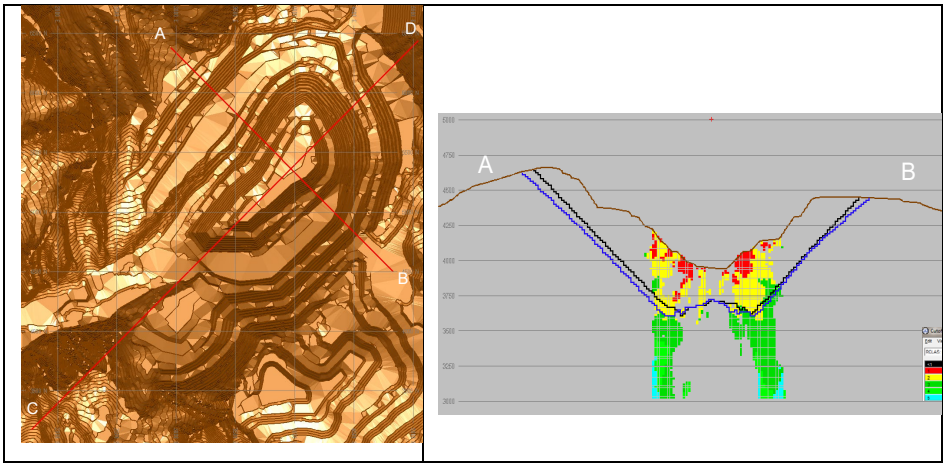
cantidad de mineral cambia en +108, +31 y -34 Mt, respectivamente. Mientras que el desmonte (roca total menos mineral) cambia en +499, +323, y -174, respectivamente. En suma, se tiene que la nueva información agrega 68 Mt de mineral y 579 Mt de desmonte; esto es una relación de desbroce de 8.5 del material incremental.

Ilustración 14 Efecto cascada en la Optimización del Tajo MI



Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

Ilustración 15 Optimización del Pit Final

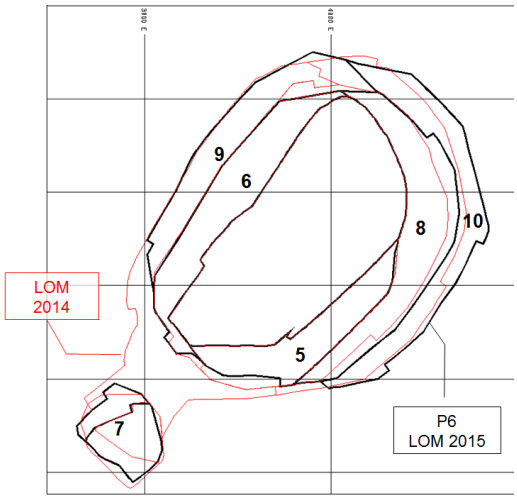


Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

3.2.3. DISEÑO DE MINA

Para el diseño de mina se usa el software Qpit, que usa la línea media de los bancos, y respeta los sectores Geotécnicos para los interrampa y Overalls, reglas de cada 300 metros una banqueta de 40m, para evitar la caída de material del minado de las partes altas., las rampas son de 10% tanto para el tajo y el botadero, 40m de ancho de via para las dimensiones del camión más ancho que es el Komatsu 930E.

Ilustración 16 Diseño de Fases



Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

El objetivo del diseño de mina es evitar el minado alrededor de la chancadora primaria pero a la vez completar la capacidad de la presa de relaves, 695 Mt. Tal como se muestra en la ilustración de arriba el mineral de la zona de la chancadora se ha reemplazado por mineral de la zona. El tajo óptimo MI envuelve a ambos diseños.

Así el diseño aplicado para este ejercicio tiene un total de 756 Mt considerando un cut-off de 6 k$/h. Se debe anotar que el inventario es mayor a la capacidad de la presa para obtener flexibilidad en los periodos de bajo inventario de mineral dada la forma vertical del yacimiento, que hace que el desbroce de las fases de minado tome alrededor de 7 años, y frente a la incertidumbre en la cantidad de mineral en los bordes del exoskarn. Además, para tomar ventaja de la limitación de la presa de relaves que provee el incentivo de procesar mineral de mayor ley de cabeza para obtener menor cantidad de relaves por unidad de metal recuperado.

Tabla 11 Inventario de Mineral por Fases MI

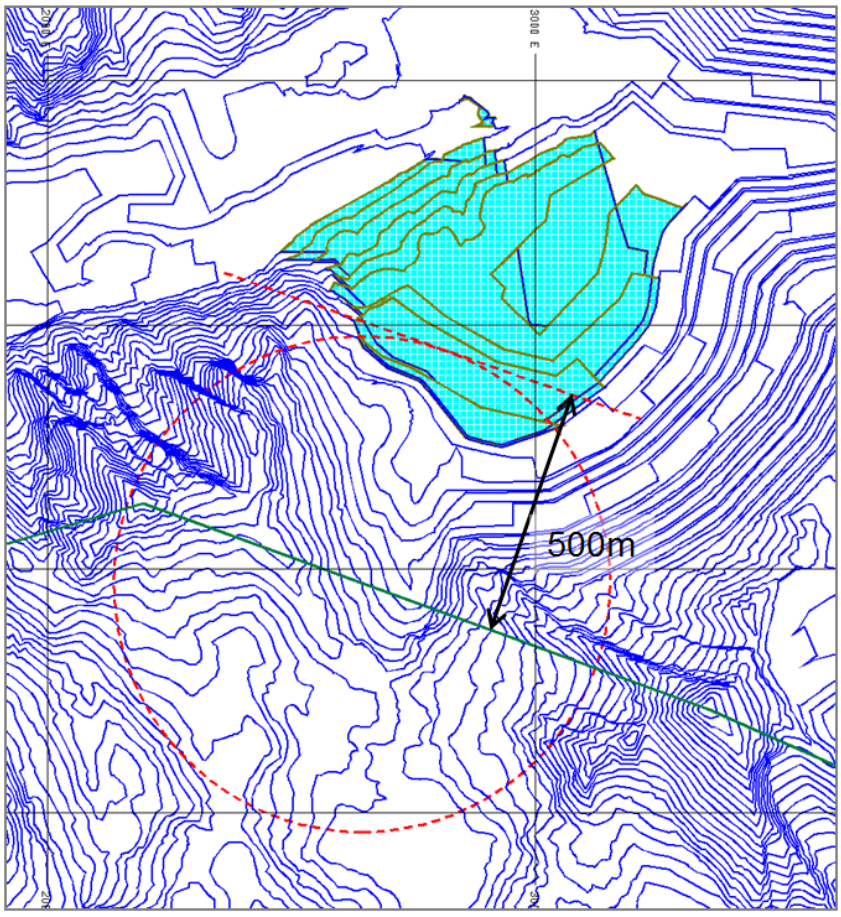
Design P6	**mp1315.v16**					
Fase	**Total Ore**	**Cu Av**	**Zn**	**Total Waste**	**Total**	**SR**
	Mt	**%**	**%**	**Mt**	**Mt**	
4	4	0.90	0.10	3	8	0.7
5	87	1.04	0.71	63	150	0.7
6	151	1.04	1.02	274	425	1.8
7	53	0.64	0.41	30	83	0.6
8	215	0.73	1.14	625	841	2.9
9	86	1.03	1.00	525	611	6.1
10	159	0.76	1.04	488	648	3.1
Total	**756**	**0.86**	**0.97**	**2,010**	**2,766**	**2.7**

Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

Una de las mejoras planteadas en este ejercicio LOM es la modificación del diseño de la Fase 5 para mejorar la producción metálica en los primeros años y mejorar la rentabilidad de la infraestructura. A la vez se habilita el mineral contenido en la una de las rampas de la Fase 5 (ver figura siguiente) y se mejora la rentabilidad del sistema de rampas del fondo de mina al anular una de muy baja utilización.

Una porción de la Fase 7 aún se encuentra dentro de la franja de 500 metros desde el límite de propiedad lo que implica la interacción con los pobladores vecinos. A diferencia del año pasado la cantidad de bancos es mucho menor; por tanto, se recomienda seguir con los esfuerzos de mantener buenas relaciones con las comunidades vecinas. De este modo, dado el menor grado de interacción, el diseño de la fase 7 no se ha modificado y las incertidumbres no han sido modeladas en este ejercicio LOM. Se debe anotar que dada las complicaciones en regresar a las zonas superiores para desarrollar la Fase 11 del Plan LOM 2014, ésta se ha anulado en este ejercicio.

Ilustración 17 Fase 07 y Limite de Propiedad

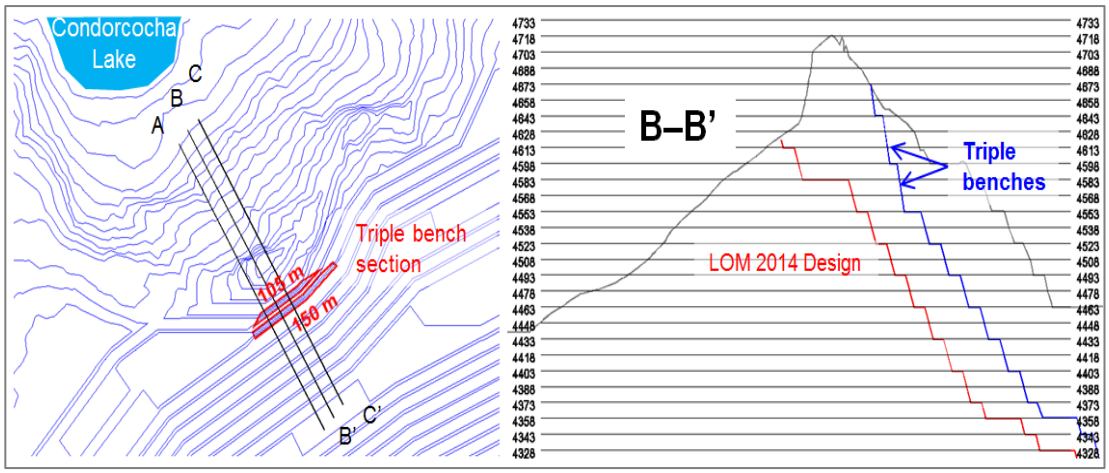


Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

El desarrollo de la Fase 9 también se ha abordado en el plan LOM anterior para lo cual se había planteado construir un muro de protección entre la parte superior de la fase y la Laguna Condorcocha. En este ejercicio se ha planteado la excavación de la pared aplicando triples bancos (Aguirre, C., 2014) y la eliminación de una rampa de acceso con baja utilización para anular completamente el riesgo medio-ambiental y minimizar el impacto social de las actividades en esta área

La evaluación geotécnica preliminar se ha realizado por el equipo de Geotecnia-PDN[3] que incluye en sus recomendaciones la aplicación de elementos de sostenimiento tales como pernos de rocas y/o anclaje. Se espera que el tiempo y costo adicional de construcción puedan ser compensados por la menor cantidad de roca a mover, 20 Mt menos.

Ilustración 18 Revisión del diseño de Fase 09



Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

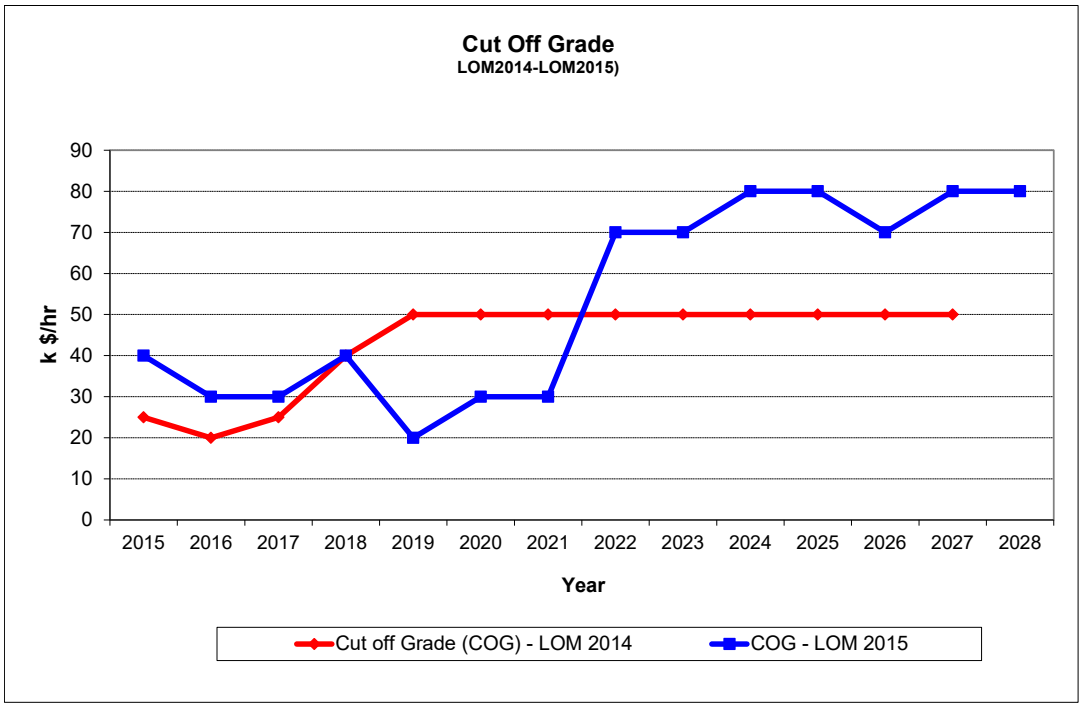
3.2.4. OPTIMIZACION DE LEY DE CORTE

La optimización de ley de corte se utiliza el software COMET que usa el algoritmo de K.Lane para encontrar el perfil de ley de corte por año, este usa el $/hr, que el valor mínimo es de 6K$/Hr para ser económico procesar como mineral, por encima del 6K$/Hr y

[3] PDN, departamento de Planificación y Desarrollo de Negocios

la ley de corte optimizada es baja ley que podría ser usada para la alimentación a planta en algún periodo.

Ilustración 19 Política de ley de corte

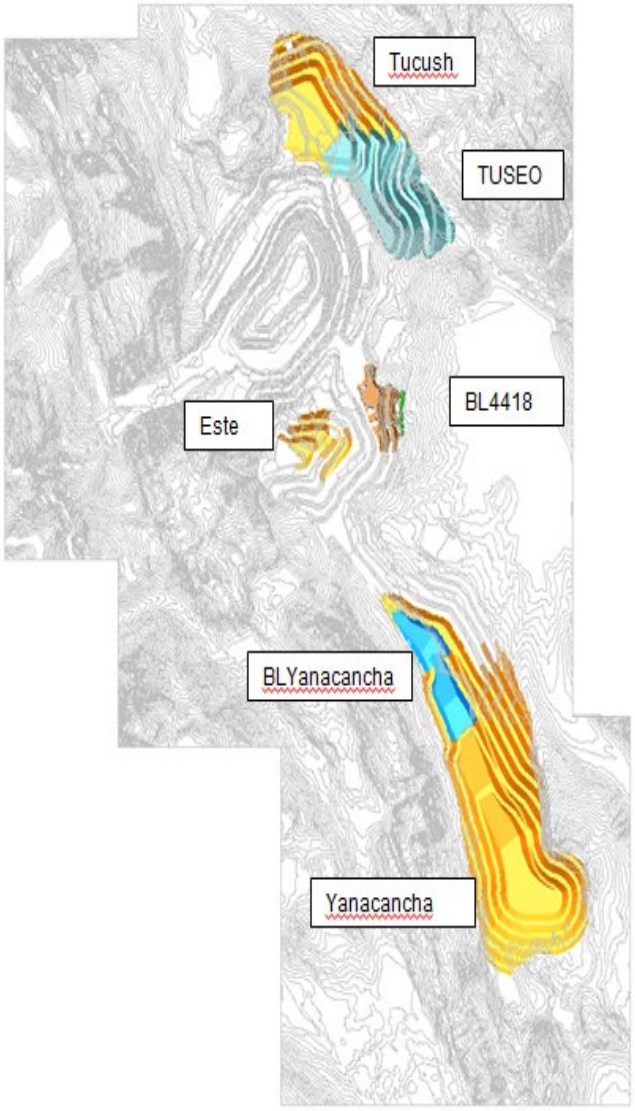


Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

3.2.5. DISEÑO DE BOTADEROS

Los botaderos están sectorizados por tipo de desmonte (A: material reactivo, B: moderadamente reactivo, C: No reactivo), los botaderos de Tucush y TUSEO son para desmontes tipo C y B, los botaderos Yanacancha y Este son para desmonte tipo A, y para los minerales de Baja ley son el BL4418 y BL Yanacancha, las características de los botaderos son de altura de los bancos de 60m, con un ángulo de reposo de 37° y banquetas de 50m.

Ilustración 20 Diseño de Botaderos



	Tonelaje
Tucush	321.5
TUSEO	241.8
Este	21.5
Yanacancha	1389.7
Total	**1974.5**

	Tonelaje
BL4418	11.7
BLYanacancha	41.3
Total	**53.0**

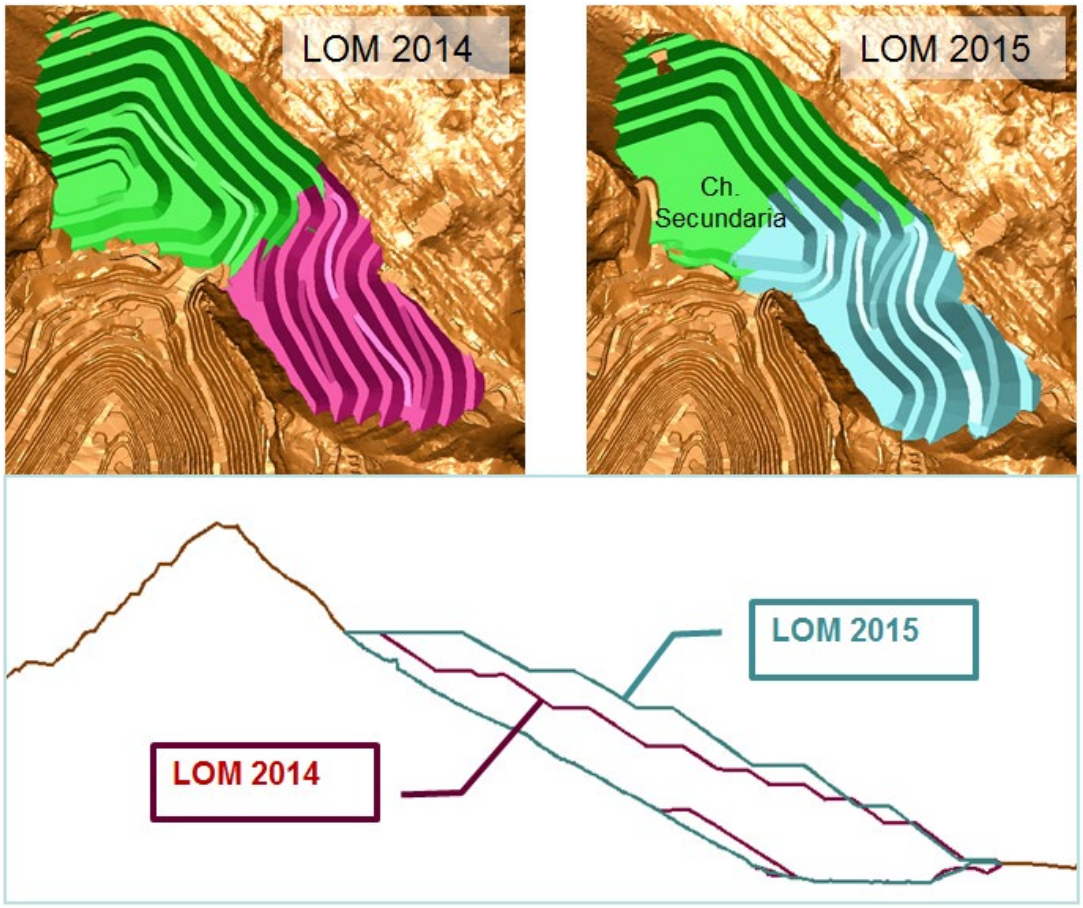
Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

La revisión del diseño de botaderos también persigue los objetivos de este ejercicio LOM, al de minimizar el CAPEX a través del aumento de volumen de los botaderos cercanos y la minimización de las distancias de acarreo en los botaderos lejanos.

En la extensión Sur-Este del botadero Tucush se ha revisado el sistema de rampas para aumentar su volumen respetando el ángulo de talud 2:1. En total se adicionan 93 Mt de capacidad cuyo efecto positivo en la flota de camiones se espera entre el

2019 y 2021. Además se ha dejado espacio para la re-ubicar la Chancadora Secundaria a la cima del botadero Tucush principal.

Ilustración 21 Cambios en diseño de Botadero Tucush

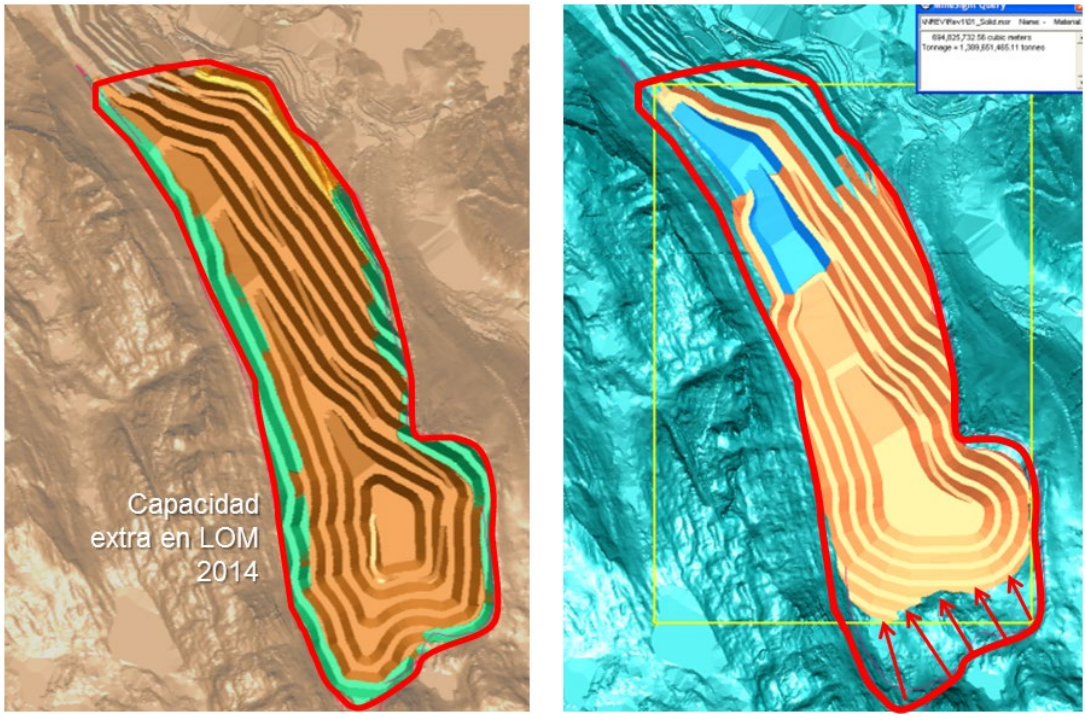


Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

El diseño del botadero Yanacancha también se ha revisado con la finalidad de ajustar su capacidad "considerando solamente la vida de mina del plan LOM vigente" tal como fue el pedido expreso de los accionistas. Así, la huella del botadero se redujo trayendo como consecuencia positiva la reducción de la distancia de acarreo.

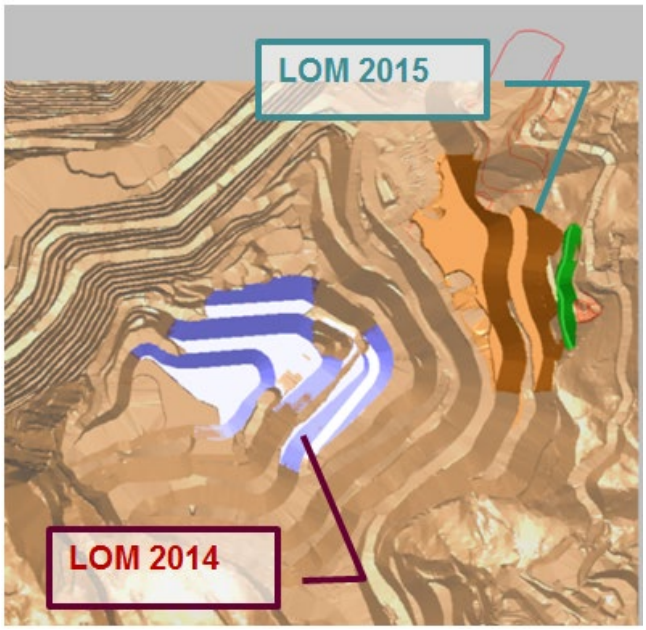
Asimismo, la capacidad y ubicación de los stocks de baja ley también han sido modificados lo que también redujo la distancia de acarreo.

Ilustración 22 Cambios de diseño de Botadero Yanacancha



Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

Ilustración 23 Cambios de diseño del stockpiles



Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

Tabla 12 Capacidad de Botaderos y Stockpiles

Botadero	Capacidad Mt	**Stockpile (SP)**	Capacidad Mt
Tucush	322	SP BL 4418	12
Tucush SE	242	SP BL Yan	41
Este	22		
Yanacancha	1440		
Total Bot.	2026	Total Stock	53

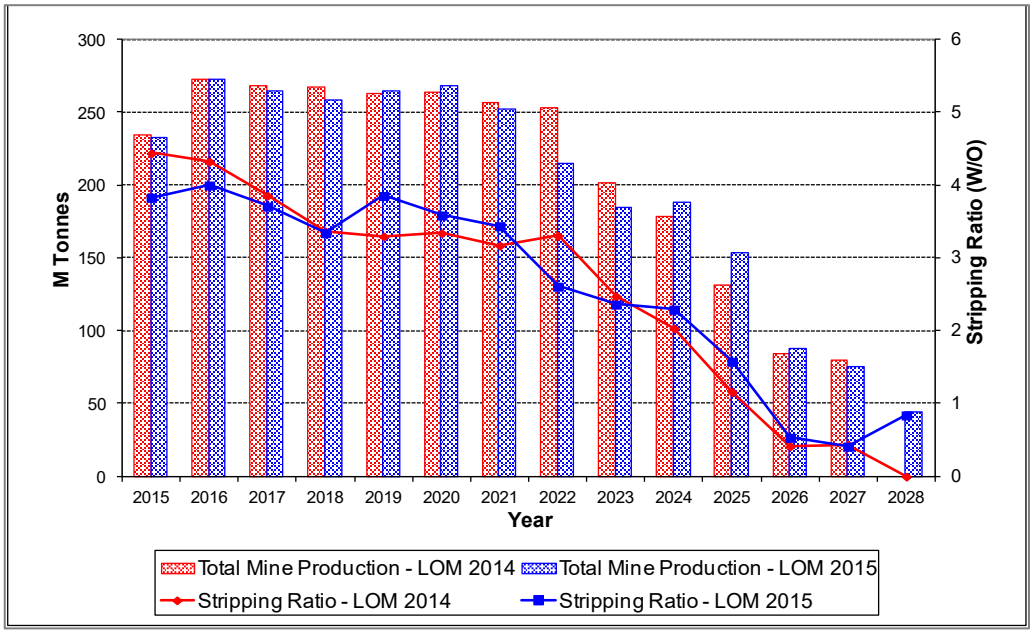
Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

3.2.6. PLAN DE MINADO

El plan de minado se basa en todos los parámetros de entrada, ley de corte optima, diseño de fases, la productividad máxima de las palas, que se basa en la estadística de los últimos años realizado en la mina, los parámetros de mantenimiento para los equipos mina, perforadora, palas y camiones, tasa de procesamiento, capacidad de presa de relaves (700Mtons), botaderos (A, B y C) y material remanejado que es un material enviado a un stock que se usa para dar continuidad a una campaña de mineral y mezcla de ley.

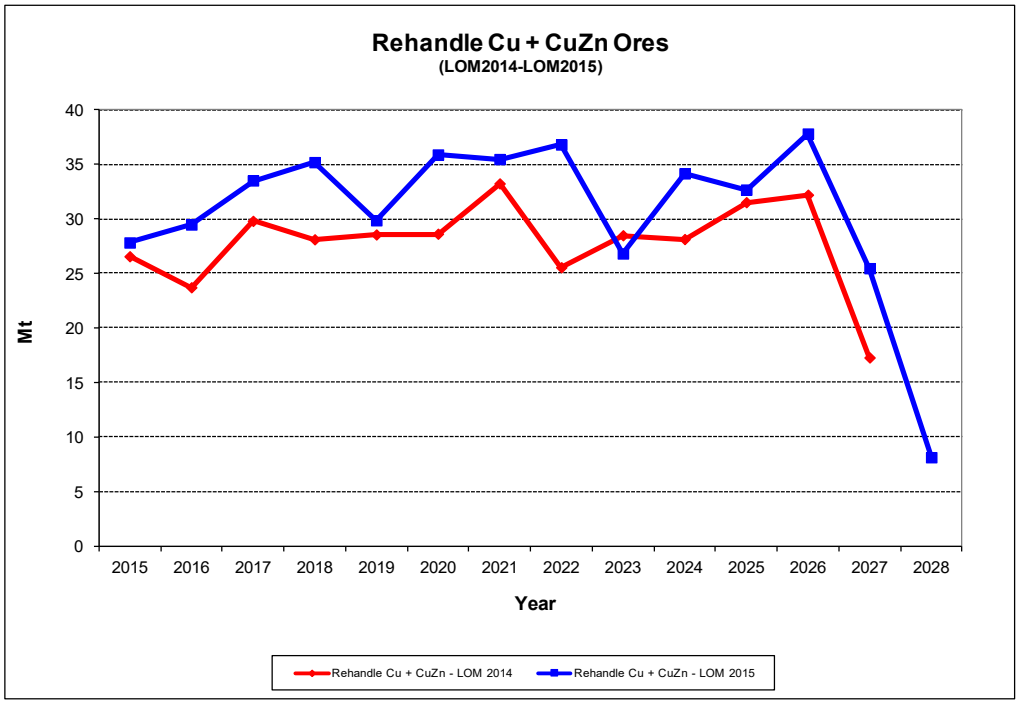
El plan de minado esta realizado con el software MineSight del módulo 821, con esta herramienta se evalúan todos los casos, para el caso final se usa el MineSight del módulo del IP, para realizarlo por cortes y operativizar.

Ilustración 24 Plan de Minado



Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

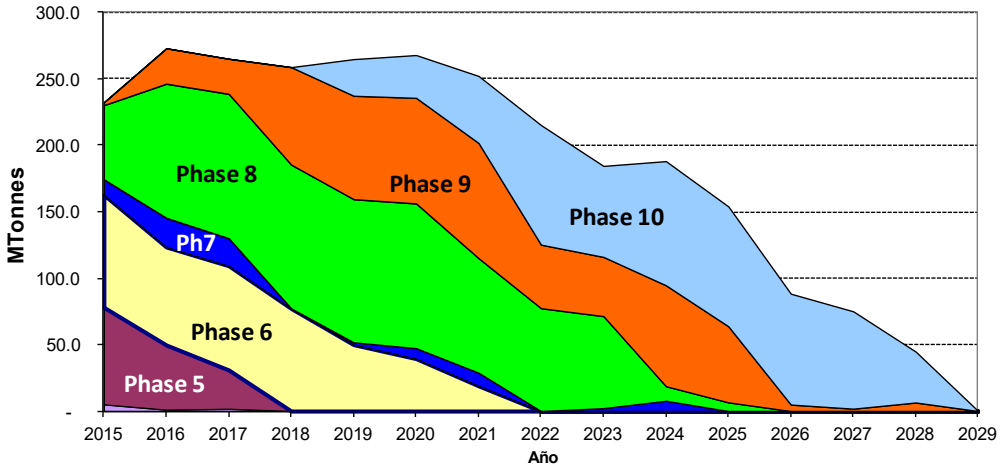
Ilustración 25 Remanejo de Mineral



Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

El desarrollo de fases de minado se han iniciado o están pronto a iniciarse excepto la Fase 10. Ésta se debe comenzar a desarrollar el quinto año, el 2019; por tanto, es importante definir su tamaño y ubicación considerando escenarios de crecimiento futuro. Otro aspecto que se nota a diferencia del LOM anterior, la ausencia de la Fase 11. Ésta se ha eliminado por la imposibilidad de regresar a la parte alta de Usupallares para evitar conflictos sociales.

Ilustración 26 Producción por fases de minado



Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

En el plan la Fase 5 está prácticamente en plena explotación de mineral siendo la Fase 6 la siguiente fase en prioridad para habilitar mineral del 2017. De igual manera, la Fase 8 adquiere importancia en su etapa de desbroce por el cambio de estrategia – al no incluir el proyecto OCCS – hasta el año 2020 en que se mina a un ritmo de hasta 109 Mt. Se debe anotar que el tamaño de la Fase 8 es de 200 metros de ancho y 2.6 km de largo aproximadamente. Posteriormente, la Fase 9 y Fase 10 muestran ritmos de minado menores durante su etapa de desbroce por el tamaño de las fases y número de accesos. Se ha considerado hasta 98 Mt cuando se cuenta con un solo acceso y para tonelajes mayores se han diseñado dos accesos.

Tabla 13 Minado por fases

Phase	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Fase 4	5	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fase 5	73	47	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fase 6	85	76	79	77	50	40	19	-	-	-	-	-	-	-
Fase 7	12	22	21	-	2	8	10	-	2	8	-	-	-	-
Fase 8	56	101	109	108	108	109	86	77	69	11	7	-	-	-
Fase 9	2	27	26	73	78	79	87	48	45	76	57	5	2	6
Fase 10	-	-	-	-	28	32	50	90	69	93	90	84	73	38
Total	232	273	265	259	265	268	252	215	185	188	154	88	75	45

Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

Tabla 14 Avance vertical de bancos por periodo

Phase	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Fase 4	3	1	2											
Fase 5	8	7	7											
Fase 6	8	8	7	7	5	4	4							
Fase 7	5	4	4		1	1	3		1	3				
Fase 8	6	8	6	5	6	7	7	7	8	3	4			
Fase 9	3	7	3	7	7	7	8	5	5	8	7	2	1	3
Fase 10					6	3	4	8	6	8	8	7	7	9

Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

Tabla 15 Asignación de Palas por fase

	2015					2016			2017			2018			2019			2020			2021		
Phase	SH	PH	LT	LD	HS	PH	LT	HS	PH	LT	HS	PH	LT	HS	PH	LT	HS	PH	LT	HS	PH	LT	HS
4	0.0	-	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	2.0	0.2	-	-	1.3	-	-	0.8	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	2.0	-	-	0.8	2.0	0.1	-	2.0	0.2	0.5	2.0	0.5	0.3	1.4	-	0.2	1.0	0.3	-	0.5	0.0	0.1
7	0.4	-	-	-	-	0.7	-	-	0.5	0.1	0.2	-	-	-	-	-	-	0.1	0.3	0.2	0.2	0.1	-
8	0.5	1.0	0.7	-	-	2.8	0.1	-	3.0	0.2	-	3.0	0.1	0.2	3.0	-	0.2	3.0	-	0.2	2.5	0.0	-
9	-	-	0.2	-	-	-	0.9	1.0	0.8	0.0	-	2.0	0.2	-	2.0	-	0.6	2.0	0.0	0.5	2.0	0.3	0.9
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	0.7	-	0.9	0.2	-	1.4	-	0.2
Remanejo	0.9	-	1.3	1.0	0.2	-	1.9	1.0	-	1.9	1.2	-	2.1	1.5	-	1.3	1.7	-	1.0	2.1	-	1.6	1.8
Total	1.9	5.0	3.0	1.0	1.0	6.8	3.0	2.0	7.0	2.5	1.9	7.0	3.0	2.0	7.0	2.0	2.7	7.0	1.9	3.0	6.6	2.0	3.0

	2022					2023			2024			2025			2026			2027			2028		
Phase	SH	PH	LT	LD	HS	PH	LT	HS	PH	LT	HS	PH	LT	HS	PH	LT	HS	PH	LT	HS	PH	LT	HS
4		-	-		-	-	-	-	-		-	-		-	-		-	-		-	-		-
5		-	-		-	-	-	-	-		-	-		-	-		-	-		-	-		-
6		-	-		-	-	-	-	-		-	-		-	-		-	-		-	-		-
7		-	-		-	-	-	0.2	-		0.5	-		-	-		-	-		-	-		-
8		2.0	-		0.5	2.0	-	0.1	0.3		0.0	0.2		0.0	-		-	-		-	-		-
9		1.3	0.1		0.1	1.2	-	0.2	2.0		0.4	1.6		0.2	0.1		0.0	-		-	0.2		-
10		2.0	-		1.3	1.8	-	0.3	2.0		1.5	2.0		1.3	2.0		0.9	2.0		0.4	1.0		-
Remanejo		0.5	0.8		1.1	-	-	2.1	0.9		0.5	0.4		1.5	0.3		2.0	0.7		1.4	0.2		-
Total		5.8	0.9		3.0	5.0	-	2.8	5.2		2.9	4.2		3.0	2.4		2.9	2.7		1.8	1.5		-

Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

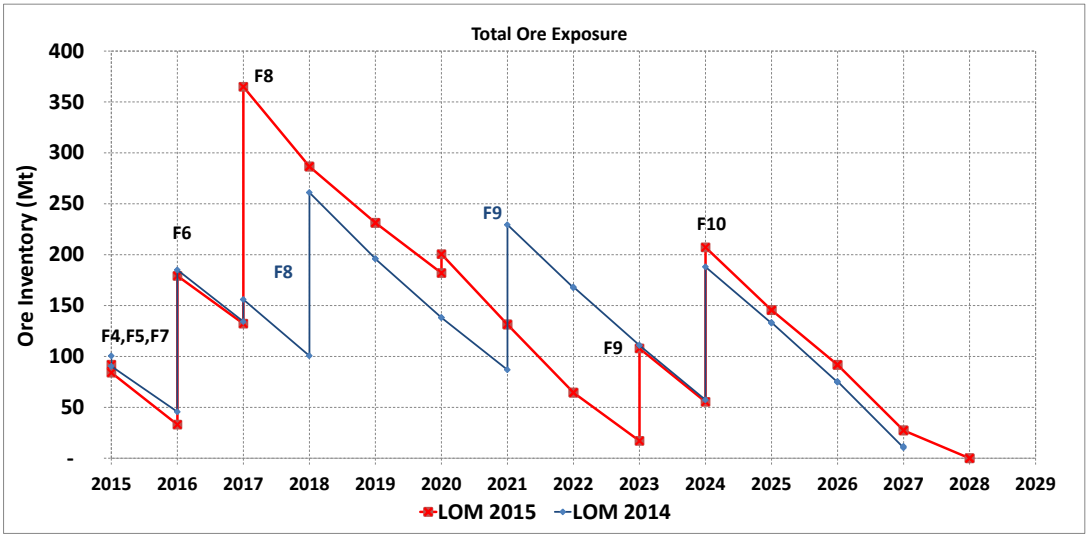
Tabla 16 Mineral por fase

Phase	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Fase 4	3	0.5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fase 5	36	31	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fase 6	0	6	23	49	36	21	10	-	-	-	-	-	-	-
Fase 7	6	14	12	-	1	4	5	-	2	5	-	-	-	-
Fase 8	-	0.2	1	5	14	28	37	52	46	5	2	-	-	-
Fase 9	-	-	-	-	-	-	-	0.2	5	38	29	3	1	4
Fase 10	-	-	-	-	0.1	0.1	0	-	0	3	20	48	49	20
Stock	8	0.3	0	0	0	-	0	0.1	0	0.2	0	0	0	-
Total	52	52	53	53	51	52	52	52	52	51	52	51	50	24

Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

El criterio usado para determinar la cantidad referencial de mineral expuesto es un año de alimentación a planta, lo cual es equivalente a 53 Mt aproximadamente. Los menores niveles se muestran en el año 2016 y el 2023. Esto evidencia la importancia del desarrollo de la Fase 6 y la Fase 9. La criticidad de la segunda se incrementa debido a la estrategia adoptada en este ejercicio LOM que posterga el movimiento de la chancadora primaria. De este modo, la Fase 9 no cuenta con el mineral superficial cercano a la chancadora que estaba incluido en el plan LOM anterior.

Ilustración 27 Exposición de Mineral



Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

3.2.7. CALCULO DE EQUIPO DE ACARREO

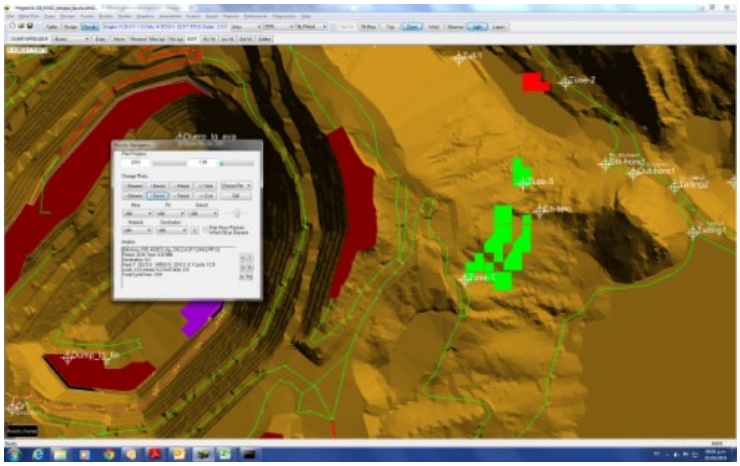
La flota de acarreo está definida de la siguiente manera y de acuerdo al plan de minado del LOM2016 que abarca hasta el 2028.

El cálculo de equipos se realiza de la siguiente manera:

Inputs del Calculo: Los inputs que recibe son las velocidades promedio para disgregar en sectores como plano y rampas, cargado y vacío, disponibilidades físicas, para equipo nuevo y en uso, factor de altitud (0.98), factor Operador (0.98), factor de carga de las diferente flotas de camión, tiempos fijo de cuadrado, cargando y descargando, con diferentes tipos de palas.

Distribución de Material: Se usa el software Minehaul, para la distribución de los materiales en diferentes botaderos, eso se realiza para mantener un perfil de camiones.

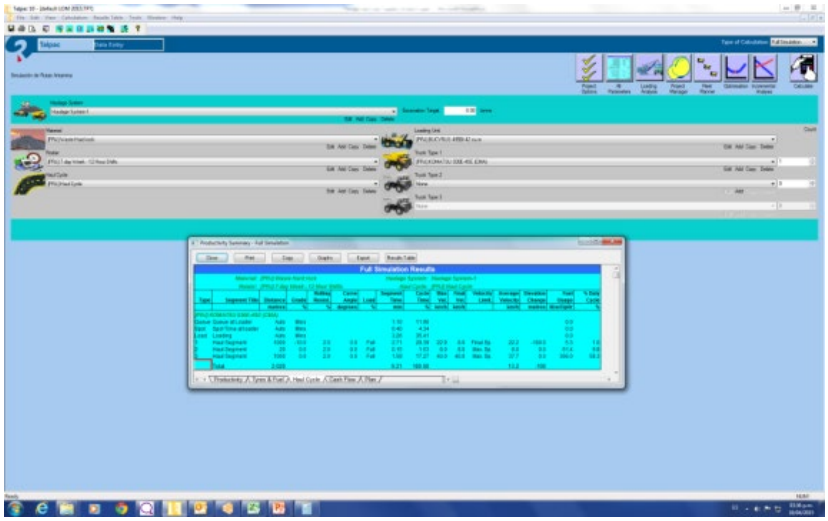
Ilustración 28 Distribución de Material con MineHaul



Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

Calculo del tiempo Variable: Una vez generada la distribución de los materiales en los botaderos, se usa las rutas empleadas para calcular el ciclo de acarreo con el software Talpac, que simula el tiempo, según las curvas rimpull y retarding, que se le ingresa al software.

Ilustración 29 Simulación de Camiones con Talpac

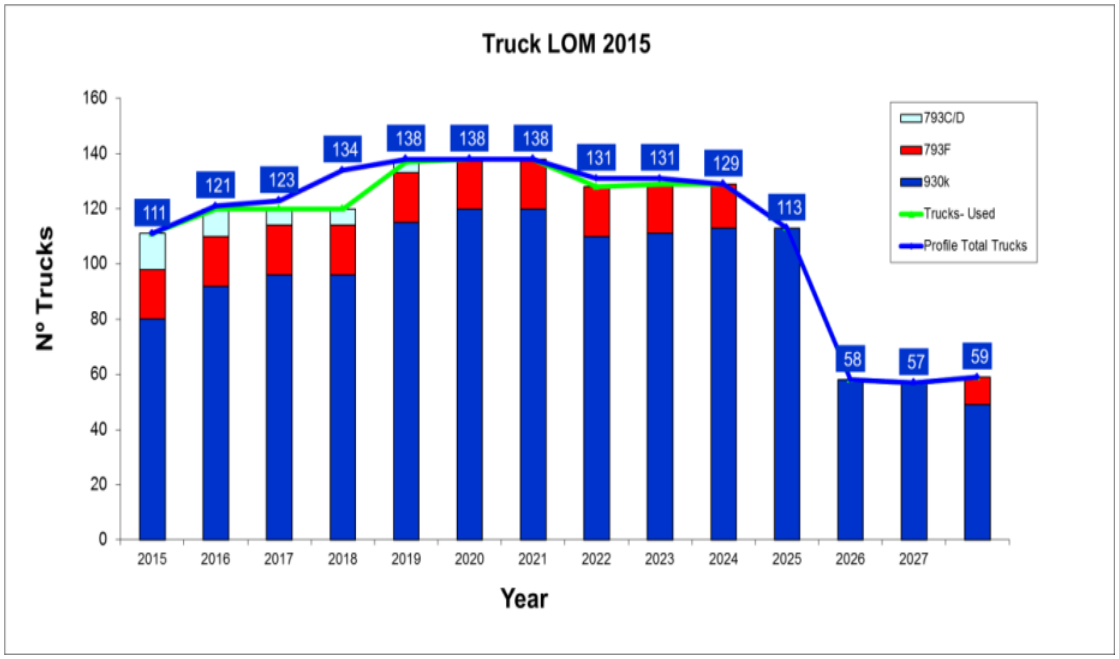


Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

Asignación de Pala y Camión: La asignación se realiza dando prioridad a las palas más grandes con los camiones mas grandes que hacen un mejor acople que son las palas P&H4100XPC con los camiones Komatsu 930E.

Número de Camiones: Para obtener el número de camiones se usa las horas acumuladas por tipo de camión, considerando en esta parte del cálculo el material remanejado, lastre de vías, material de préstamo para el dique de la presa de relaves.

Ilustración 30 Número de Camiones



Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

3.2.8. CALCULO DE EQUIPO DE CARGUIO Y AUXILIARES

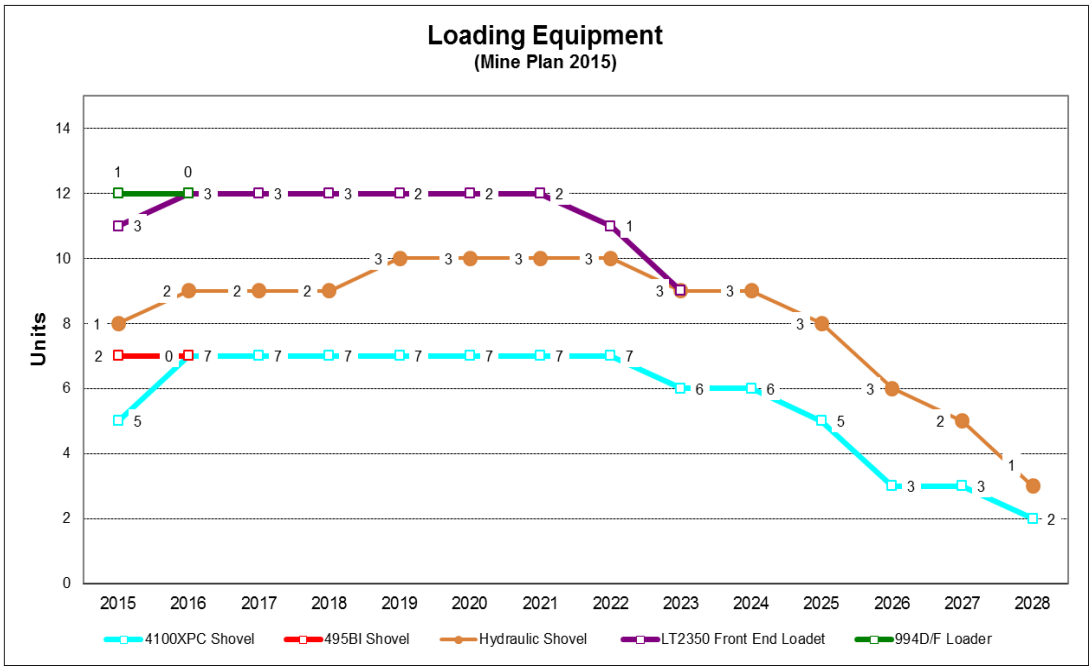
Para el cálculo de palas es en base a las toneladas que se va mover para exponer mineral a tiempo antes que la otra fase agote el mineral y las dimensiones de las fases para asignar las palas a cada fase de minado y el periodo en el que estaría minado, para la perforadoras es una consecuencia del plan de minado según los input de perforación que depende el tamaño de malla a perforar.

Tabla 17 Utilización Planeada de los equipos principales

Flota	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Palas														
P&H 4100	86.7%	86.7%	86.6%	86.5%	86.5%	86.6%	86.5%	76.7%	76.8%	78.2%	77.2%	73.9%	62.7%	55.7%
BE 495BI	84.7%													
LT 2350	83.1%	82.9%	82.8%	79.7%	79.6%	79.3%	79.1%	78.9%						
Hit 5600	85.4%	75.7%	67.3%	83.8%	69.9%	82.5%	60.1%	61.6%	58.4%	69.6%	66.1%	71.0%	84.7%	85.1%
Camiones														
CAT 793C/D	82.5%	82.0%	78.0%	79.2%	76.2%									
CAT 793F	84.4%	83.7%	83.9%	84.1%	83.0%	77.1%	62.4%	34.3%	27.3%	79.4%				77.0%
KOM 930	84.6%	84.3%	81.1%	73.7%	83.3%	84.1%	83.6%	76.7%	80.2%	82.2%	83.6%	72.4%	74.4%	83.7%
Perforadora														
DMM2	76.4%	74.8%	76.1%	75.9%	75.7%	75.4%	74.3%	75.8%	75.4%	75.1%	63.1%	67.3%	61.6%	39.9%
49HR	74.7%	75.1%	75.2%	74.2%	75.2%	75.2%	72.8%	69.5%	67.1%	73.7%	70.8%	75.3%	69.4%	57.2%

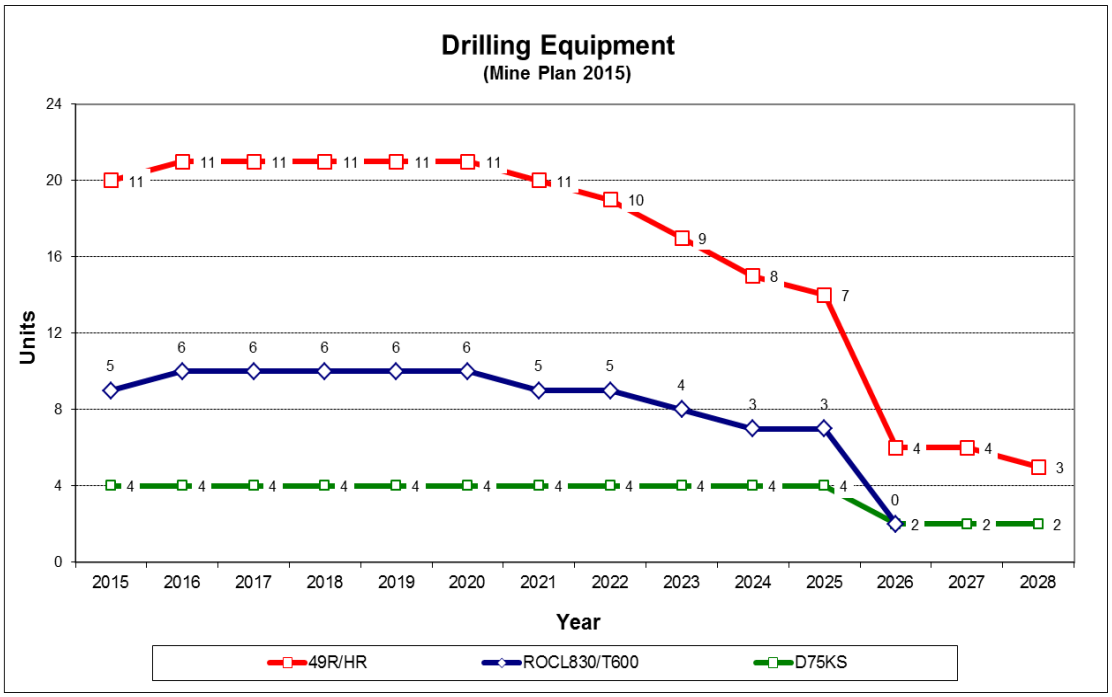
Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

Ilustración 31 Equipo de Carguío



Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

Ilustración 32 Equipo de Perforación



Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

3.2.9. EVALUACION ECONOMICA

La metodología de la evaluación empleada las suposiciones describen los flujos, estos son los precios de los metales de Cobre, Zinc, Combustible, electricidad. La tasa de descuento es de 8.03 (protocolo), incluyen los costos operativos y costos de capital.

El modelo económico del Plan LOM Optimizado 2015 es un modelo determinístico que toma en cuenta el Valor Presente Neto (NPV) de 4 tipos de flujos de caja: ingresos, costos operacionales, costos de capital e impuestos.

Las consideraciones económicas más importantes que se tomaron en cuenta para estimar los valores de cado uno de los flujos son:

- Protocolo de precio Febrero 2014, donde los valores largo plazo son:

Precio Cu:	$2.97/lb
Precio Zn:	$0.97/lb
Precio Combustible:	$0.87/litro
Electricidad:	$0.060/Kwh

- Flujos de caja en términos reales
- Tasa de Descuento: 8.03% real (Protocolo Tasa de Descuento Abril 2014)
- Fecha de Valuación: Enero 2014

El Flujo de caja de ingresos, proviene del Plan de Minado que provee los pronósticos de producción de los 6 diferentes tipos de mineral (M1, M2, M2A, M2AT, M4A, M4AT, M5, M6) con sus respectivas leyes, recuperaciones y cantidades procesadas anualmente.

A estas cifras se les aplica las condiciones comerciales como los costos de tratamiento / refinamiento y costos de flete por embarque del concentrado que provienen del Protocolo de precios de Febrero 2014, para finalmente obtener los ingresos totales.

El flujo de caja de costos operacionales, se ha seleccionado cada uno de los costos más representativos de las áreas de Mina, Concentradora, Puerto, Soporte y Mantenimiento y se han calculado los costos operativos utilizando el método de costos unitario o de benchmarking. El siguiente cuadro muestra el método utilizado en cada ítem.

Tabla 18 Clasificación de Costos Operativos

Area	Process	Subprocess	Method	Unit
MINE	Operative	Drilling	Historical Unit Rates	Prod. Parameters
		Blasting	Historical Unit Rates	Prod. Parameters
		Loading	Historical Unit Rates	Prod. Parameters
		Hauling	Historical Unit Rates	Prod. Parameters
		Pits and Roads	Historical Unit Rates	Prod. Parameters
		Crushing	Fixed Historical	US$/Milled Tons
	Mine Services & Projects	-	Fixed Historical	US$/Year
	Other Mine Costs	-	Fixed Historical	US$/Year
	Operative	Grinding	Historical Unit Rates	Prod. Parameters
		Flotation	Historical Unit Rates	Prod. Parameters
		Water System	Historical Unit Rates	Prod. Parameters
		Pipeline	Historical Unit Rates	Prod. Parameters
	Other Concentrator Costs	-	Fixed Historical	US$/Milled Tons
PORT	Operative	Port Process	Historical Unit Rates	Prod. Parameters
SUPPORT	Support Process	-	Fixed Historical	US$/Year
MAINTENANCE	Maintenance Process	-	Fixed Historical	US$/Year

Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

Para el Capex de las evaluaciones económicas se han considerado los siguientes ítems: Los montos de CAPEX que fueron considerados en el LOM 2015 se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 19 Resumen de CAPEX

Mine	US$ Million	Concentrator	US$ Million
Mine Equipment Replacement	327	Ball Mill Stator Replacement	102
Mine Equipment Additional	218	Debottlenecking 130ktpd	42
Drilling In Pit	114		
Maintenance Shop Expansion	108		
Sub Total	**767**	**Sub Total**	**144**
Projects	**US$ Million**	**Others**	**US$ Million**
Service Corridor	153	Tailings Dam	353
Water Treatment Plant	84	Mis Projects	268
Infrastructure Relocation	80	Maintenance	112
Polishing Pond	77	Project & Engineering	93
Water Management QA	58	Land Purchase	35
PEA	19		
Sub Total	**470**	**Sub Total**	**862**
		Total	**2,243**

Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

Varios proyectos fueron eliminados del Plan LOM 2014 para estar alineados con el Presupuesto 2014 y el Plan de 5 años. El OCCS ($365M) se ha retirado después de la decisión de los accionistas de esperar y revisar si el valor potencial del proyecto se puede capturar en un escenario de crecimiento. Otras principales exclusiones fueron el Programa Compra de Tierras ($245M), Expansion del Taller de Mantenimiento Fase B ($117M), Estudio de Factibilidad POP ($84M) y el Corredor de Servicios/Reubicación de Infraestructura ($67M).

En contraposición, se adicionaron algunos proyectos al LOM 2015 de acuerdo a la última información disponible a diciembre del 2013. Entre estos proyectos están la Presa de Relaves ($111M), Polishing Pond ($54M) y Planta de Tratamiento de Agua ($28M).

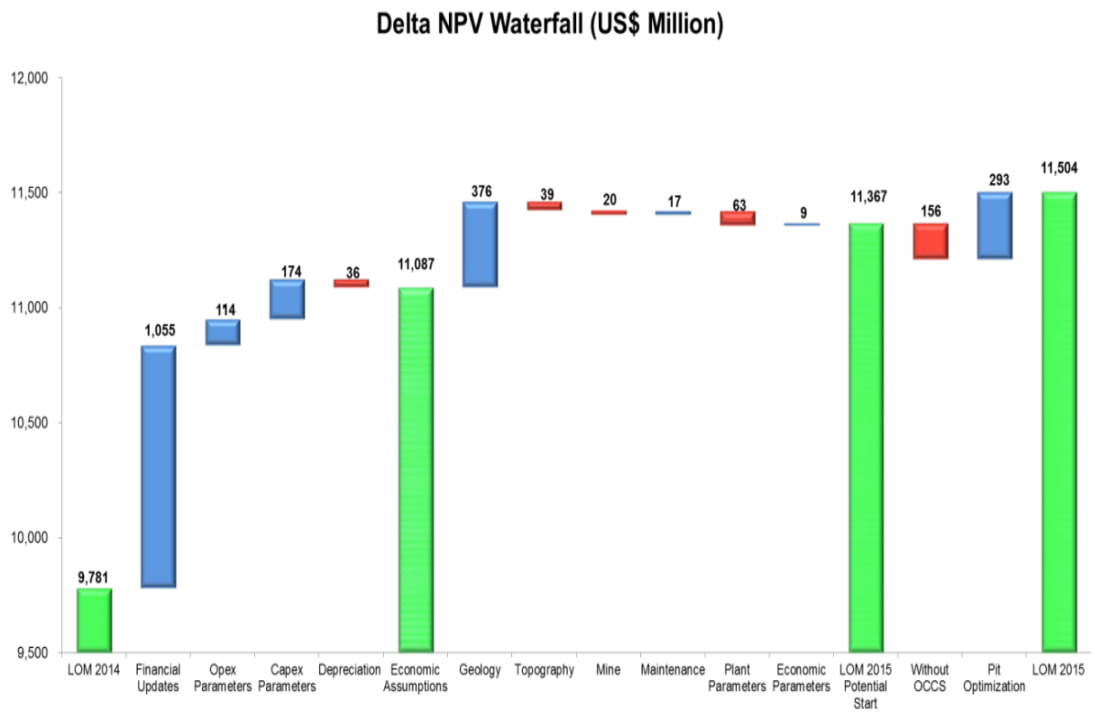
Tabla 20 Comparación del CAPEX

Projects	LOM 2014	Addition/Reduction	LOM 2015
Mine			
Mine Equipment Replacement	305	22	327
Mine Equipment Additional	260	-41	218
Drilling In Pit	149	-35	114
Maintenance Shop Expansion	225	-117	108
Mineral Crusher Relocation	365	-365	0
Sub Total	1,303	-536	767
Concentrator			
Ball Mill Stator Replacement	130	-28	102
Debottlenecking 130ktpd	20	22	42
Sub Total	150	-6	144
Projects			
Service Corridor	300	-147	153
Water Treatment Plant	56	28	84
Infrastructure Relocation	0	80	80
Polishing Pond	23	54	77
Water Management QA	79	-21	58
PEA	0	19	19
POP FS Study	84	-84	0
Sub Total	542	-72	470
Others			
Other Sustaining	521	-12	509
Tailings Dam	242	111	353
Sub Total	763	99	862
Grand Total	2,759	-515	2,243

Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

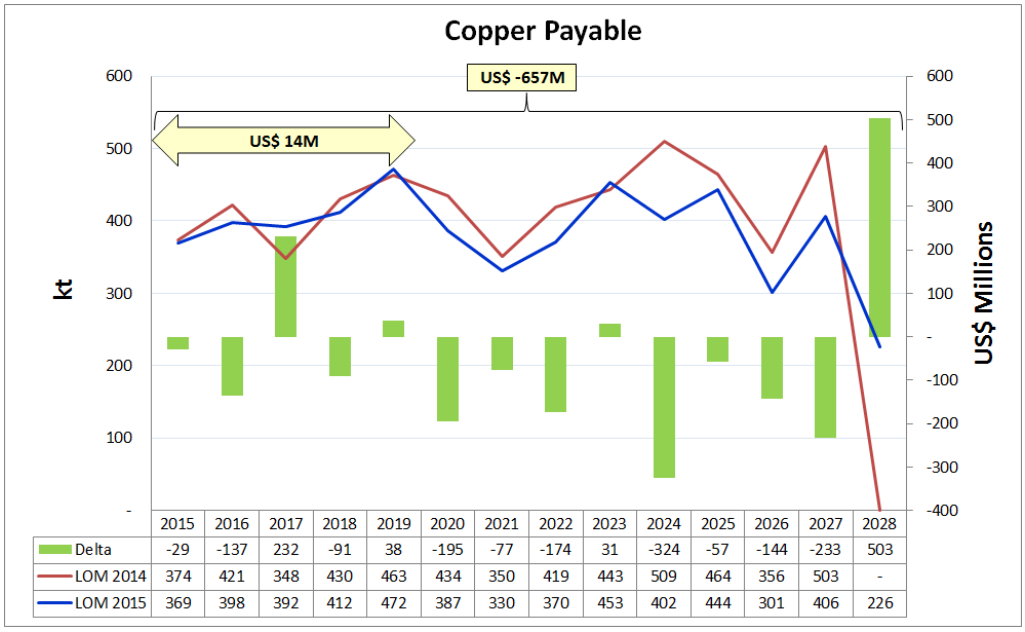
Se evalúan todos los parámetros de ingreso para revisar su efecto que puede ser negativo o positivo, asi también los casos a evaluar, diseños de fases, proyectos que aumentan la capacidad de procesamiento, aumento de reservas al incrementar capacidad de presa de relaves hasta llegar al caso final que sería el LOM.

Ilustración 33 Diagrama de cascada de las evaluaciones económicas



Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

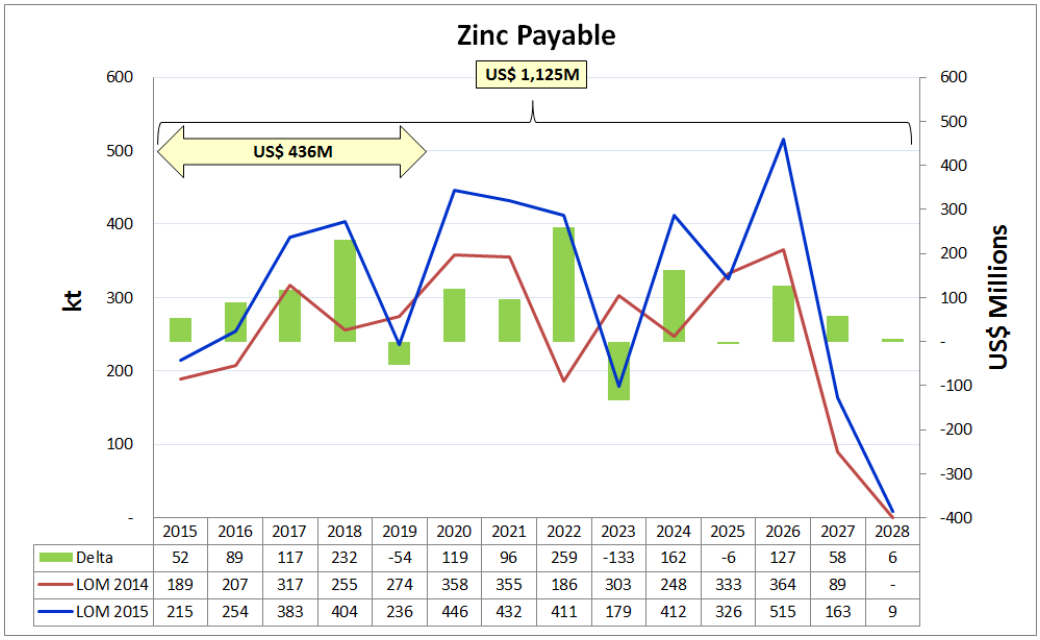
Ilustración 34 Comparación del Cobre Pagable



	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Delta	-29	-137	232	-91	38	-195	-77	-174	31	-324	-57	-144	-233	503
LOM 2014	374	421	348	430	463	434	350	419	443	509	464	356	503	-
LOM 2015	369	398	392	412	472	387	330	370	453	402	444	301	406	226

Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

Ilustración 35 Comparación del Zinc Pagable



	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Delta	52	89	117	232	-54	119	96	259	-133	162	-6	127	58	6
LOM 2014	189	207	317	255	274	358	355	186	303	248	333	364	89	-
LOM 2015	215	254	383	404	236	446	432	411	179	412	326	515	163	9

Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

3.2.10. ANALISIS DE RIEGOS

Se tiene 10 riesgos para analizar:

El riesgo n° 1 está constituido por una **reducción en la confiabilidad del sistema de chancado y transporte de mineral**, causada por el sistema operando por encima de capacidad de diseño, el desgaste de componentes, fatiga o estrés mecánico, control inadecuado del setting, poco tiempo disponible para reparaciones, evacuaciones por voladuras, corte de fajas y/o elementos inchancables que pasan a través del sistema. Esta reducción podría ocasionar un incumplimiento en el plan de producción.

El riesgo n° 2 está constituido por una **baja disponibilidad de equipos de carguío, acarreo y perforación**, causada por un retraso en el proyecto de ampliación del Truckshop, equipos que no son dados de baja en la fecha prevista, retraso en la aprobación de la compra de nuevos equipos, reducción de presupuesto para compra de componentes y make up, una perforadora asumida por el plan está dada de baja y obsoleta, fallas de producto, no considerar la parada anual de

power system de 12hrs que afecta palas y perforadoras y/o errores de estimación en disponibilidad de palas, camiones CAT y cargadores LeTorneau. Esta baja en la disponibilidad podría ocasionar un incumplimiento en el plan de producción.

El riesgo n° 3 está constituido por un **retraso en crecimiento de la presa al 4165 msnm**, causado por las dificultades que enfrentan los trabajos al haberse entregado la zona de Ishpag en usufructo a la comunidad, la interrupción de trabajos por conflictos sociales y/o las limitaciones en abastecimiento de material de relleno desde mina. Un retraso podría ocasionar una parada de planta y pérdida de producción.

El riesgo n° 4 está constituido por una ***descarga de agua no controlada***, causada por una capacidad insuficiente en los sistemas de manejo de agua, las actividades de minado que afectan las instalaciones del sistema de manejo de agua en QA, una falla en diques y lechos de pozas, la rotura de geomembranas de pozas, una falla en los equipos de monitoreo en línea, la falta de agua para dilución, el deslizamiento de talud de stockpiles adyacentes, que se minen menos de 20M Tm de stockpiles, condiciones climáticas adversas, error humano en la operación o sabotaje. Una descarga no controlada podría ocasionar conflictos sociales, contaminación ambiental con impacto en flora y fauna, multas y sanciones, gastos de remediación y compensación, deterioro de la imagen institucional y/o litigios judiciales.

El riesgo n° 5 está constituido por el ***no alcanzar el nivel de recuperación metalúrgica esperado***, lo que podría ser ocasionado por la carencia de un modelo geometalúrgico, la presencia de óxidos y minerales transicionales no cuantificados, el uso de cobre total en el modelo en lugar de cobre disponible, la imprecisión de las ecuaciones empleadas para minerales de baja ley y/o la alta variabilidad en la ley de cabeza de cobre. Esto generaría pérdida de producción.

El riesgo n° 6 está constituido por una ***escasez de mineral expuesto***, debido a una dependencia prolongada de una única fase, retrasos en el desbroces y/o la cancelación del Proyecto OCCS. Esto ocasionaría pérdida de producción.

El riesgo n° 7 está constituido por una ***alta complejidad en la interacción de fases***, producto de fases activas adyacentes y compartiendo accesos. Ello podría ocasionar accidentes e incumplimiento del plan de producción.

El riesgo n° 8 está constituido por un ***retraso en el desarrollo de fase 9***, causado por conflictos sociales por impacto en Laguna Condorcocha, conflictos sociales por impactos en pobladores de Llaquir, derrumbes o inestabilidad de taludes en la fase y/o invasión de terrenos aledaños a áreas de minado por terceros. Este retraso generaría incumplimiento del Plan de Producción.

El riesgo n° 9 está constituido por una ***sobre estimación en el modelo de reservas empleado para el LOM***, causada por una estimación errónea del modelo de recursos, supuestos económicos erróneos, imprecisión o carencia de ecuaciones metalúrgicas, falta de incorporación en el modelo del efecto de las prácticas actuales operacionales del proceso en Antamina y/o la existencia de estructuras delgadas de mineral que no son minadas. Esta sobrestimación podría ocasionar incumplimiento del Plan de Producción.

El riesgo n° 10 está constituido por una ***falla del túnel de mineral***, causada por el minado de fases cercanas al túnel (5, 7 y 11), la aparición de fracturas o grietas, presión hidrostática en las paredes del túnel, relajación de esfuerzos naturales en las paredes del túnel, y/o vibraciones de tránsito y voladura. Una falla del túnel ocasionaría fatalidades, daño a la propiedad, pérdida de producción y deterioro de la imagen de la empresa.

A continuación se muestra un resumen del registro de riesgos, en el que se aprecian los valores de severidad, probabilidad, nivel de riesgo residual y MPE financiero, asignados producto del análisis:

Ilustración 36 Los 10 Riesgos asociados al LOM

N°	Riesgo	SEV	POS	NRR	MPE ($M)
1	Reducción en la confiabilidad del sistema de chancado y transporte de mineral	30	0.3	**9**	96
2	Baja disponibilidad de equipos de carguío, acarreo y perforación	10	3	**30**	
3	Retraso en crecimiento de la presa al 4165 msnm	100	0.3	**30**	550
4	Descarga de agua no controlada	30	3	**90**	96
5	No se alcanza el nivel de recuperación metalúrgica	30	3	**90**	45
6	Escasez de mineral expuesto	10	1	**10**	47
7	Alta complejidad en interacción de fases			**0**	
8	Retraso en el desarrollo de fase 9	30	1	**30**	297
9	Sobre estimación en el modelo de reservas empleado para el LOM		3	**0**	
10	Falla del túnel de mineral	30	0.3	**9**	992

Fuente: Elaboración propia, en base al Reporte del LOM2015

CAPITULO IV
MÉTODO PARA SELECCIONAR EQUIPOS DE ACARREO SIGUIENDO LA GUIA DEL PMBOK

CAPITULO IV

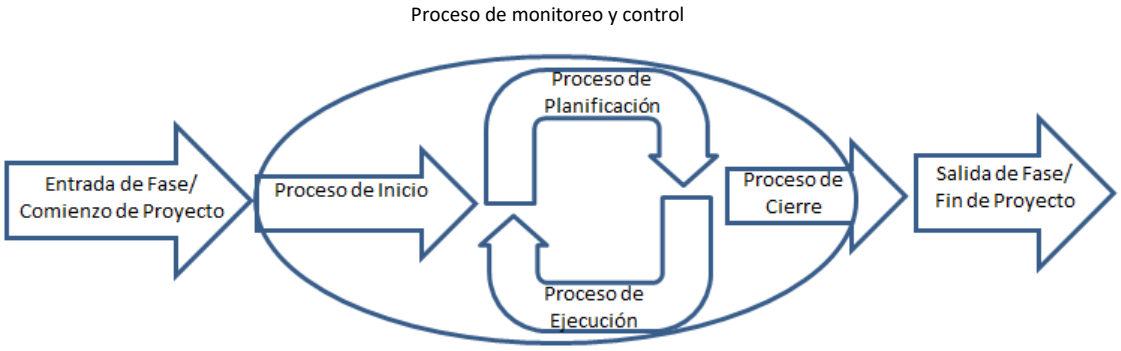
MÉTODO PARA SELECCIONAR EQUIPOS DE ACARREO SIGUIENDO LA GUIA DEL PMBOK

La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto. Se han agrupado de manera lógica, categorizados en cinco grupos de procesos son: Inicio, Planificación, Ejecución, Monitoreo-Control y Cierre.

Los procesos de la dirección de proyectos se presentan como elementos diferenciados con interfaces bien definidas. Sin embargo en la práctica se superponen y actúan uno sobre otros de múltiples formas.

La naturaleza integradora de la dirección de proyectos requiere que el grupo de procesos de monitoreo y control y el resto de grupos de procesos ejerzan acciones uno sobre los otros de manera recíproca.

Ilustración 37 Procesos de la dirección de Proyectos

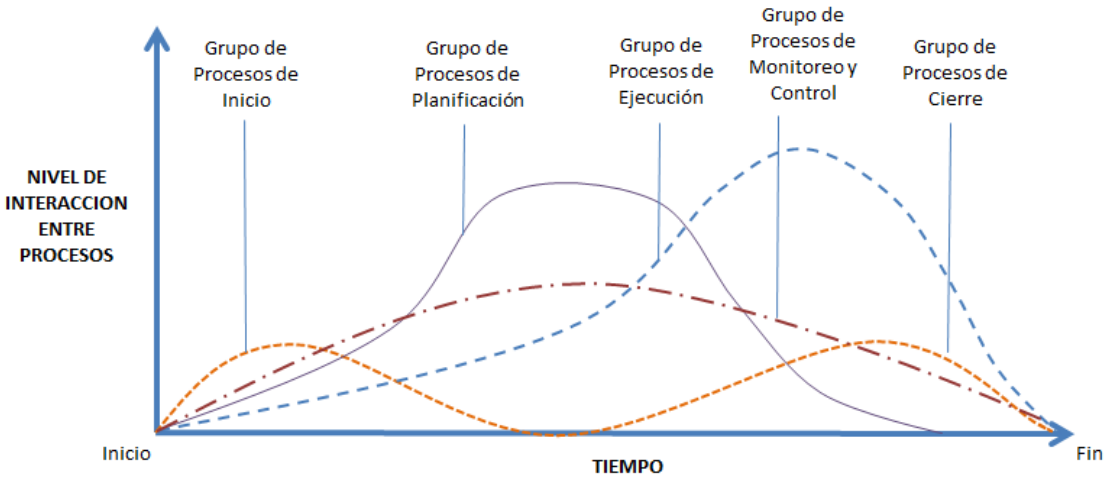


Fuente: Elaboración propia, en base al PMBOK

Los grupos de procesos de la dirección de proyectos se vinculan entre sí a través de la salida que producen. Los grupos de procesos rara vez son eventos discretos o únicos, son actividades superpuestas que tienen lugar a lo largo del proyecto. La salida de un

proceso normalmente se convierte en la entrada para otro proceso o constituye un entregable del proyecto.

Ilustración 38 Interacción de grupos de procesos



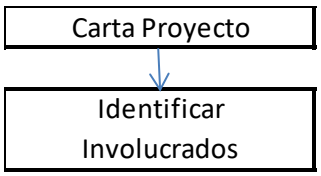
Fuente: Elaboración propia, en base al PMBOK

El proyecto inicia cuando los representantes del accionista indican poner a prueba camiones de más capacidad que las actuales, por lo que se evalúa tener un camión Caterpillar 797F a prueba por un año en las operaciones, para ello se revisó los accesos, transito, bahías, grifos, etc., para ser posible ingresar en el acarreo si ningún problema.

4.1. Proceso de Inicio

El esquema presenta los procesos involucrados y su relación o dependencia:

Ilustración 39 Flujo Proceso de Inicio



Fuente: Elaboración propia, en base al PMBOK

4.1.1. Definición

Aquellos procesos realizados para definir un nuevo proyecto o nueva fase de un proyecto existente al obtener la autorización para iniciar el proyecto o fase.

4.1.2. Procesos

El inicio del proyecto comprende dos procesos:

- Desarrollar la carta del proyecto:

  Autoriza el proyecto, indicando requerimientos iniciales, necesidades y expectativas de los involucrados. Permite designar al líder del proyecto y darle autoridad para utilizar recursos de la organización.

  Dentro de los formatos, técnicas y herramientas se tiene la carta del proyecto, en este documento se indica (Anexo A. Carta del Proyecto).

  Nombre del proyecto y líder

  Resumen del proyecto: Porque se hace (¿Qué se pretende con la iniciativa?; en que consiste (¿Qué se quiere lograr con el proyecto?

  Necesidad del negocio que se desea satisfacer: fin que se persigue que puede estar relacionado con satisfacer una necesidad, atender un problema, aprovechar una oportunidad o atender una exigencia.

  Breve descripción del proyecto y sus entregables: se indican a nivel gerencial los entregables agregados los proyectos, velocidades, productividades, disponibilidades y utilización.

  Los procesos del PMI a tener en cuenta en la gestión.

  Los recursos humanos y logísticos asignados.

  Los criterios de aceptación del proyecto: definidos por la validación.

- Identificación involucrada.

Identificar las personas u organizaciones impactadas y documentar información relevante acerca de sus intereses, involucramiento e impacto en el éxito del proyecto. Es fundamental identificar, documentar y conciliar las expectativas de los involucrados, ya que es responsabilidad del equipo, desde el inicio aclarar cuales expectativas se pueden cumplir y cuales son realistas.

En los interesados clave se pueden incluir:

Tabla 21 Identificación de Involucrados

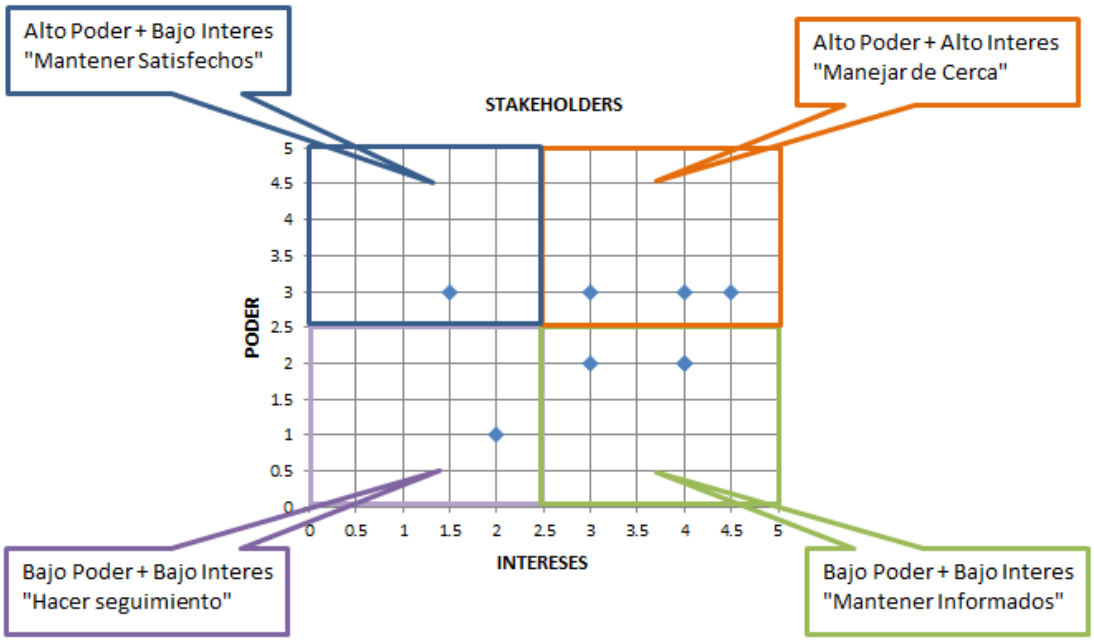
ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Individuos de organización, empleados y gerencia.
2	Tomadores de decisiones
3	Individuos de la marca

Fuente: Elaboración propia, en base al PMBOK

La herramienta utilizada es el análisis de involucrados que consiste en sistemáticamente analizar información cuantitativa y cualitativa para determinar los involucrados cuyo interés deben ser tenidos en cuenta en la ejecución del proyecto, siguiendo las siguientes pasos: 1. Identificar todos los involucrados y sus información relevante, tal como roles, intereses, niveles de conocimiento, expectativas y niveles de influencia. 2. identificar el impacto potencial que cada involucrado podría generar y clasificarlo para definir una estrategia de aproximación.

Dentro los formatos se tiene la matriz de identificación de involucrados, documento que indica para cada uno de los involucrados, el nivel de impacto, la descripción del impacto, la expectativa y la acción a seguir por parte del equipo de proyecto para cumplir con esa expectativa. Los involucrados se califican por poder o interés y se clasifican en alguno de los cuatro cuadrantes que permite identificar el tipo de estrategia a seguir con cada uno.

Ilustración 40 Planes de Acción con Involucrados

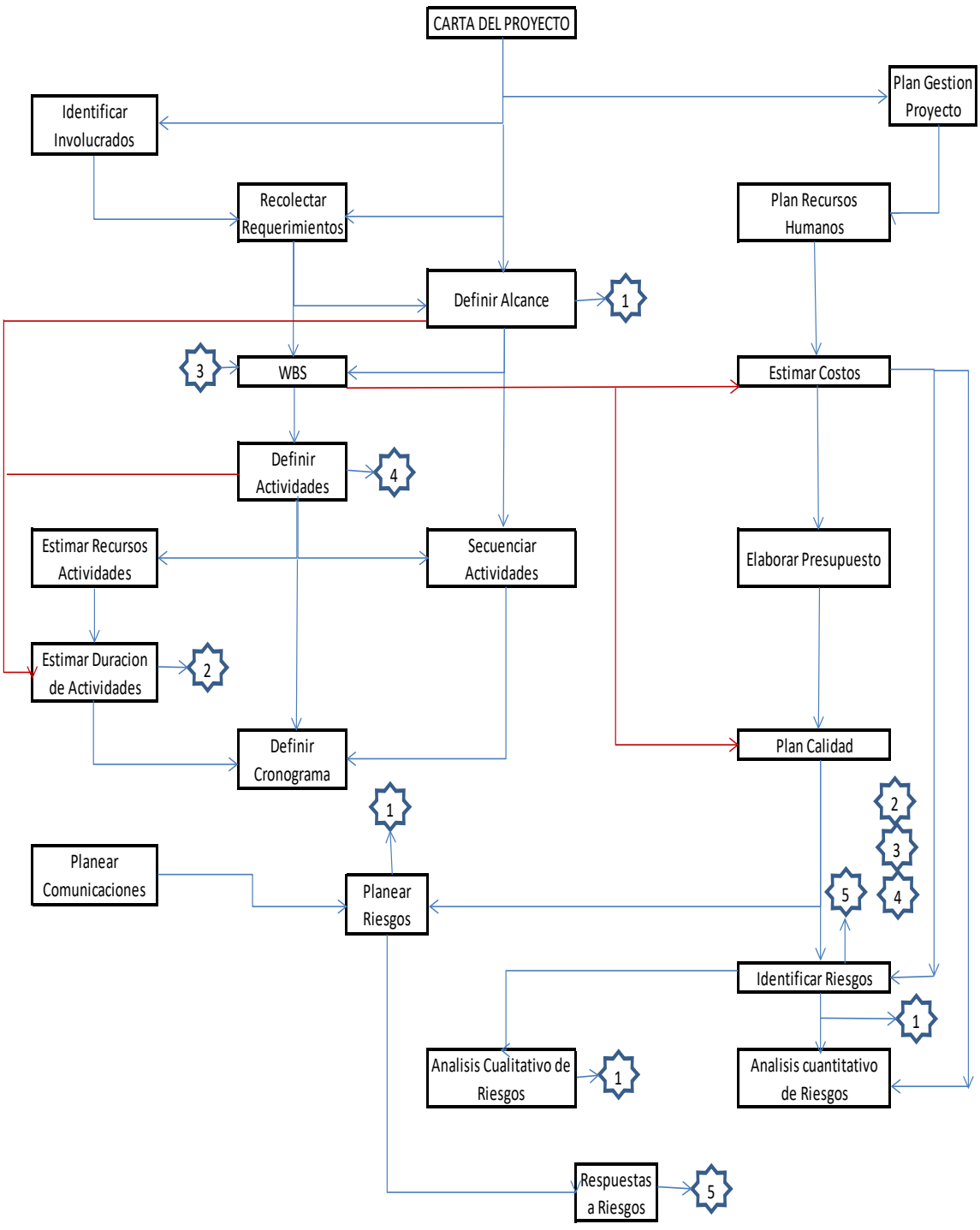


Fuente: Elaboración propia, en base al PMBOK

4.2. PROCESO DE PLANIFICACION

Aquellos procesos requeridos para establecer el alcance del proyecto, refinar los objetivos y definir el curso de acción requerido para alcanzar los objetivos propuestos del proyecto. El esquema presenta los procesos involucrados y su relación o dependencia y se identifican los procesos de entrada de otros grupos de procesos.

Ilustración 41 Flujo del Proceso de Planeación



Fuente: Elaboración propia, en base al PMBOK

4.2.1. Definición

Establecer el alcance, refinar los objetivos, y definir el curso de acción requerido para obtener los objetivos del proyecto. El Gerente del Proyecto en nuestro caso el líder del proyecto y su equipo elaboran el Plan de Gestión y determinan cuales procesos del PMBOK son apropiados a las necesidades del proyecto.

4.2.2. Procesos

La Planeación de proyectos comprende veinte procesos:

Elaborar el plan de gestión del proyecto

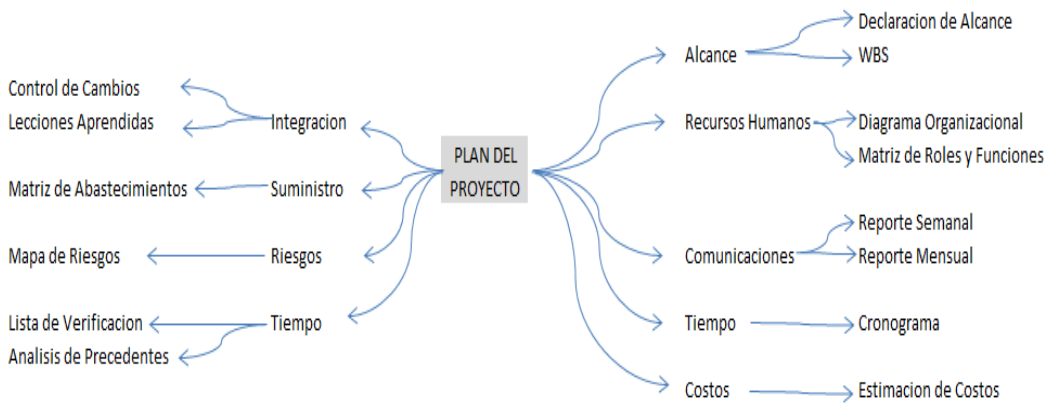
Define como será planeado ejecutado, monitoreado, controlado y cerrado el proyecto, documentado las acciones necesarias para definir, preparar, integrar y coordinar todos los planes subsidiarios; sirve de guía para la ejecución y control; establecer el estándar sobre el cual evaluar el éxito del proyecto; facilitar la comunicación entre los involucrados.

El Plan de Gestión contiene:

- Gestión de Alcance: Línea Base de alcance, enunciado de alcance, WBS.
- Plan de Gestión
- Plan de Tiempo: Línea Base de tiempo y lista de hitos.
- Plan de Gestión de Costos: Línea Base de costo.
- Plan de Gestión de Calidad: Plan de mejoramiento de proceso.
- Plan de Gestión de Recursos Humanos: Matriz de roles y funciones.
- Plan de Gestión de Comunicaciones
- Plan de Gestión de Riesgos: Registros de riesgos.
- Plan de Gestión de Suministro: Lista y calendario de recursos.
- Gestión de Integración: Control de cambios y lecciones aprendidas.

Un proyecto no puede iniciar sin la aprobación formal del Plan de Gestión, el cual es progresivamente elaborado y actualizado por medio del control integrado de cambios. Para desarrollar el Plan de Gestión se parte de la carta del proyecto, se elabora la definición del alcance, se integra el WBS y se integran los planes subsidiarios antes indicados (Anexo C. Mapa Mental Plan de Gestión de Proyectos).

Ilustración 42 Mapa Mental Plan de Gestión de Proyectos



Fuente: Elaboración propia, en base al PMBOK

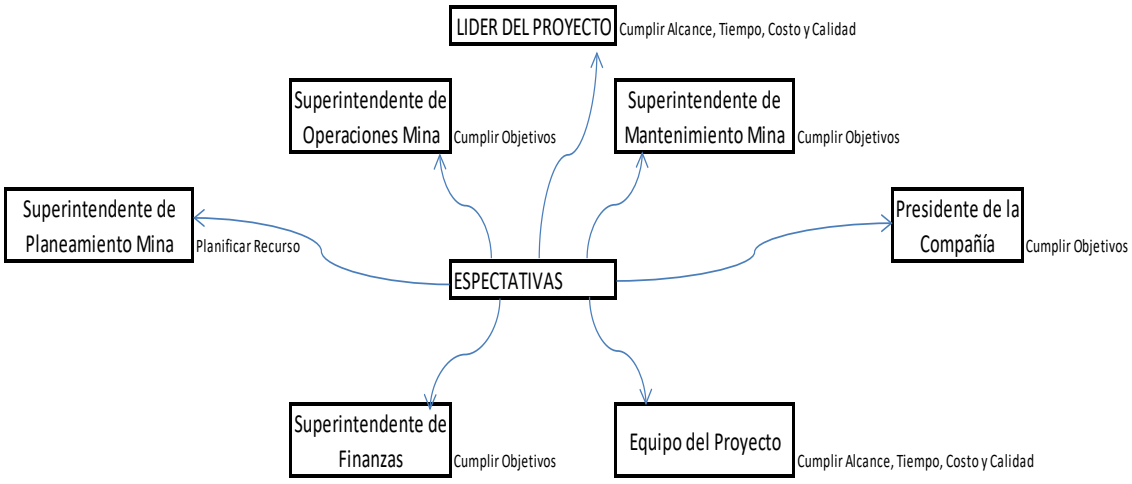
Determinar requerimientos

Definir y documentar las necesidades para satisfacer las expectativas del sponsor, clientes y demás involucrados. Estos requerimientos deben ser suficientemente específicos, analizados y registrados como detalles para ser medidos una vez el proyecto inicial. El Gerente del Proyecto puede facilitar la resolución de requerimientos contradictorios aceptando aquellos que mejor cumplan con: Carta del Proyecto, Enunciado del Alcance y Restricciones.

Como herramienta se tiene:

- Entrevista a los participantes, involucrados o expertos para identificar requerimientos.
- Técnicas de tomas de decisiones en grupo: proceso de evaluación de múltiples alternativas que puede ser usada para generar, clasificar y priorizar requerimientos del producto.

Ilustración 43 Determinar Requerimientos



Fuente: Elaboración propia, en base al PMBOK

Definir Alcance

Desarrollar una descripción detallada del proyecto y el producto, asegurando que incluya todo el trabajo requerido y solo el trabajo requerido. Un enunciado detallado del alcance es crítico para el éxito del proyecto y permite una mejor definición de entregables, suposiciones y restricciones que son documentadas durante el inicio. Permite asegurar que el cliente, el patrocinador y el equipo confirmen como serán los entregables al proyecto.

Como herramienta se tiene:

- Análisis del Producto: Consiste en traducir los objetivos en productos entregables y requerimientos (necesidades, deseos y expectativas de involucrados) tangibles.
- Identificación de alternativas: analizar diferentes técnicas para lograr los objetivos.
- Análisis de involucrados: Selecciona, prioriza y cuantifica las necesidades, deseos y expectativas para crear requisitos.

Enunciado de Alcance: la plantilla contienen (Anexo D. Enunciado de Alcance del proyecto).

- Justificación del Proyecto: necesidad del negocio a satisfacer y los beneficios esperados.
- Descripción del producto: indica que contempla la ejecución del proyecto.
- Entregables del Proyecto: deben ser específicos, medibles, acordados, realistas y en tiempo establecido.
- Objetivos: cuales son los indicadores de éxito.
- Costo Objetivo: presupuesto base aprobado.
- Cronograma Objetivo: fechas de inicio y fin programados.

EL proyecto cuentan con diseños previos realizados normalmente por la áreas de planificación de las empresas y un primer paso para la definición del alcance, consiste en realizar un replanteo al proyecto en el que participan tanto las áreas que realizaron el diseño como las áreas que van a ejecutar el proyecto con el fin de que punto por punto se verifique y defina si es posible cumplir con lo requerido en el diseño o si se deben hacer cambios. Los cambios acordados conjuntamente deben ser formalizados a través del comité de control de cambios. A continuación se presenta en extracto de la información detallada a nivel de nodo de los trabajos requeridos, indicándose el tipo de norma a realizar y su cantidad. El agregado de estos nodos por proyecto, permite definir el alcance total de cada proyecto e indicar solo que trabajo está contemplado y cual no.

Crear EDT (Estructura de Desglose de Trabajo)

Subdividir los principales entregables y el trabajo en componentes más pequeños y manejables, que se pueden asignar a una persona o empresa responsable, se puede programar, costear y monitorear.

Como herramienta se tiene:

- Planillas, formatos, estándares: La EDT de un proyecto anterior y similar en alcance puede usarse como plantillas.
- Descomposición, consiste en la subdivisión progresiva del proyecto en componentes más pequeños y manejables hasta llegar nivel de paquete de trabajo, generalmente implica las siguientes actividades:
    - Identificar y analizar los entregables y trabajo relacionado.

- Estructurar y organizar la EDT.
- Descomponer los niveles inferiores más detallados.
- Desarrollar y asignar código de identificación a los componentes de la WBS.
- Verificar que el grado de descomposición del trabajo es necesario y suficiente.

El trabajo definido a nivel de nodo, se muestra por proyecto y por tipo de actividad y los nodos se agregan a nivel de paquete de trabajo, se codifica cada paquete de trabajo y se definen fechas de inicio y fin para cada uno. (Anexo E. Estructura de Desglose de trabajo).

Definir actividades

Identificar las actividades específicas que necesitan ser realizadas para producir los entregables del proyecto.

- Plantillas, formatos, estándares: las actividades de un proyecto anterior y similar en alcance puede usarse como plantilla para uno nuevo.
- Descomposición: consiste en la subdivisión progresiva del proyecto en componentes más pequeños y manejables hasta que el trabajo y los entregables estén definidos a nivel de actividad.

Para cada uno de los paquetes de trabajo se determinan las actividades que lo componen de manera que el paquete de trabajo, está conformado por actividades de solicitud y retiro, programación de equipos, ejecución del trabajo y verificación de alcance (Anexo Z. Estructura de desglose de trabajo).

Secuenciar actividades

Documentar las dependencias (predecesoras y sucesoras) y relaciones entre las actividades del proyecto. Se centra en organizarlas en el más eficiente y efectivo orden.

Como herramienta se tiene el diagrama de precedencias que muestra las actividades en cuadros con flechas conectadas. Un nodo de entrada y uno de salida.

- Fin a Inicio: El inicio de la actividad sucesora depende de la culminación de la predecesora.

- Fin a Fin: La culminación de la actividad sucesora depende de la culminación del predecesora.
- Inicio a Fin: la culminación de la actividad sucesora depende del inicio de la predecesora.

Se presentan tres tipos de precedencias: Mandatorio, cuando la restricción debe cumplirse, discrecional, cuando la restricción no se obligatoria; externa, al equipo o la organización (Anexo I. Secuenciar Actividades).

Las actividades definidas por paquetes de trabajo se organizan en secuenciar lógica de ejecución, teniendo en cuenta los tipos de dependencias entre actividades las precedencias.

Estimar recursos de las actividades

Define los tipos y cantidades de recurso para cada actividad, luego se agregan para obtener los estimados para el paquete de trabajo. Obtiene Resource Breakdown Structure que es la estructura jerárquica del recurso identificado, organizado por categoría y tipo de recursos.

Como herramienta se utiliza índices de producción (rendimiento) y costos unitarios actualizados, se parte del histórico de los camiones actuales en producción, colocándolos en la misma ruta para compararse con su producción así como el costo unitario.

Estimar duración de las actividades

Determinar el número de periodos de trabajo requerido para completar las actividades individuales, teniendo en cuenta el alcance de trabajo, los tipos de recursos, requeridos, la cantidad de recursos estimados y la disponibilidad de recursos en el tiempo.

Como herramienta se tiene:

- Estimar análoga: usa parámetros tales como la duración, talla, peso y complejidad de proyectos previos similares, como base para estimar los mismos parámetros o medidas de proyectos futuros.

Elaborar el cronograma

Analizando la secuenciación de actividades, duraciones, requerimientos de recurso y restricciones de programación, se genera el cronograma del proyecto. Se determinan las fechas de inicio y fin, para cada una de las actividades y por tanto para el proyecto, determinado el cronograma modelo y sobre este, el gerente del proyecto realiza varios cálculos y análisis de alternativas.

Como herramienta se tiene el método de ruta critica que consiste las interrelaciones entre actividades y programación de costos y recurso y refleja la serie de actividades que determinan la ruta mas larga para determinar el proyecto que esta compuesta por actividades criticas ya que si alguna se retrasa, el proyecto se retrasa (Anexo J. Cronograma del Proyecto).

Con base en los trabajos requeridos por nodo y la agrupación de nodos a nivel de paquete de trabajo, se genera con el detalle requerido en el sistema de información el cronograma del proyecto.

Estimar Costos

Determinar una aproximación de los recursos monetarios necesarios para completar las actividades del proyecto. Se estiman los costos de todo el recurso: mano de obra, materiales, equipos, servicios y suministros.

Curva S es la línea base de costos, para construirla se utiliza el esquema de recurso y los costos de los recursos.

Como herramienta se tiene estimada de costos que consiste en calcular los costos que sirve de soporte para desarrollar el presupuesto base, incluye WBS, unidades, cantidades, precios unitarios (Anexo K. Estimado de Costos).

Para la estimación de costos basta con partir de los componentes unitarios de cada norma de constructiva y de acuerdo con su composición en materiales, mano de obra y demás recursos, adicionar el costo unitario de cada componente.

Determinar Plan de Calidad

Identificar los requerimientos de calidad y estándares y documentar como el proyecto demostrara cumplimiento. El equipo debe identificar cuales específicamente de calidad aplican, como se van a satisfacer, que trabajo se requiere para satisfacer los estándares y como se realizaran las mediciones para estar seguros de que se satisfacen los estándares.

La administración de calidad reconoce la importancia de:

- Satisfacción del cliente: entender, manejar e influir las necesidades para satisfacerlas y alcanzar o superar las expectativas del cliente, lo que implica que el proyecto debe producir lo que se dijo que haría y que el producto debe satisfacer las necesidades reales.
- La prevención es preferible a la inspección: el costo de prevenir errores, como la no identificación de datos erróneos o no revisar los cálculos, siempre es menos que el costo de corregirlos.
- Responsabilidad de la administración: el éxito requiere de la participación de todos los miembros del equipo y la administración debe proveer el recurso necesario para el éxito.

Como herramienta se tiene:

Establecer precedentes: una forma de definir los requerimientos de calidad de un determinado producto es comparándolo con los otros productos semejantes.

Diagrama de causa efecto con lista de verificación, permite identificar todas las actividades necesarias para lograr satisfacer los requerimientos de calidad establecidos, también permite identificar la causa raíz de los problemas de calidad y tomar la acción correctiva necesaria para la mejora continua (Anexo L. Diagrama causa efecto con lista de verificación).

Elaborar el Plan de Recursos Humanos

Identificar y los roles, responsabilidad y habilidades requeridas así como las relaciones de dependencias. Los miembros de equipo deben conocer que paquetes de trabajo y actividades deben hacer, que informes deben presentar, que reuniones deben atender y que otros trabajos deben realizar en el proyecto. En este proceso se generan algunos documentos como:

- Roles y responsabilidades.
- Organigrama.
- Identificación de necesidades de entrenamiento.
- Estrategias de construcción de equipos de trabajo.
- Planes de reconocimiento y recompensa.

Como herramienta se tiene:

- Diagrama organizacional: representación gráfica que permite definir la línea de autoridad, la dependencia organizacional y la toma de decisiones; para su elaboración se incluyen personas, dependencias, organizaciones internas y externas involucradas, directicos, ejecutores y orden jerarquico de las organizaciones involucradas y personas a cargo (Anexo F. Diagrama Organizacional).
- Matriz de roles y funciones: confirmar con los involucrados clave donde se requiere que se apliquen sus conocimientos y habilidades; esta herramienta se basa en el WBS y permite integrar a los involucrados y asegurar la adecuada distribución de roles y funciones (Anexo G. Matriz de Roles y Funciones).

Elaborar Plan de Comunicaciones

Determinar las necesidades de información de los involucrados del proyecto. Esto incluye que debe ser comunicado, a quien, cuando, cada cuanto, en que formato, que información, con que método y con que frecuencia.

La administración de comunicaciones busca lograr una comunicación efectiva (información suministrada en el formato correcto, a tiempo y con el impacto requerido) y eficiente entre los involucrados y asegurar la oportuna y apropiada generación, recolección, archivo y disposición final de la información del proyecto.

Como herramienta se tiene:

- Análisis de requerimientos de comunicaciones: determinar las necesidades de información de los involucrados combinando los tipos y formatos de información necesarios con el análisis del valor de información.

- Tecnología de comunicación: las mitologías usadas para transmitir información entre los interesados, pueden variar significativamente, entre los factores de tecnología de la comunicaciones que pueden afectar el proyecto se incluyen: urgencia de la necesidad de la información; disposición de la tecnología; personal previsto; duración y entorno del proyecto.
- Modelos de comunicación: quien envía es responsable de generar información clara y completa y que el receptor la reciba correctamente y confirme que fue entendida. Los componentes claves del método incluyen: codificación, mensaje y retroalimentación, medio, ruido, decodificación.

Para el proceso de planeación de las comunicaciones se gestionan dos plantillas:

Matriz de comunicaciones: mantener informados a los involucrados y asegurar una comunicación efectiva, incluyendo la lista de reporte de avance y contenidos, documentos de planeación relevantes, lista y periodicidad de la distribución, medio de distribución, responsable y emitir el reporte (Anexo H. Matriz de Comunicación).

Elaborar Plan de Gestión de Riesgos

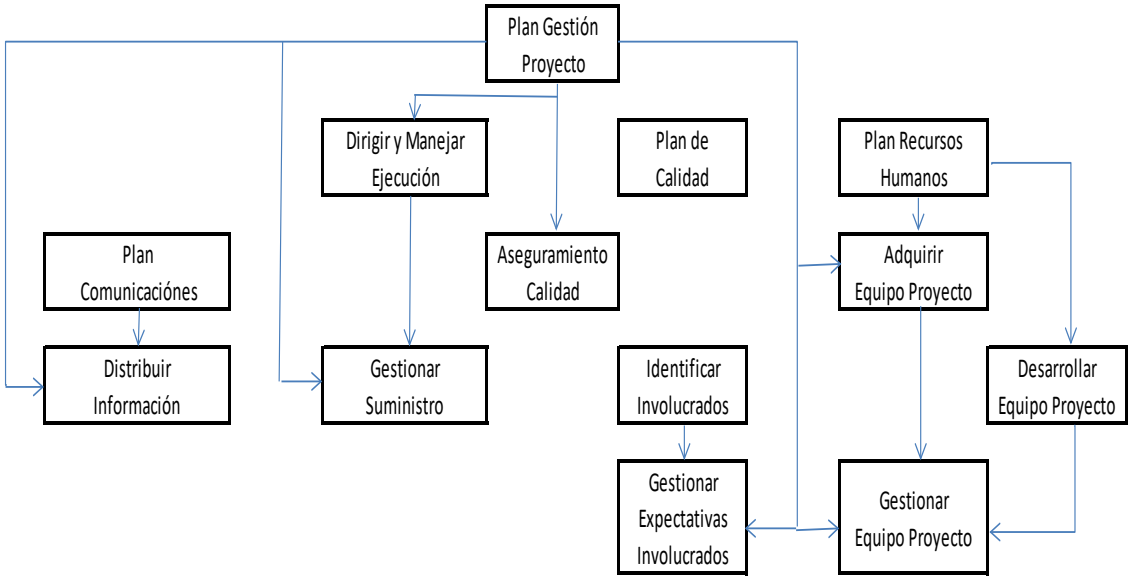
Planear como identificar, catalogar, clasificar y direccionar los problemas de riesgos, decidiendo como aproximarse, planear y ejecutar las actividades de gestión de riesgos. El plan de gestión de riesgos debe contener metodología, roles, responsabilidades, presupuesto, oportunidad, categorías, definición de probabilidad e impacto, tolerancia de las partes interesadas, formas de reporte y seguimiento.

Como herramienta se tiene las reuniones de planeación y análisis, los elementos de costos y las actividades de cronograma de la administración de riesgos, se desarrollan para incluirlos en el presupuesto aprobado y cronograma de proyecto respectivamente. Se designan las responsabilidades de la gestión de riesgos. Se desarrollan los formatos organizacionales generales para la categorización de riesgos, definición de términos tales como niveles de riesgos, probabilidad por tipo de riesgo, impacto por tipo de objetivo y la matriz de probabilidad e impacto (Anexo L. Matriz de probabilidad de Impacto).

4.3. PROCESO DE EJECUCION

El esquema presenta los procesos involucrados y su relación o dependencia, además se resaltan los procesos de otros grupos de procesos que son entradas.

Ilustración 44 Flujo de Procesos de Ejecución



Fuente: Elaboración propia, en base al PMBOK

4.3.1. Definición

Procesos realizados para completar el trabajo definido en el Plan de Gestión para satisfacer las especificaciones del proyecto. Envuelve la coordinación de personas y recursos, así como la integración y ejecución de actividades de acuerdo con el Plan de Gestión. Durante la ejecución del proyecto, los resultados pueden requerir actualización de la planeación y revisión de las líneas base, producto de cambios en la duración esperada de actividades, cambios en la productividad y disponibilidad de recursos y anticipados.

4.3.2. Procesos

La ejecución de proyectos comprende ocho procesos:

Dirigir y Gestionar la Ejecución del Proyecto

Gestionar personal para realizar el trabajo e implementación los cambios aprobados y dirigir las interfaces técnicas y organizacional existentes para ejecutar el trabajo definido en el Plan de Gestión para obtener los objetivos del proyecto.

Como herramienta se tiene: La supervisión de la oficina (Seguimiento al avance del cronograma, revisión de los resultados, recepción de la información y proporcionar herramientas para análisis) y en el campo con visitas periódicamente (Revisión de los procedimientos para el mantenimiento, procedimiento en las rutas de acarreo y revisión de la información), para garantizar la correcta información recolectada, se tiene un reporte tanto por la empresa de Caterpillar que se verificara periódicamente con nuestro personal de la mina.

Realizar Aseguramiento de Calidad

Auditar los requerimientos de calidad y los resultados de las mediciones de control de calidad para asegurar los estándares apropiados y las definiciones de operaciones a ser utilizadas. Permite validad la calidad de las actividades para asegurar que el proyecto emplea todas las políticas, estándares, procedimientos y procesos necesarios para satisfacer los requerimientos.

Como herramienta se tiene: Inspección del trabajo que fue hecho correctamente y consiste en medir, examinar y verificar si los productos entregables cumplen con los requisitos y criterios de aceptación, esto se verificara con la reconciliación de camiones y factor de carga.

Las Auditorias de Calidad, revisión para determinar si las actividades del proyecto cumplen con las políticas, los procesos y los procedimientos de la organización.

Adquirir el Equipo del Proyecto

Hacer seguimiento al funcionamiento de los miembros del equipo, haciendo retroalimentación, resolviendo conflictos y gestionando cambios para optimizar la

ejecución del proyecto. El equipo de gestión observa el comportamiento, gestión de conflictos, resuelve problemas y valora el trabajo de los miembros del equipo.

Como herramienta se tiene: Técnicas de solución de conflictos, una gestión de conflictos exitosa tiene como resultado una mayor productividad y relaciones laborales positivas. Las reglas básicas del equipo, las normas de grupo y las prácticas de dirección de proyectos sólidas, como la planificación de la comunicación y la definición de roles, reducen la cantidad de conflictos.

Registro de asuntos y problemas a resolver, a medida que surgen polémicas durante transcurso de la gestión del equipo, un registro escrito puedo documentar quienes son las personas responsables de resolverlas.

Distribuir Información

Generar información relevante y disponible para los involucrados de los proyectos, implica implementar las comunicaciones del plan de gestión y verificar que las comunicaciones son recibidas, efectivas y eficientes.

Como herramienta se tiene: Habilidades de comunicación, incluye asegurarse de que las personas correctas reciban la información que corresponda en el momento adecuado.

Sistema de recopilación y recuperación de información, permite acceder a los miembros del equipo a información clave del proyecto mediante sistemas manuales de archivo, bases de datos electrónicas, software y gestión de proyectos y los sistemas que permiten el acceso a documentación técnica.

Métodos de distribución de información, como reuniones del proyecto, herramientas de comunicación y conferencias electrónicas.

Gestionar Expectativas de los Involucrados

Mantener comunicación y trabajo con los involucrados para satisfacer sus necesidades y direccionar sus problemáticas, implica realizar actividades de comunicación tales como, Gestión activa de expectativas de involucrados para incrementar las probabilidades de éxito, direccionar preocupaciones que no se han convertido en problemas aun,

usualmente con la anticipación a futuros problemas, clarificar y resolver problemas que hayan sido identificados.

Como herramienta se tiene: Los métodos de comunicación entre los involucrados, Comunicación Interactiva; intercambio multidireccional de información a través de reuniones, llamadas telefónicas. Comunicación Enviada; a los interesados que necesitan conocerla, a través de cartas, memos, reportes, email. Comunicación Masiva; envió de grandes volúmenes de información, a través de sitios de internet.

Las comunicaciones cara a cara son el medio más efectivo para comunicar y resolver polémicas con los interesados.

Gestionar Suministros

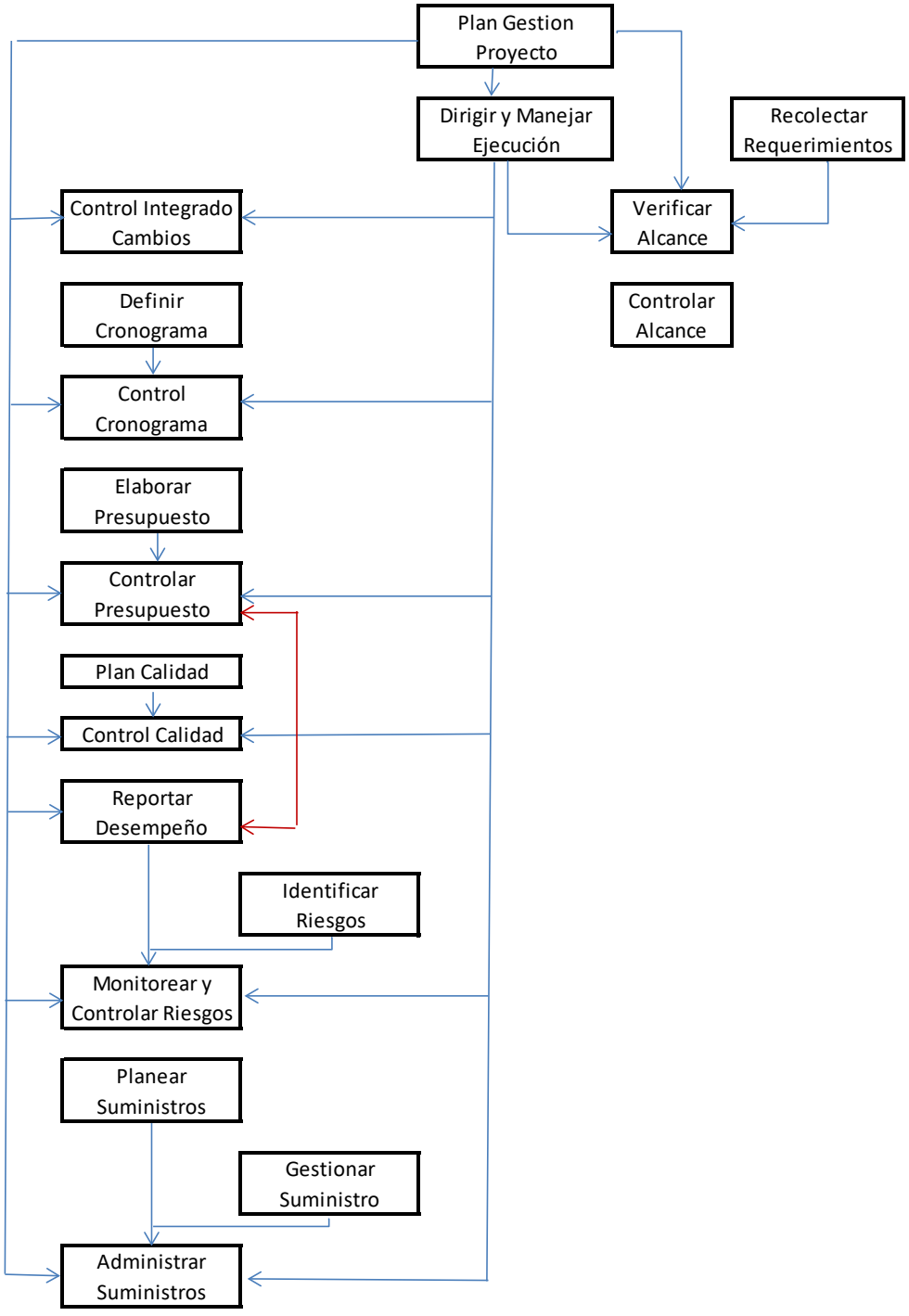
Obtener propuestas, seleccionar proveedores y generar contratos. El equipo del proyecto recibe las propuestas, utiliza los criterios de selección definidos y selecciona uno o más proveedores que están calificados como proveedores aptos para realizar el trabajo.

Como herramienta se tiene: Comunicación con el proveedor que nuestro caso es Caterpillar, y ver el personal calificado para realizar las pruebas en campo, garantizando el éxito del proyecto.

4.4. PROCESO DE MONITOREO Y CONTROL DEL PROYECTO

El esquema presenta los procesos involucrados y su relación o dependencia y se identifican los procesos de entrada de otros grupos de procesos.

Ilustración 45 Flujo de Procesos de Seguimiento y Control



Fuente: Elaboración propia, en base al PMBOK

4.4.1. Definición

Comparar lo planeado con lo ejecutado, medir desviaciones y en caso de que se presenten, proponer acciones para volver al Plan.

4.4.2. Procesos

El Seguimiento y Control de proyectos comprende diez procesos:

Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto

Comparar lo realizado versus lo planeado en el Plan de Gestión, realizar el rastreo, revisión y regulación del progreso, para satisfacer los objetivos de ejecución definidos en el Plan de Gestión. Monitorear incluye recolectar, medir y distribuir información de ejecución en reportes tales como : reportes de estado, mediciones de progreso y pronostico.

El control incluye determinar acciones correctivas o preventivas o ajuste de la planeación y seguimiento a los planes de acción para determinar si los datos de acción implementados resuelven el problema.

Del sistema de información se encuentra por punto de intervención la cantidad de trabajo programado por norma y la cantidad de trabajo ejecutado, este trabajo ejecutado se obtiene de la actualización en terreno via terminales portátiles y el agregado de esta información permite obtener reportes de avance de proyectos a nivel de dependencias y portafolios agregados.

Realizar Control Integrado de Cambios

Comprende revisar todos los requerimientos de cambios, aprobarlo y trasladarlos a los entregables, documentos del proyecto y plan de gestion. Únicamente los cambios aprobados son incorporados en las líneas base revisadas y son implementados, se deben controlar los factores que generan cambios para asegurarse que son beneficos, determinando cuando deben ocurrir y gestionar los cambios aprobados.

Verificar Alcance

Formalizar la aceptación de los entregables del proyecto completo, incluye revisión de entregables con el cliente, para asegurar que son satisfactorios y obtener aceptación formal, debe ser realizado cada vez que se vaya a hacer entrega de un entregable.

Como herramienta se tiene la inspección, medir, examinar y verificar si los productos entregables cumplen con los requisitos y criterios de aceptación, esta inspección se realiza con el cliente para obtener aceptación formal.

Controlar Alcance

Monitorear el estatus del proyecto y el alcance del producto y gestionar los cambios en la línea base de alcance. Controlar el alcance asegura que todos los requerimientos de cambios y las recomendaciones de acciones preventivas o correctivas son procesados a través del control integrado de cambios.

Controlar Cronograma

Monitorear el estado del proyecto para actualizar el avance y gestionar los cambios de la línea base de cronograma está asociado con:

- Determinar el estado de avance del cronograma
- Influenciar los factores que crean cambios en el cronograma
- Gestionar los cambios cuando ocurrir

Como herramienta se tiene la compresión del cronograma: reducir la duración del cronograma, sin afectar el alcance, para satisfacer restricciones de tiempo.

- Intensificación: incrementar recursos a actividades de la ruta crítica, va acompañado de incremento de costos.
- Ejecución Rápida: realizar en paralelo actividades que normalmente se hacen en secuencia, va acompañado de un incremento de riesgo y solo se puede aplicar sobre dependencias discrecionales.
- Nivelación de Recursos: redistribuir los recursos, de manera que no se presenten los periodos de sobrecarga de trabajo y de subutilización de recursos.

Dado que el cronograma generado se obtiene automáticamente como producto de la agregación de nodos para conformar los paquetes de trabajo, su codificación y programación en el tiempo; de igual forma la actualización de los trabajos ejecutados, permite de manera automática actualizar el avance de los proyectos al comparar a nivel agregado las cantidades de obra programadas versus las ejecutadas. Este avance es

completamente objetivo ya que compara únicamente cantidades programadas versus ejecutadas.

Ilustración 46 Cronograma de trabajo

Actividades	ene-14	feb-14	mar-14	abr-14	may-14	jun-14	jul-14	ago-14	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	jul-15
Plan de la investigacion																			
Recoleccion de datos																			
Analisis estadistico historico																			
Diseño de fases de minado																			
Preparacion de plantillas de calculo																			
Toma de datos en campo																			
Analisis estadistico de campo																			
Analisis de resultados																			
Presentacion del primer avance																			
Presentacion Final																			
Reporte de la Investigacion																			

Fuente: Elaboración propia

Controlar Costos

Monitorear el estado del proyecto para actualizar el presupuesto y gestionar los cambios a la línea base de costo, que para el proyecto solo se verifica según contrato, los repuestos y consumos que realiza el camión.

Realizar Control de calidad

Monitorear y registrar resultados de calidad de los trabajos ejecutados para determinar cuándo cumplen con estándares de calidad relevantes e identificar opciones para eliminar causas de ejecución no satisfactoria.

Como herramienta se tiene revisiones de reparación de defectos, acción del departamento de control de calidad para asegurar que los defectos de los productos se reparen y cumplan con los requisitos o especificaciones.

Reportar Desempeño

Consiste en recolectar y distribuir información de ejecución incluyendo reportes de estado, medida de progreso y predicción (alcance, tiempo, costo y calidad). El progreso de reporte de ejecución implica la colección periódica y análisis de la línea base versus los

datos actuales para entender y comunicar el progreso del proyecto y ejecución asi como la predicción de los resultados del proyecto.

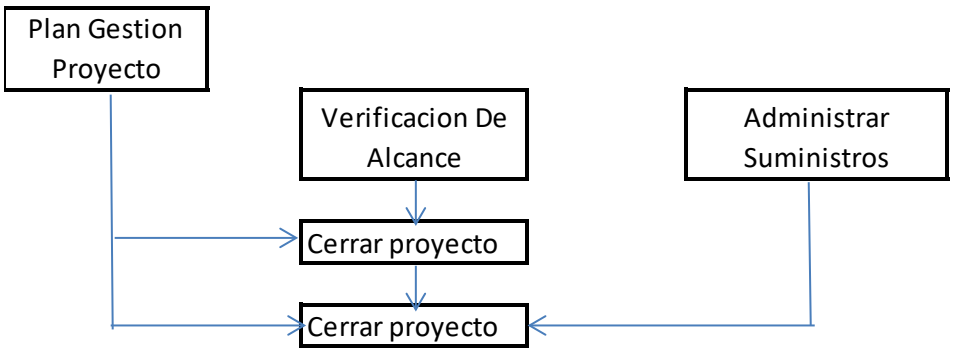
Monitorear y Controlar riesgos

Implementar planes de respuesta a los riesgos, identificar riesgos, monitorear riesgos residuales y evaluar los riesgos de los procesos a lo largo del proyecto. Determinar si las suposiciones siguen siendo validad; los análisis muestran que los riesgos asumidos han cambiado o pueden ser retirados; las políticas de gestión de riesgos y los procedimientos está siendo seguidos; las reservas de contingencia están de acuerdo con los riesgos corrientes.

4.5. PROCESO DE CIERRE DEL PROYECTO

El esquema presenta los procesos involucrados y su relación o dependencia y se identifican los procesos de entrada de otro grupo de procesos.

Ilustración 47 Flujo de Proceso de Cierre del Proyecto



Fuente: Elaboración propia, en base al PMBOK

4.5.1. Definición

Aquellos procesos realizados para finalizar todas las actividades a través de todos los grupos de procesos, a fin de cerrar formalmente el proyecto o una fase del mismo. El esquema presenta los procesos involucrados y su relación o dependencia y se identifican los procesos de entrada de otro grupo de procesos.

4.5.2. Procesos

El cierre de proyectos comprende dos procesos

Cierre Proyecto

Finalizar todas las actividades a lo largo de todos los grupos de procesos de gestión para formalmente completar el proyecto. Siempre se debe cerrar el proyecto sin importar las circunstancias bajo las cuales se detuvo, termino o completo. En el cierre del proyecto se hace: liberar recursos y documentar proyecto.

Como herramienta se tiene, lecciones aprendidas, permiten aprender tanto al equipo a la organización de sus logros y errores, para buscar mejores experiencias futuras.

Sistema de gestión de registros, conjunto especifico de procesos, funciones de control relacionado y herramientas de automatización que se consolidan y combinan en un todo, como parte del sistema de información de la gestión de proyectos.

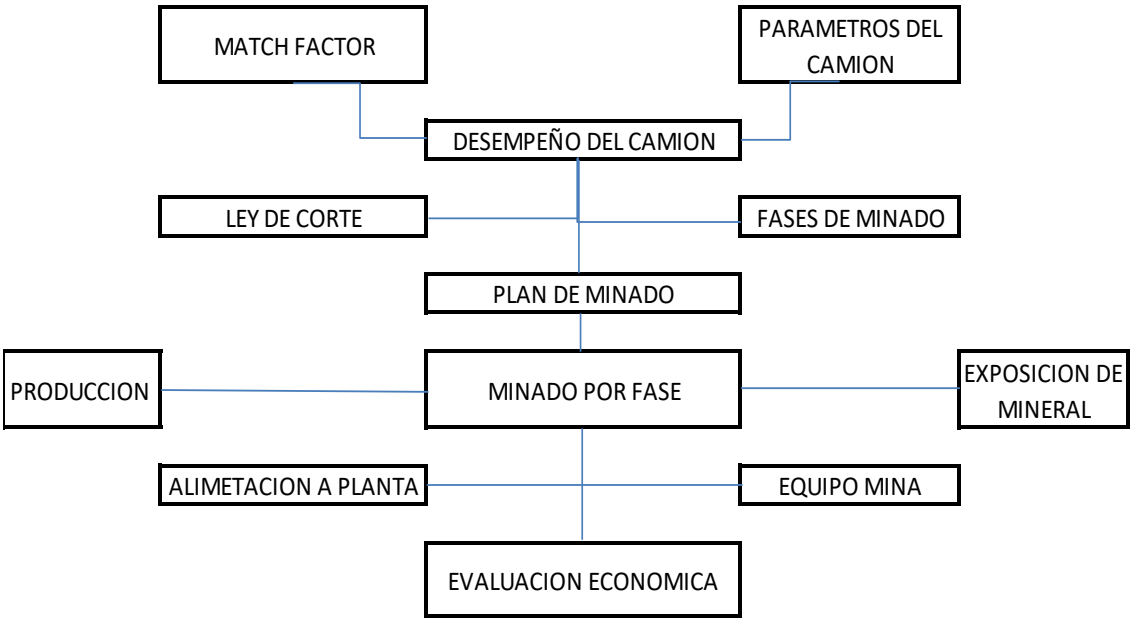
CAPÍTULO V
VALIDACIÓN DEL MÉTODO

CAPITULO V
VALIDACIÓN DEL MÉTODO

La validación de la metodología basado en la guía del PMBOK empieza el 20 de Enero del 2014 y culminara el 20 de Julio del 2015, puesta en marcha el camión Cat797F en operación, camión recorrerá hasta el 20 de Enero del 2015, por uno año, para tener un mejor estimado de disponibilidad, costos, productividad y la iteración progresiva con los demás camiones en base a las políticas de diseño fases y accesos.

El siguiente esquema muestra los diferentes aspectos a considerar en el análisis para la selección del camión, el Match Factor junto con los parámetros del camión, se calcula el desempeño de la pala con el camión, como consecuencia se obtiene la ley de corte al cierre así como el plan de minado en base al diseño de fase según las características del camión; el análisis para comparar los planes de minado como base el plan LOM2015, para al final del proyecto se considerar como propuesta la evaluación económica, que será la manera de definir objetivamente la selección.

Ilustración 48 Flujo de Validación del Método



Fuente: Elaboración propia

5.1. FASES DE MINADÓ

La revisión de las Fases básicamente es por ancho de las rampas de acarreo, de 40m a 44m, esto se realizara desde la Fase 08, que es la fase próxima a empezar y continuara hasta la fase 10, que es donde termina el LOM hasta los 700Mtons en la presa de relaves.

Ilustración 49 Comparación de Fases de Minado

Medido Indicado e Inferido como Mineral

Design P6 mp1315.v16 (Rampas de 40m)

	Total Ore	Cuaval	Cuac	Cucn	Zn	Mo	Ag	Total Waste	Total	Waste/Ore	
Fase	kt	%	%	%	%	%	gr/tm	kt	kt		
4	4,453	0.90	0.02	0.07	0.10	0.06	5.00	3,314	7,767	0.74	Rampa 40m
5	86,632	1.04	0.04	0.18	0.71	0.03	14.54	63,062	149,694	0.73	Rampa 40m
6	151,671	1.04	0.03	0.11	1.02	0.02	11.48	273,625	425,296	1.80	Rampa 40m
7	53,652	0.64	0.03	0.08	0.42	0.01	7.74	29,725	83,377	0.55	Rampa 40m
8	215,256	0.73	0.01	0.06	1.14	0.02	9.83	625,329	840,585	2.91	Rampa 40m
9	86,296	1.03	0.02	0.08	1.00	0.02	11.65	525,043	611,339	6.08	Rampa 40m
10	159,344	0.76	0.01	0.03	1.04	0.02	8.57	488,480	647,824	3.07	Rampa 40m
Total	757,304	0.86	0.02	0.08	0.97	0.02	10.47	2,008,578	2,765,882	2.65	

Medido Indicado e Inferido como Mineral

Design P7 mp1315.v16 (Rampas de 44m)

	Total Ore	Cuaval	Cuac	Cucn	Zn	Mo	Ag	Total Waste	Total	Waste/Ore	
Fase	kt	%	%	%	%	%	gr/tm	kt	kt		
4	4,453	0.90	0.02	0.07	0.10	0.06	5.00	3,314	7,767	0.74	Rampa 40m
5	86,632	1.04	0.04	0.18	0.71	0.03	14.54	63,062	149,694	0.73	Rampa 40m
6	151,671	1.04	0.03	0.11	1.02	0.02	11.48	273,625	425,296	1.80	Rampa 40m
7	53,652	0.64	0.03	0.08	0.42	0.01	7.74	29,725	83,377	0.55	Rampa 40m
8	216,496	0.73	0.01	0.06	1.15	0.02	9.86	654,974	871,470	3.03	Rampa 44m
9	81,566	1.03	0.02	0.08	0.99	0.03	11.58	526,415	607,981	6.45	Rampa 44m
10	160,138	0.75	0.01	0.03	1.03	0.02	8.54	503,727	663,865	3.15	Rampa 44m
Total	754,608	0.86	0.02	0.08	0.97	0.02	10.45	2,054,842	2,809,450	2.72	

Diferencia de toneladas entre los diseños P6 y P7

	Ore	Waste	Ratio
4	-	-	-
5	-	-	-
6	-	-	-
7	-	-	-
8	1,240	29,645	0.12
9	-4,730	1,372	0.37
10	794	15,247	0.08

	K.Toneladas
Mineral	-2,696
Desmonte	46,264
Dif. Tons.	43,568

Fuente: Elaboración propia

5.2. MATCH FACTOR PALA Y CAMION

Se realizara el mejor match factor con que pala alcanza mejor productividad el camión, ya el que tamaño del balde de la pala con la capacidad de la tolva del camión deberá hacer pases efectivos para que no pierda productividad la pala.

Tabla 22 Parámetros básicos del Equipo de Carguío

CALCULO PARAMETROS BASICOS EQUIPOS DE CARGUIO

Pala		495 BI	XPC 4100	XPC 4100
Capacidad balde	yd^3	55	77	77
Capacidad maxima	t humeda	80.00	104.00	104.00
Densidad insitu	t seca /m^3	2.74	2.74	2.74
Esponjamiento	%	40%	40%	40%
Densidad aparente	t seca /m^3	1.96	1.96	1.96
Factor de llenado	%	90%	90%	90%
Humedad	%	4.0%	4.0%	4.0%
Carga por baldada	t humeda	77	104	104
Tiempo por pase	min.	0.96	0.99	0.90

Rendimiento con Camiones		495 BI	XPC 4100	XPC 4100
Camion		930	930	797
Capacidad camión	t humeda	297	297	363
Factor de llenado	%	100%	100%	100%
Capacidad nominal de carga	t humeda	297.0	297.0	363.0
Tiempo de carguío por camión				
N° de pases teoricos	un	3.85	2.86	3.49
N° de pases	un	4	3	4
Carga real camión	**t humeda**	**297**	**297**	**363**
Tiempo carguío neto	min.	2.87	1.98	2.70
Reacomodos y aculatamiento	min.	1.23	1.18	1.23
Tiempo por camión	min	4.10	3.16	3.93
Rendimiento Efectivo	t humeda/h	4346	5639	5542
Rendimiento Efectivo	t seca/hr	4172	5414	5320

DATOS DE LA PALA		495 BI	XPC 4100	XPC 4100
Tiempo de Espera				
Standby	h/dia	0.01	0.01	0.01
Total Tiempo Espera	**h/dia**	**0.01**	**0.01**	**0.01**
Detencion Equipo				
Detencion Programada		4.80	3.19	3.19
Detencion No Programada				
Total Detencion del Equipo	**h/dia**	**4.80**	**3.19**	**3.19**
Detencion Del Proceso				
Detencion Programada	h/dia	2.07	2.21	2.21
Detencion No Programada	h/dia	0.86	0.60	0.60
Total Detencion del Proceso	**h/dia**	**2.93**	**2.81**	**2.81**
Total tiempo no produccion	**h/dia**	**7.74**	**6.01**	**6.01**
Disponibilidad		**80.0%**	**86.7%**	**86.7%**
Utilización		**84.7%**	**86.5%**	**86.5%**
Rendimiento Dia	**kts/dia**	**67.9**	**97.4**	**95.7**
Rendimiento Año	**Mts/año**	**24.8**	**35.6**	**34.9**

Fuente: Elaboración propia

5.3. PARAMETROS DEL CAMION

Lo parámetros que se revisaran del camión, será las dimensiones, radio de curvatura, las velocidades máximas que alcanza, disponibilidad, consumo de combustible, costos operacionales y de capital asociados los repuestos a la primera compra.

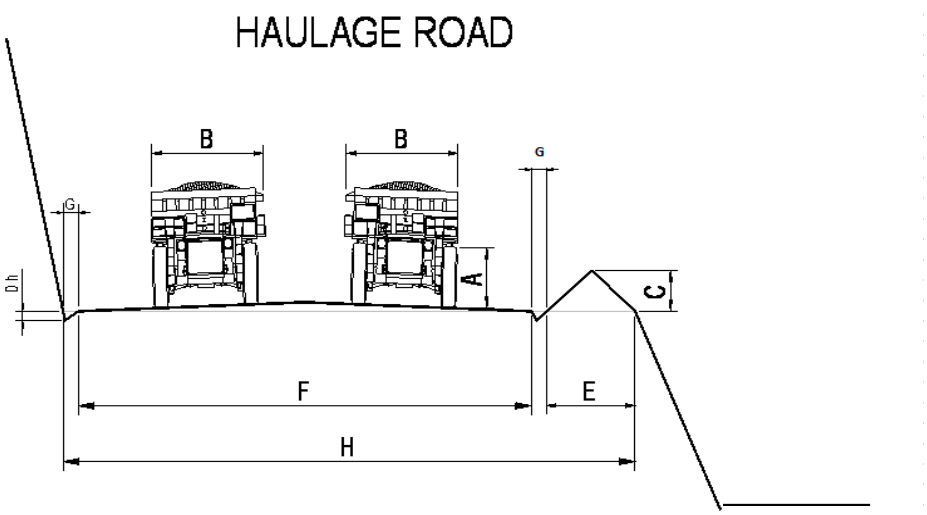
$$Ancho\ Total\ (m) = Superficie\ de\ rodadura + Berma + Cunetas$$

$$Superficie\ de\ rodadura\ (m) = 3.5\ x\ Camion\ mas\ ancho$$

$$Ancho\ de\ Berma = 2\ x\ \frac{^3/_4\ x\ Llanta\theta}{Tan\ 37°}$$

$$Cuneta\ (m) = 2$$

Ilustración 50 Ancho de la vía de acarreo



Dimension	Operation	K 930E-4SE	CAT 797 F
Tire Model		53 / 80 R63	59 / 80 R63
Tire Height (m)	A	3.76	3.94
Truck Width (m)	B	8.69	9.76
Ramp Berm Height (m)	C=3/4*A	2.82	2.96
Ramp Berm Slope, loose (Degrees)	D	37	37
Ramp Berm Width (m)	E=C/tag(D)*2	7.5	7.9
Running Surface (m)	F=B*3.5	30.4	34.1
Ditch (m)	G	1	1
Total Ramp Width (m)	H=F+E+2*G	39.9	44.0
rounded (m)	I=round(H)	**40**	**44**

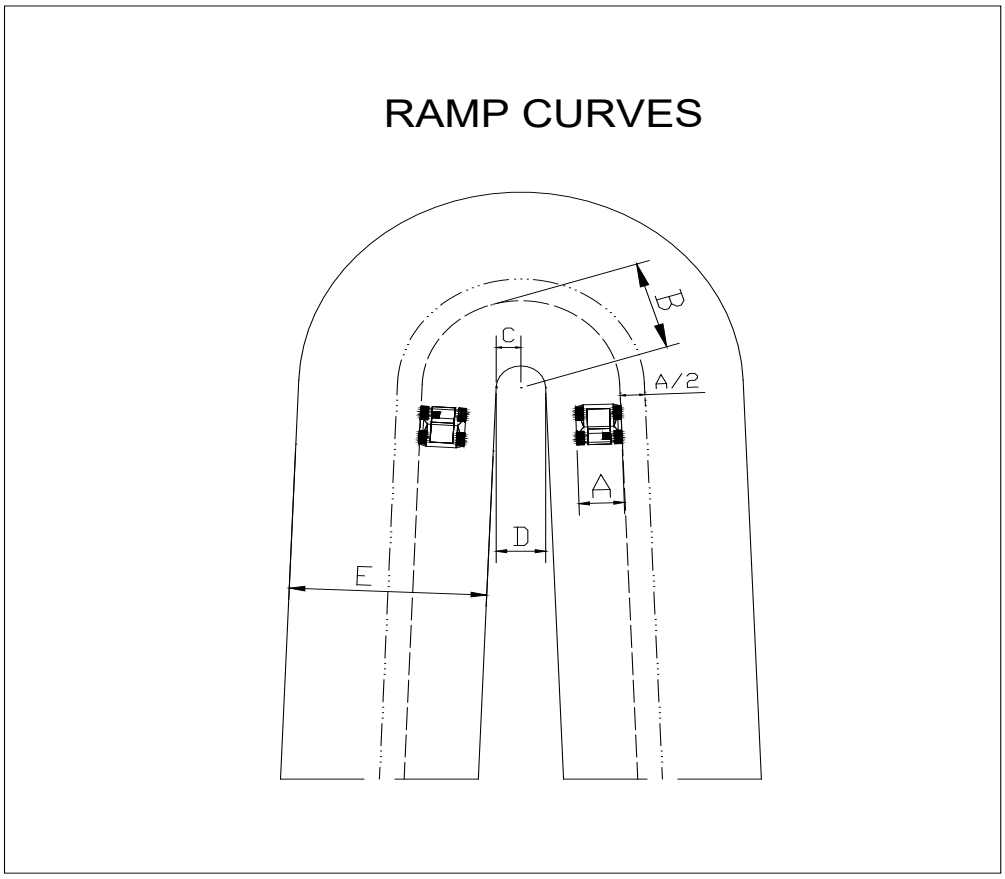
Fuente: Elaboración propia

Ancho de la rampa de la curva

Basado en el radio de giro del camión y la política de 3.5 veces del camión más ancho, la rampa de 44m para el Cat797 se tendría que sumar el 1.5m, en los swith back quedando aproximadamente en 46m.

Ilustración 51 Ancho de la curvatura de la Vía

CURVATURA DE RAMPA CON ANCHO (3.5 VECES)



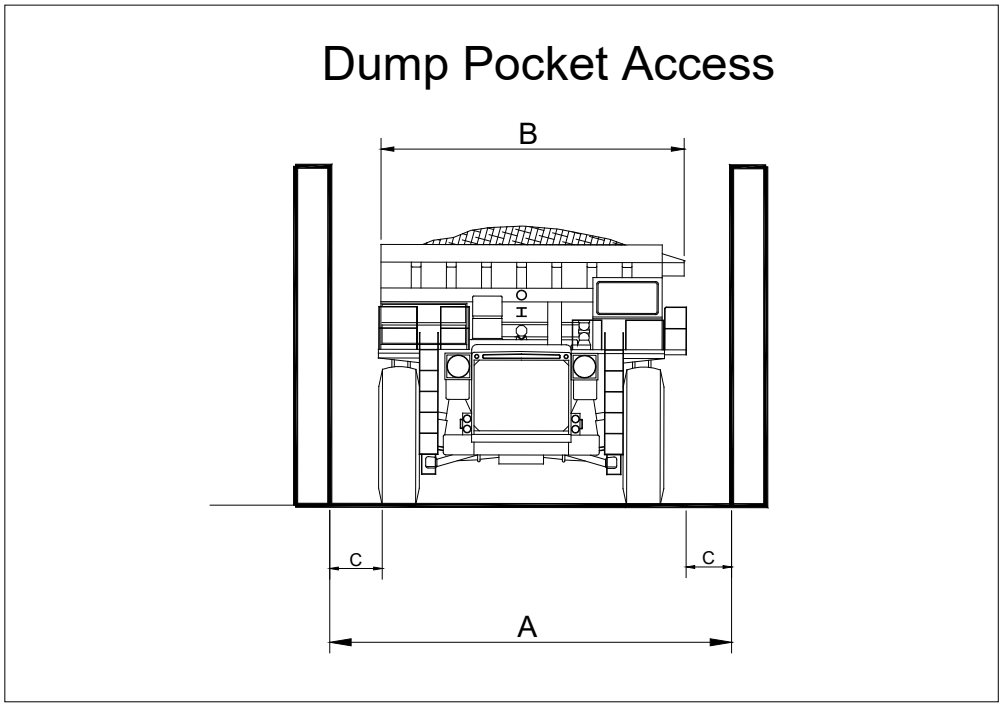
Dimension	Operation	K 930E-4SE	Cat 797 F
Truck width (m)	A	8.69	9.76
Turning radius (m)	B	14.9	21.1
Extra room needed (m)	C=B-A*1.5	1.8	6.4
Min. double bench berm width (m)	D	9.5	9.9
Extra room can be accomodated?	If D/2>C	Yes	No
Remaining room (m)		2.9	-1.5

Fuente: Elaboración propia

Descarga en chancadora primaria

La dimensión del ancho de la descarga en chancadora es de 10.4m, por consiguiente el ancho del camión del Cat797 es de 9.76m, por lo tendría una espacio de ≈30cm por un lado, por lo que sería riesgoso para los operadores entrar a descargar en el actual diseño de la entrada a la chancadora primaria, a diferencia del KOM930 que tiene ≈0.9cm a un lado de espacio para descargar.

Ilustración 52 Ancho de la descarga en la Chancadora Primaria



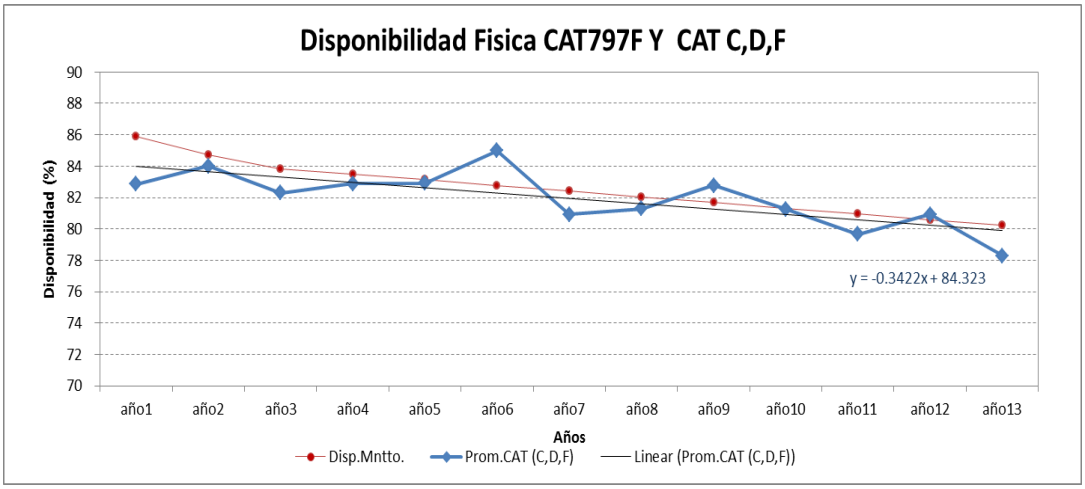
Dimension	Operation	K 930E-4SE	Cat 797 F
Crusher dump pocket access width (m)	A	10.4	10.4
Truck width (m)	B	8.69	9.76
Side clearance (m)	C=(A-B)/2	0.9	0.3

Fuente: Elaboración propia

Parámetros de Mantenimiento

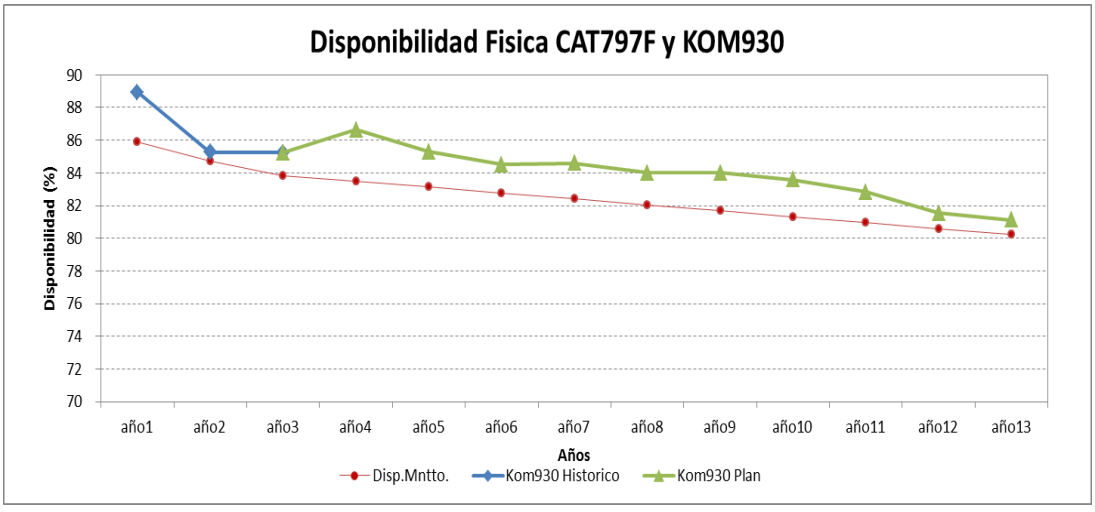
Se extrajo los datos de la disponibilidad histórica de los Caterpillar 793C,D,F, poniéndolos en un orden cronológico al ingreso de la operación para revisar la disminución del disponibilidad debido a la antigüedad del equipo, esto ha sido comparado con la disponibilidad estimada del CAT797 estimada por mantenimiento, mostrando una curva muy similar al 793C,D,F.

Ilustración 53 Disponibilidad Fisica del CAT797 y CAT C,D,F



Fuente: Elaboración propia

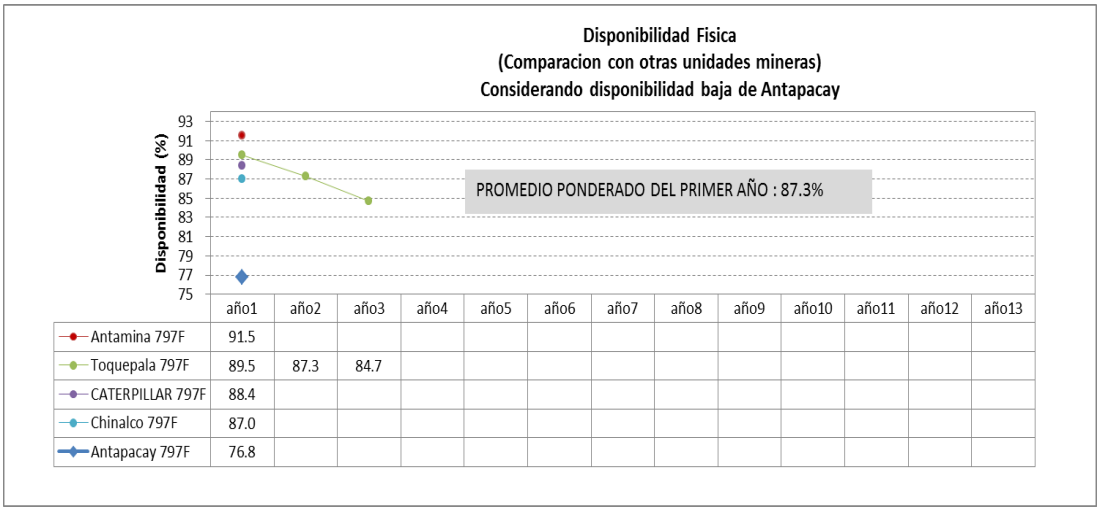
Ilustración 54 Disponibilidad CAT797 y KOM930E



Fuente: Elaboración propia

Se realizó un bench marking con tres empresas mineras que parte de su flota es CAT797, encontrando que el camión de prueba en el proyecto que registra el valor más alto de 91.5% y el más bajo de Antapacay con 76.8%. si lo ponderamos el primer años nos daría una disponibilidad de 87.3% comparado con el de mantenimiento de 85.9%.

Ilustración 55 Bench Marking de la Disponibilidad de Camiones CAT797



	año1	año2	año3	año4	año5	año6	año7	año8	año9	año10	año11	año12	año13
Antamina 797F	91.5												
Toquepala 797F	89.5	87.3	84.7										
CATERPILLAR 797F	88.4												
Chinalco 797F	87.0												
Antapacay 797F	76.8												

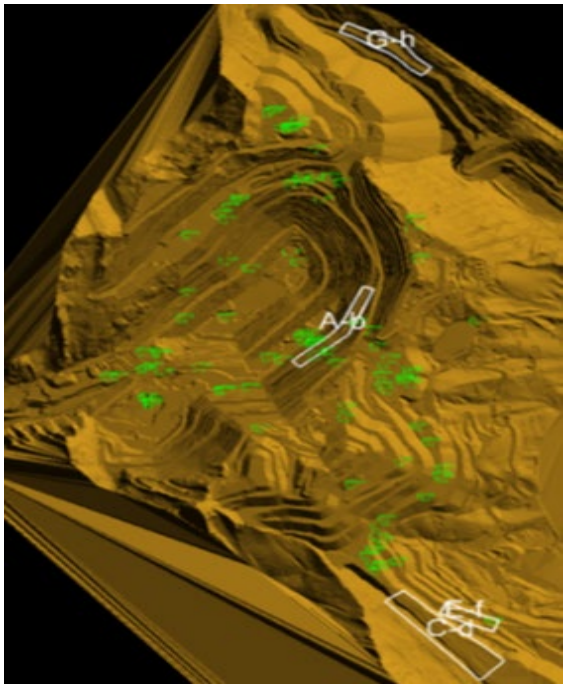
Fuente: Elaboración propia

5.4. DESEMPEÑO DEL CAMION

Según la ruta asignada el camión tendrá una productividad que será comparada con la misma ruta al camión Komatsu 930SE que para el LOM2016 oficial las siguiente comprar serían los Komatsus 930SE ya que de ahí parte la evaluación con otros camiones.

Se ha realizado toma de tiempos en los mejores tramos de la ruta de mina a botadero para que los camiones alcancen su máxima velocidad, que está a una distancia mayor a 200 metros de una curva y que las pendientes sean lo más cercano al 10%, estos datos de campo que se ha realizado en los meses de Agosto y Febrero se comparan con los datos del GPS del camión usando el Software Dispatch Analizer.

Ilustración 56 Puntos GPS en Dispatch Analizer



Fuente: Elaboración propia

Estos datos tomados en campo son comparados con los obtenidos con los puntos GPS en las mismas trayectorias y las diferencias son de rango aceptable, esta diferencia disminuye con la inmensidad de datos que serán cargados al software Dispatch Analizer.

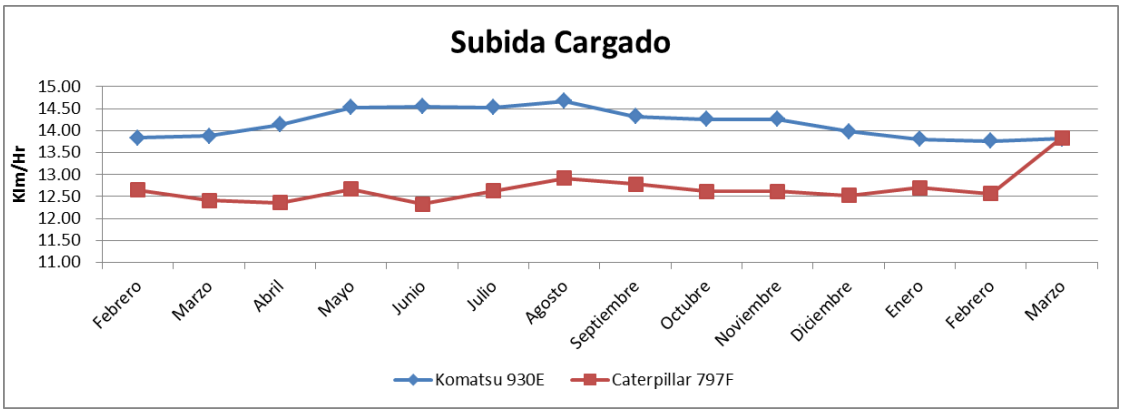
Tabla 23 Diferencia de velocidades entre campo y Dispatch Analizer

	CAT 797			KOM 930		
	Campo	Dispatch Analizer	Diferencia	Campo	Dispatch Analizer	Diferencia
Subida Cargado (km/Hr)	12.29	12.04	-2%	13.94	14.01	0%
Subida Vacio (km/Hr)	25.22	24.03	-5%	25.05	26.06	4%
Bajada Cargado (km/Hr)	14.52	14.75	2%	19.63	19.64	0%
Bajada Vacio (km/Hr)						
Plano Cargado (km/Hr)	24.07	24.03	0%	23.65	21.94	-7%
Plano vacio (km/Hr)	25.75	24.52	-5%	26.27	23.36	-11%

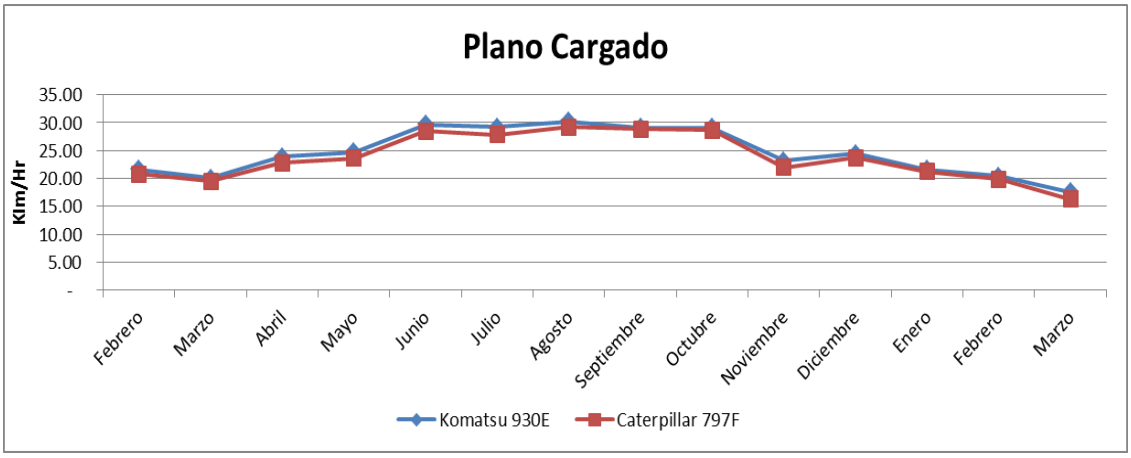
Fuente: Elaboración propia

Una vez validada la herramienta, se procede a realizar las estadísticas de todos los meses transcurridos con el software @Risk, para ajustarnos a la mejor curva de regresión polinomio y tener un promedio con 2δ, para asegurarnos de la precisión del promedio.

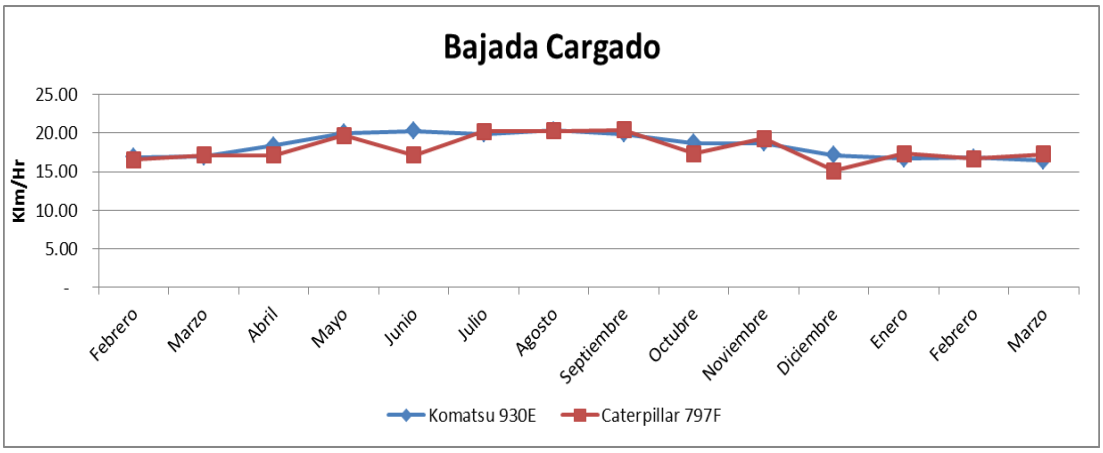
Ilustración 57 Velocidades Máximas Promedio Cargado



Fuente: Elaboración propia

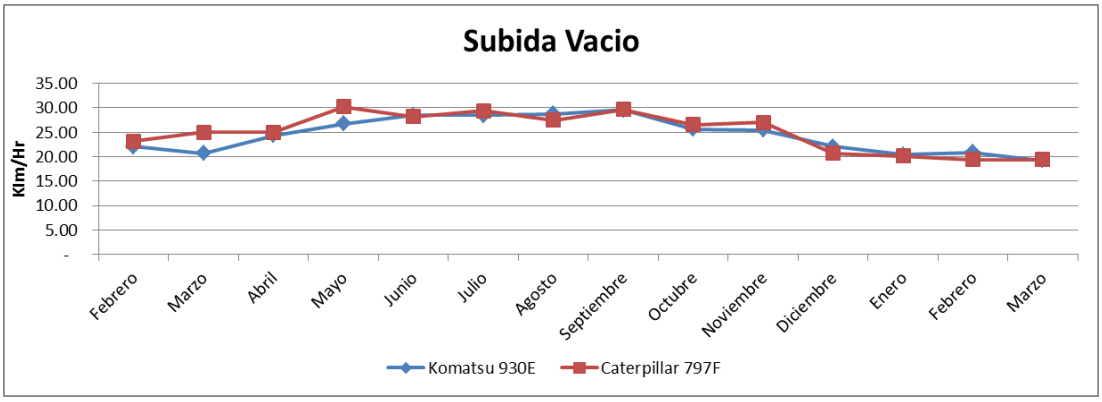


Fuente: Elaboración propia

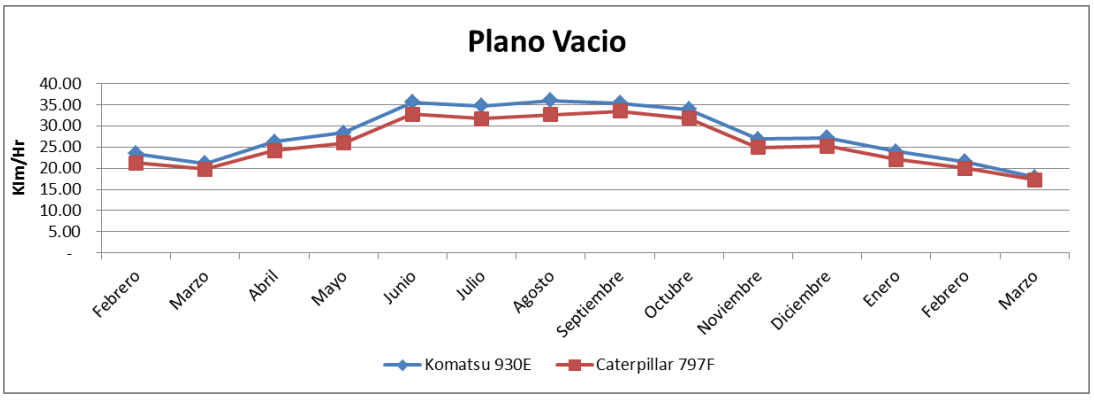


Fuente: Elaboración propia

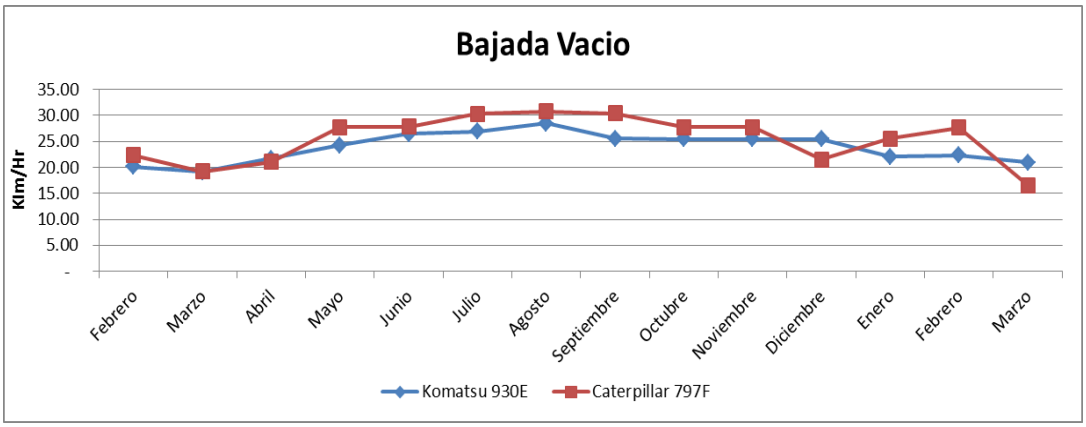
Ilustración 58 Velocidad Máxima Promedio Vacío



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Tabla 24 Velocidad Máxima Promedio

	Velocidades Maximas Promedios		
2015	Komatsu 930E	Caterpillar 793C/D/F	Caterpillar 797F
Subido Cargado	14.10	11.40	12.60
Plano Cargado	30.00	30.00	30.00
Bajada cargado	18.30	16.40	17.90
Subida Vacio	24.50	23.30	25.10
Plano Vacio	40.00	40.00	40.00
Bajada Vacio	23.90	23.20	25.40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25 Velocidad Máxima Promedio restringida al KOM930

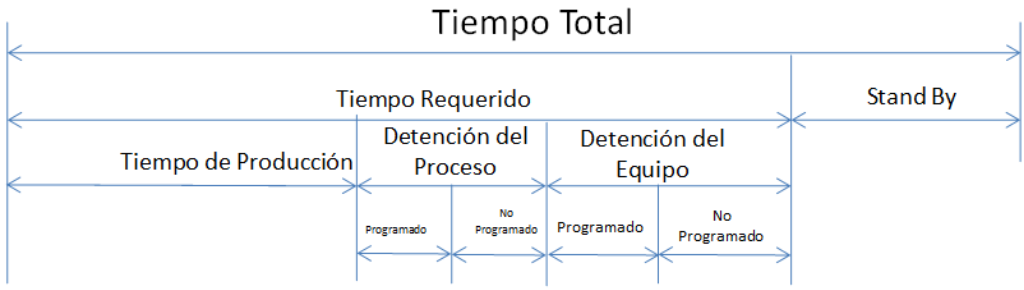
	Velocidades Maximas Promedios		
2015	Komatsu 930E	Caterpillar 793C/D/F	Caterpillar 797F
Subido Cargado	14.10	11.40	12.60
Plano Cargado	30.00	30.00	30.00
Bajada cargado	18.30	16.40	17.90
Subida Vacio	24.50	23.30	25.10
Plano Vacio	40.00	40.00	40.00
Bajada Vacio	23.90	23.20	23.9*

*Restringiendo la velocidad al 930E

Fuente: Elaboración propia

El cálculo de la disponibilidad y utilización de los equipos en mina se basa según la línea de tiempo mostrada a continuación:

Ilustración 59 Línea de Distribución de Tiempos



Fuente: Elaboración propia basado en el protocolo de la mina

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ Requerido - Detencion\ del\ Equipo}{Tiempo\ Requerido}$$

$$Utilizacion = \frac{Tiempo\ de\ produccion}{Tiempo\ de\ produccion + Detencion\ del\ proceso}$$

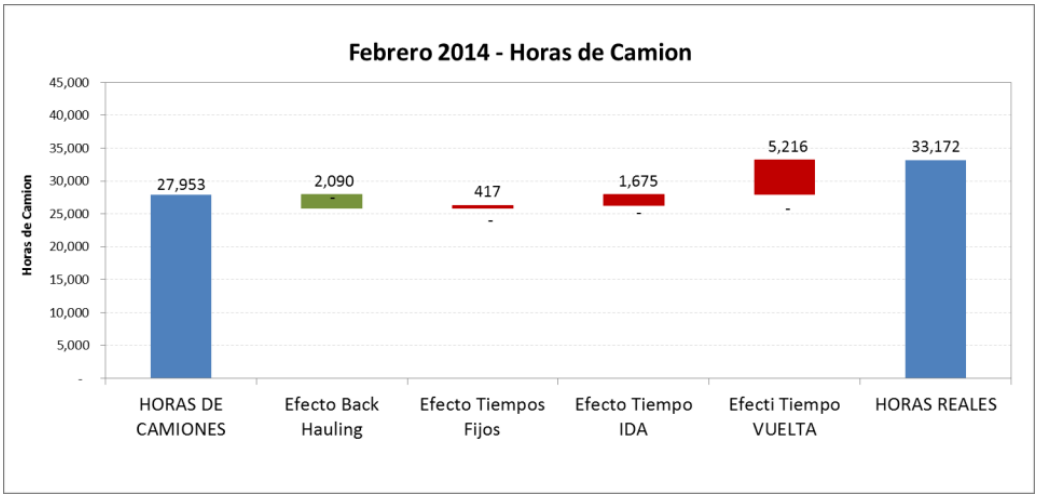
Los tiempos fijos del ciclo de acarreo:

$$Tiempo\ fijo\ del\ camion = Cargado + Carguio + Cuadrado + Cola + Descarga$$

5.5. RECONCILIACIÓN DE HORAS DE CAMIÓN

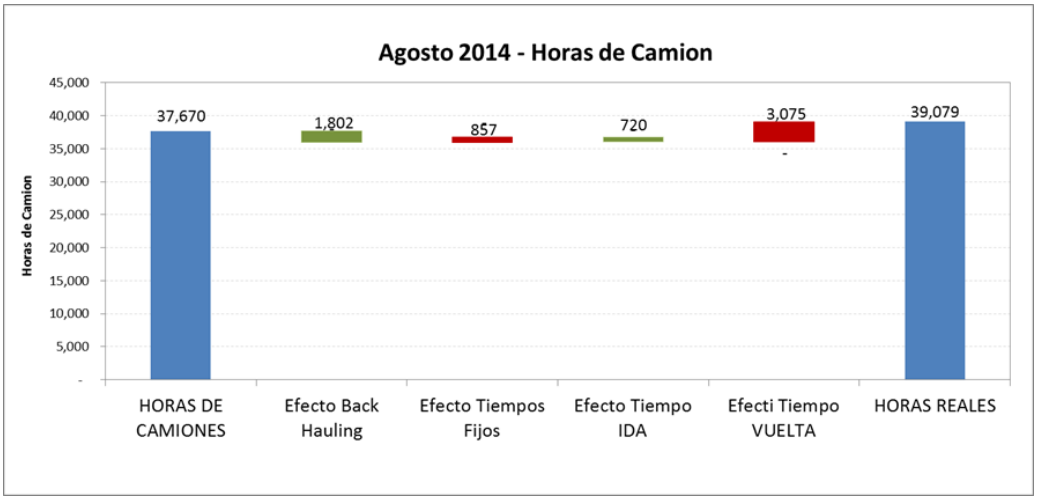
Uno de los puntos más importantes y difíciles de calcular cuando se trata de disgregar las horas para revisar cada punto sea tiempo fijo o variables del camión, para ellos se validara el método con la reconciliación de horas en dos épocas del año, una época de lluvia que refleja el mes de Febrero y la época seca que mejor representa el mes de Agosto, para poder estimar el resto de años, considerando los cambios de los diferentes parámetros.

Ilustración 60 Horas de Camión en Época de Lluvia



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 61 Horas de Camión en Época Seca



Fuente: Elaboración propia

Los gráficos muestran que las horas de vuelta simuladas con el software talpac son menores que las reales, debido a los siguientes puntos:

- Preferencia del camión que está cargado.
- Pausas activas en los botaderos (Identificar la demora).
- No registro de colas de camiones en las palas más de tres camiones.

- La reasignación del camión cuando la pala entra en un No Programado.

Esto se tradujo a un aumento de horas de camión que en el tiempo se debería medir, para considerar en 100%, 75%, 50%, 25% y 0%.

Se obtuvo también horas de lastres que actualmente se están usando y se cambió por la relación al número de camiones que se tiene.

Tabla 26 Incremento de horas de camión

	TOTAL	
C	3,730	Aumento de
K	6,517	horas por rutas
	TOTAL	Aumento de
C	8,508	horas por lastre
K	1,283	de vias

Fuente: Elaboración propia

5.6. PLAN DE MINADO CON LOS NUEVOS PARAMETROS

Se realizara el plan de minado con el strategic planner (modulo del 821) del software minero Minesight, que introduciéndole los parámetros nuevos nos dará un plan de minado, pudiendo variar la estrategia del cutoff (ley de corte), según el requerimiento de la Planta concentradora y el nuevo diseño de fases.

Esta sección compara dos planes de minado para soportar la decisión considerando la selección de camiones del LOM anterior, el primer plan de minado está hecho para el LOM2015, que cuenta con Caterpillar (C, D y F) y Komatsus (930) con una tasa de procesamiento a 145ktd que fue terminado en Marzo 2014.

El segundo plan de minado fue realizado en Octubre del 2014 que fue realizado para este estudio para continuar la evaluación del impacto de Caterpillar 797, este plan contempla el match pala camión y la tasa de procesamiento de 145ktd.

Ambos planes son capaces de encontrar un número de objetivos predeterminados y restricciones relacionados a producción de mina, tamaño de la flota del equipo, construcción del tailing dam, throughput, producción de concentrados y otros requerimientos. También ambos planes son realizados con el modelo del 2013 y con una capacidad de presa de 700 Mtons.

Ambos planes inician con la topografía final proyectada al 2014 y básicamente usan las mismas asunciones excepto la de los diseños de fases, en la que contempla una rampa de 44 metros y un radio de giro de 21.1 metros lo que indica que aumenta el ancho de rampa a 45.5 ≈ 46 metros y otra diferencia de la producción de la pala por el match pala camión.

5.7. PRODUCCIÓN DE MINADO

La producción de mina es considerada el minado del Mineral y desmonte, sin considerar el re manejo y lastre de vías. El total de mill feed es exactamente igual, en mineral minado se mina -2Mtons y desmonte minado se mina +48Mtons, haciendo una diferencia total de material minado de +45Mtons con el nuevo diseño.

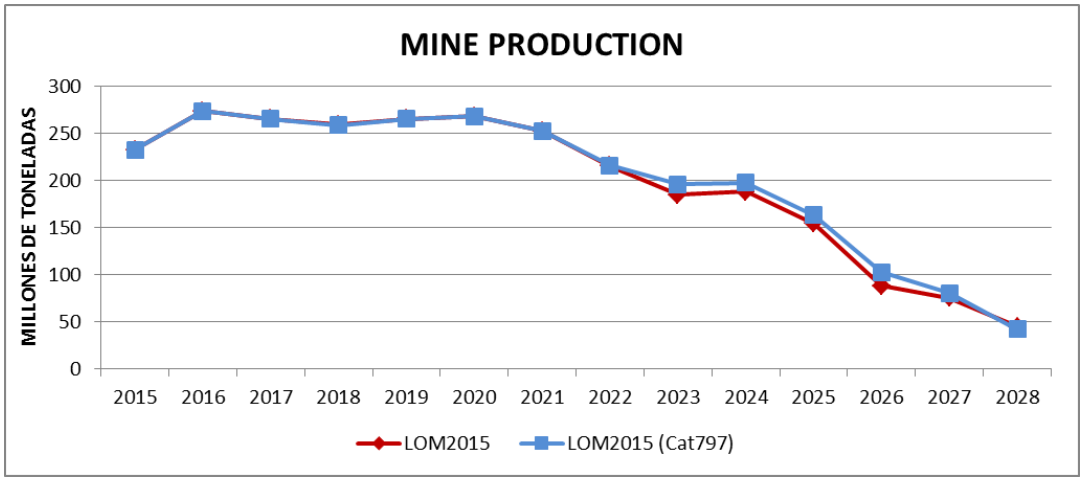
Tabla 27 Comparación de Producción de Mina

FLUJO DE MATERIAL	LOM2015 (KOM930)	LOM2015 (CAT797)	Diferencias	
	M Toneladas	M Toneladas	M Toneladas	%
Ore	755	752	3	0.36%
Waste	2,011	2,058	-48	-2.37%
Mined	2,766	2,811	-45	-1.62%
Moved	3,387	3,432	-45	-1.33%
Mill Feed	698	698	0	0.00%

Fuente: Elaboración propia

Se puede ver en la figura de abajo que no hay mayor diferencia durante los primeros años, el año 2022 se termina la Fase 6 y se mina de las Fases 8,9 y 10 que son las que tiene un diseño diferente, debido al sobre ancho de las rampas.

Ilustración 62 Comparación de Producción de Mina



Fuente: Elaboración propia

5.8. MINADO POR FASE

El plan de minado considerando los Cat797 en la Fase 8 se extiende un año más hasta el 2020 minando >100M/año así como en la Fase 10 se extiende un año más hasta el 2025, existe otra diferencia de +43M del total minado, esta diferencia se debe al desbroce extra por el ancho de rampa

Tabla 28 Minado por Fase y Año LOM2015

FASE	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	TOTAL
F04	5	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
F05	73	49	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	151
F06	85	74	79	77	50	40	19	-	-	-	-	-	-	-	424
F07	12	22	4	-	2	2	-	-	2	-	-	-	-	-	43
F08	56	101	109	108	108	109	86	77	69	11	7	-	-	-	841
F09	2	27	26	73	78	79	87	48	45	76	57	5	2	6	611
F10	-	-	-	-	28	32	50	90	69	93	90	84	73	38	648
F11	-	-	16	-	-	6	10	-	-	8	-	-	-	-	40
TOTAL	232	273	265	259	265	268	252	215	185	188	154	88	75	45	2,766

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29 Minado por y Año LOM2015 (CAT797)

FASE	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	TOTAL
F04	5	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
F05	73	47	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150
F06	85	76	79	77	51	39	19	-	-	-	-	-	-	-	40
F07	12	22	4	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	426
F08	56	102	109	108	109	109	107	78	67	27	1	-	-	-	41
F09	2	26	26	72	83	83	79	45	49	59	68	6	5	4	872
F10	-	-	-	-	19	22	44	93	79	104	94	97	75	39	607
F11	-	-	16	-	-	15	3	-	-	8	-	-	-	-	665
TOTAL	232	273	265	258	265	268	252	215	196	197	163	103	80	42	2,809

Fuente: Elaboración propia

El plan de minado es controlado por <8 bancos por año, excepto en este proceso que se subdividió la base 8 en dos y la Fase 10 que en su último periodo llega a 8 bancos.

Tabla 30 Numero de bancos por Fase y Periodo LOM2015

Fase	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
F4	2	0	1											
F5	7	6	6											
F6	7	7	6	6	4	3	3							
F7	4	3	0		0									
F8	5	11	5	4	5	6	7	6	7	5	1			
F9	2	6	3	7	7	7	7	4	5	7	7	1	1	2
F10					5	2	2	6	5	7	7	7	6	8
F11			3			2	0			2				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31 Numero de bancos por Fase y Periodo LOM2015 (CAT797)

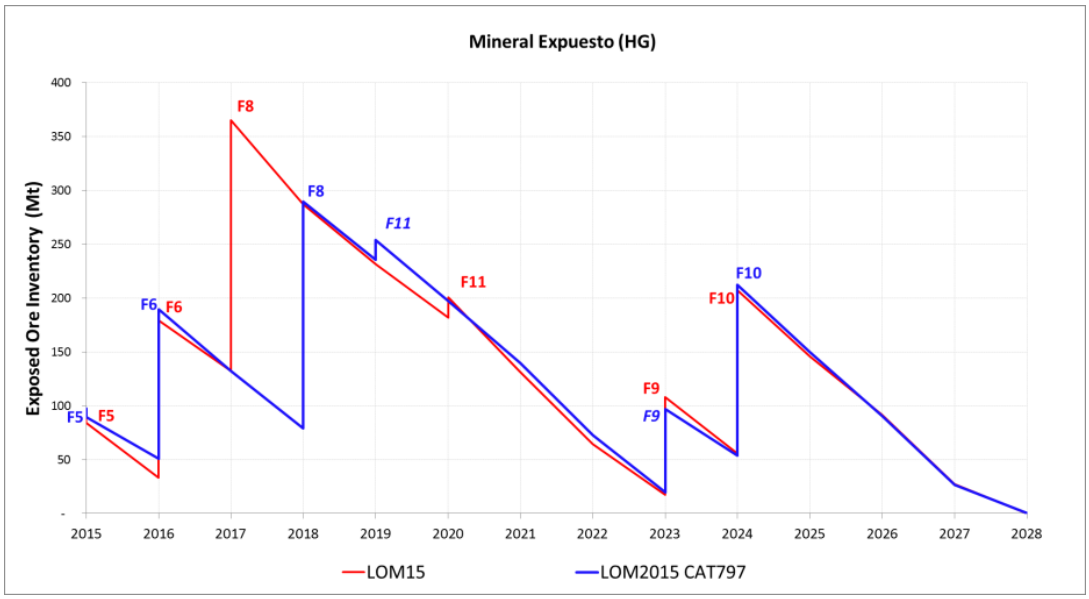
Fase	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
F4	2	0	1											
F5	7	6	6											
F6	7	7	6	6	4	3	3							
F7	4	3	0		0									
F8	5	11	5	4	5	6	7	6	7	5	1			
F9	2	6	3	7	7	7	7	4	5	7	7	1	1	2
F10					5	2	2	6	5	7	7	7	6	8
F11			3			2	0			2				

Fuente: Elaboración propia

5.9. EXPOSICION DE MINERAL

La exposición de mineral de las Fases 5,6,9 y 10, en ambos planes exponen en los mismos años y la Fase 11 en el plan LOM2015(Cat797) expone un año antes en el 2019 a diferencia del LOM2015 que lo expone en el 2020, pero esta fase es pequeña de 27Mtons, la mayor diferencia es la Fase 8 en el LOM2015 llega a un inventario de 365Mtons en el año 2017 y en el LOM2015(Cat797) llega a un inventario de 289Mtons en el 2018 un año después, ambos exponen en el mismo banco del 4343, se puede decir que tiene más riesgo de exposición de mineral el plan LOM2015(Cat797) por quedarse sin mineral en el año 2018.

Ilustración 63 Exposición de Mineral

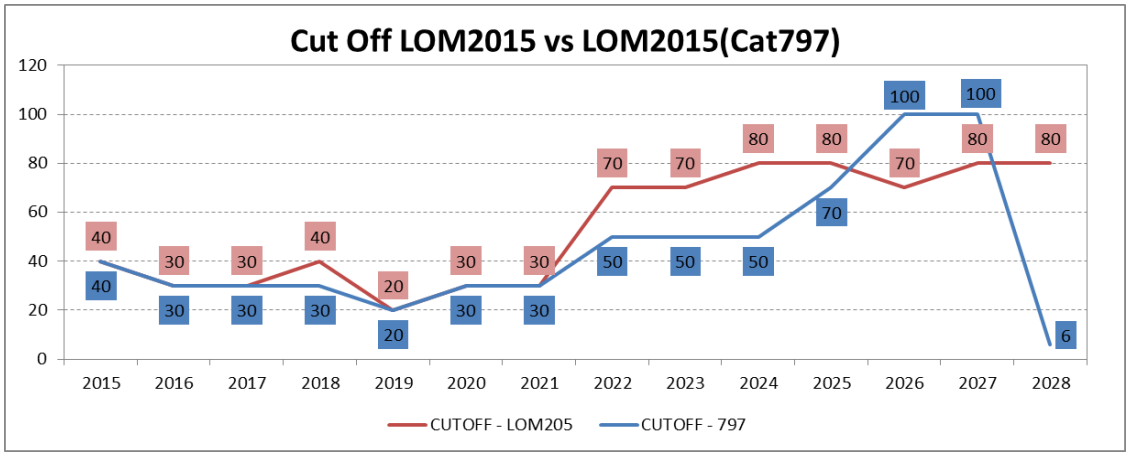


Fuente: Elaboración propia

5.10. LEY DE CORTE (CUTOFF GRADE)

El perfil de ley de corte muestra que en el plan LOM2015 es más alto que el LOM2015 (Cat797) excepto en los años 2026 y 2027 que tiene una muy alta ley de corte de 100K$/Hr, al tener menos ley de corte produce menor generación de mineral de baja ley, por lo cual produce menos remanejo al final de la vida de la mina al devolver mineral de baja ley al pit y también mejor aprovechamiento del mineral al acabar con un cutoff de 6K$/Hr.

Ilustración 64 Comparación de la Ley de Corte



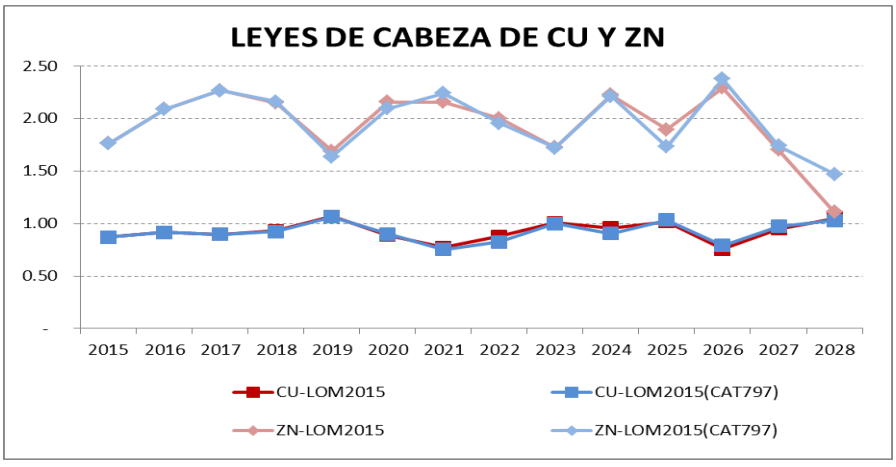
Fuente: Elaboración propia

5.11. ALIMENTACION A PLANTA CONCENTRADORA

Se consideró todos los minerales para la ley de cabeza de Cu y Zn, también se consideró los minerales de M4A, M4AT y M6, se usó los mismos parámetros en ambos planes de minado.

El cutoff los primeros años hasta el 2018 permanece con la misma la ley de cabeza, en los posteriores años el efecto de tener menos Cutoff grade también es tener menor ley de cabeza como lo tiene el plan LOM2015(Cat797).

Ilustración 65 Comparación de Ley de Cabeza



Fuente: Elaboración propia

Los concentrados de Cu en el plan LOM2015(Cat797) tiene -0.6% menos y en concentrado de Zn es prácticamente iguales, existe una diferencia de más contenido de concentrado de Plomo en 3.9%.

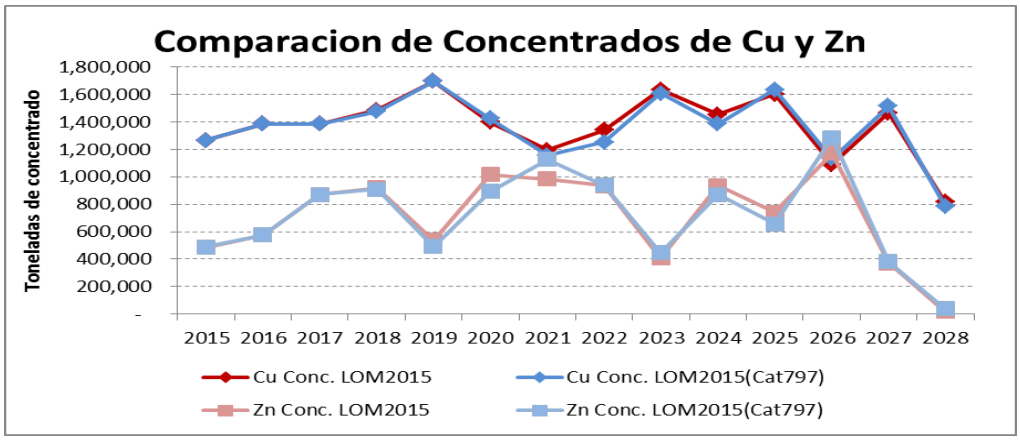
Tabla 32 Comparación de Concentrados

Produccion de concentrados	LOM2015	LOM2015(CAT797)	Diferencia	
	k Tonnes	k Tonnes	k Tonnes	%
Cu concentrdo en M1 & M2	11,189	11,117	-72	-0.6%
Cu Bo concentrado en M5 y M6	368	370	3	0.7%
Cu HiBi concentrado en M2A, M2AT, M4A, M4AT	7,673	7,634	-40	-0.5%
Cu Concentrado	19,229	19,121	-109	-0.6%
Zn Concentrado	9,979	9,980	2	0.0%
Moly Concentrado	157	156	-1	-0.5%
Lead Concentrado	114	118	4	3.9%
Total	48,709	48,496	-213	-0.4%

Fuente: Elaboración propia C. Guerra

En los primeros años los concentrados de Cu hasta el 2020 son muy parecidos, con respecto a los años 2021 al 2024 los concentrado de Cu en el plan LOM2015(Cat797) son menores que el LOM2015 y después del 2025 en adelante se invierte el concentrado de Cu en el LOM2015(Cat797) es mayor que el LOM2015, con respecto a los concentrados de Zn la mayor diferencia la tiene en el año 2024 que el plan del LOM2015(Cat797) es mayor.

Ilustración 66 Comparación de Concentrados de Cu y Zn



Fuente: Elaboración propia

La producción de metal en todos es ligeramente menor a excepción del Plomo que es mayor la producción de metal.

Tabla 33 Producción de Metal

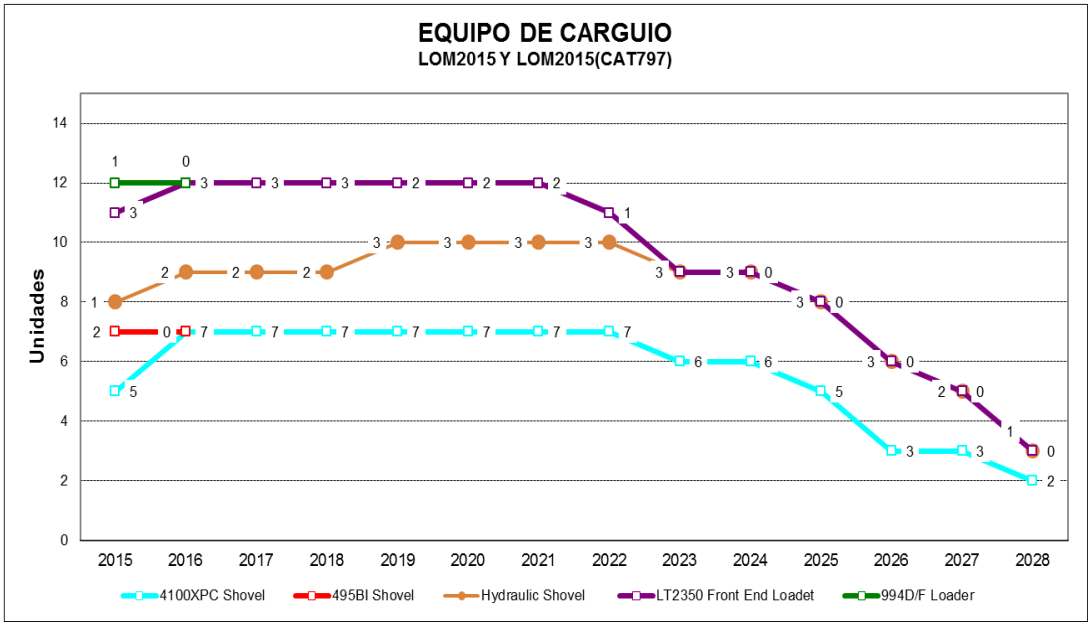
Produccion de Metal	LOM2015 k Tonnes	LOM2015(CAT797) k Tonnes	Diferencia k Tonnes	Diferencia %
Cu metal	5,556	5,524	-32	-0.6%
Zn metal	5,160	5,160	0	0.0%
Mo metal	81	80	-0	-0.5%
Ag metal	170,421	169,859	-562	-0.3%
Plomo metal	50	52	2	4.8%

Fuente: Elaboración propia

5.12. EQUIPO MINA CARGUIO Y PERFORADORAS

El equipo de carguío para ambos planes tiene los mismos equipos, 3 cargadores frontales LT2350, 3 palas hidráulicas y 7 palas 4100XPC, los ingresos y bajas de los equipos son según a la cantidad de horas acumuladas, como muestra en la ilustración en la parte inferior.

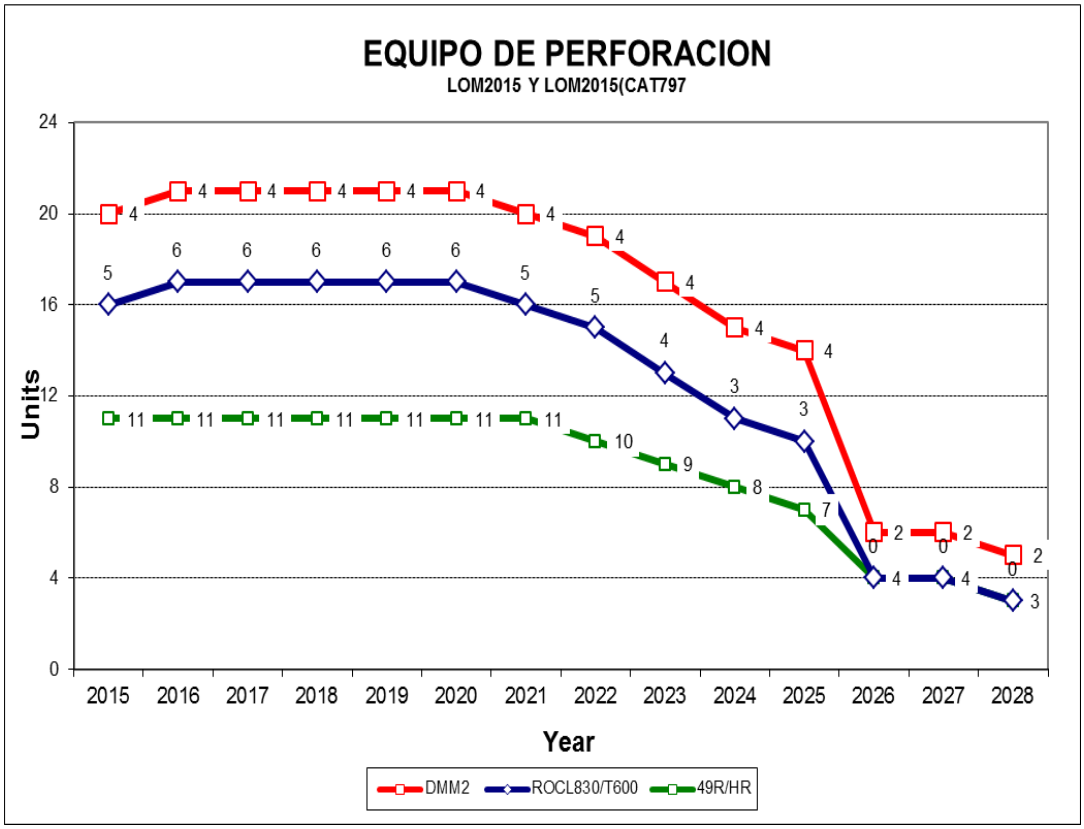
Ilustración 67 Equipo de Carguío



Fuente: Elaboración propia

El equipo de perforación se mantiene igual, 4 perforadoras DMM2, 6 ROCKL830/T600 y 11 79R/HR, las bajas al igual que los equipos de carguío y acarreo se dan por las horas acumuladas.

Ilustración 68 Equipo de Perforación



Fuente: Elaboración propia

5.13. REVISION DEL CÁLCULO DE HORAS DE CAMION

el cambio más resaltante fue el de cálculo de camiones, con la metodología antigua se consideraba el Box Capacity en las tolvas de los camiones, este se considera para minas en donde la densidad es menor a 1.5 toneladas/m3, en nuestro caso las densidades encontradas e incluso en el relleno son mayores a 2 toneladas/m3, por lo que se cambió a usar el factor de carga histórico de los camiones.

Los factores de altitud y factores de operación también fue modificada en menos medida debido a que en el cálculo anterior se multiplicaba ambos por 0.98, en esta

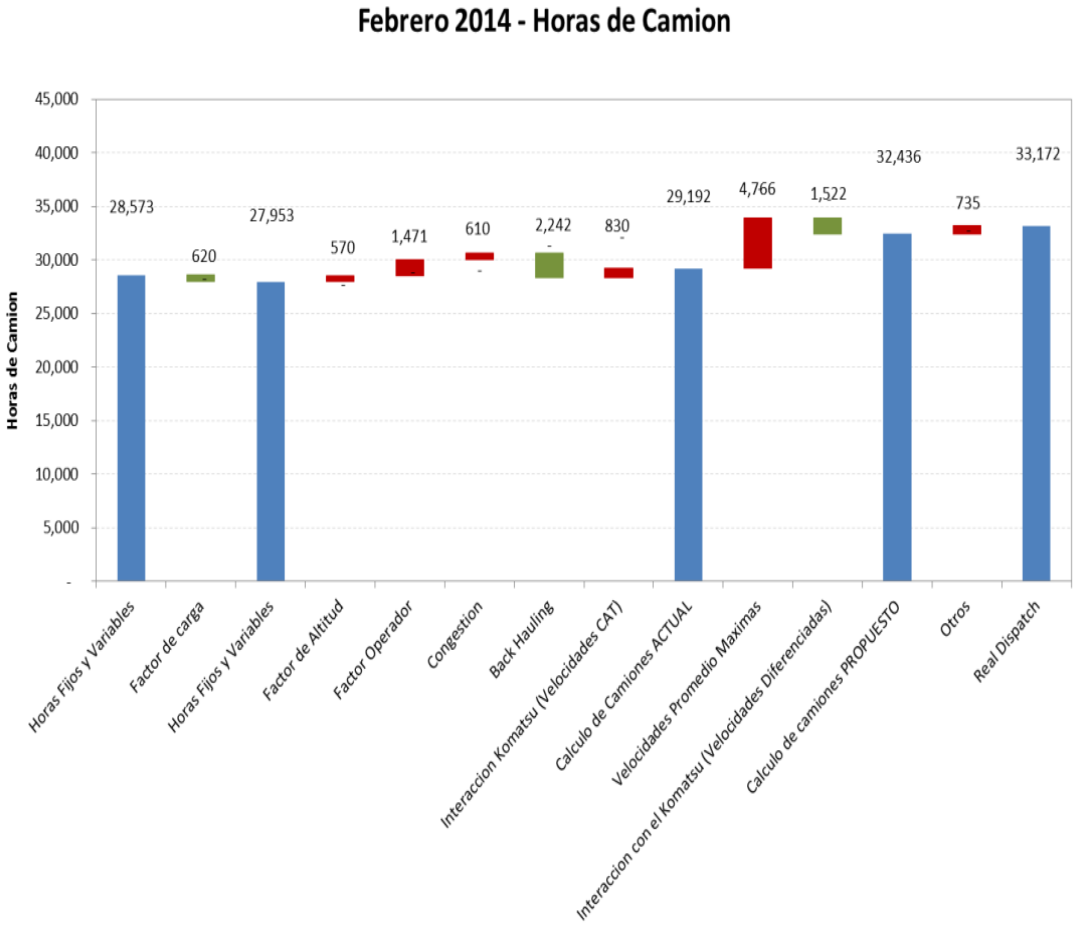
versión para el segunda factor no debe ser afectada el otro factor, ya que por eso se cambió la multiplicación de los factores.

La congestión es calculada con la diferencia de tiempos que existe sin considerar el Back hauling y la iteración con los komatsu. El back hauling se da por la programación dinámica que tiene el truck dispatch de asignar los camiones en su retorno a la pala a otro lugar que el inicial para optimizar el proceso, la iteración con los komatsu es la velocidad en rampa que es mayor que los del Caterpillar, debido a esto son retrasados a sus velocidad, esto es por la cantidad de camiones que aun se tiene de Caterpillar que esto va disminuir en el tiempo por el incremento actual de los Komatsu 930.

Las velocidades promedio máximas son usadas en base al estudio realizado que se ve en el proceso de ejecución y se diferencia las velocidades de los komatsus con los de Caterpillar para obtener el cálculo propuesto.

Se ha verificado dos temporadas del año, una época húmeda que mejor lo representa el mes de Febrero y una época seca que mejor lo representa Agosto.

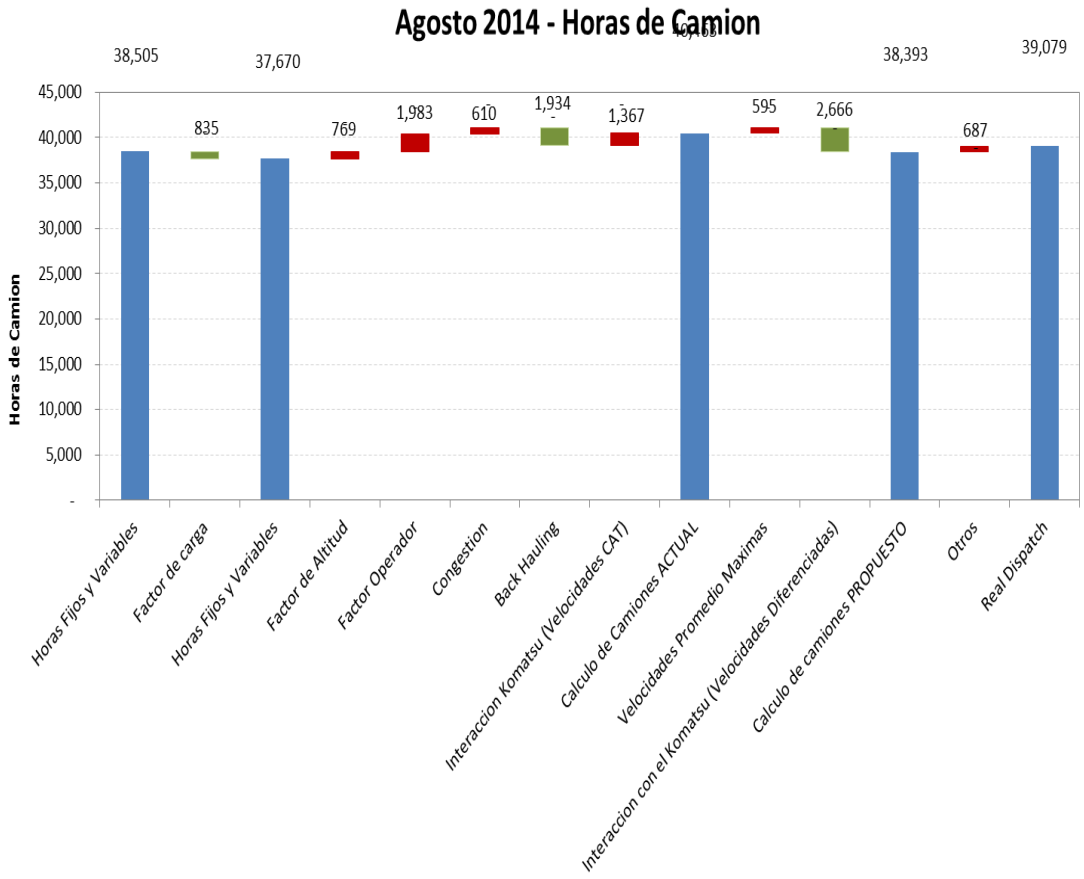
Ilustración 69 Horas de Camión del Mes de Febrero 2014



Fuente: Elaboración propia

Para el mes de Agosto en comparación con el mes de Febrero se observa que el back hauling es menor, así como las velocidades máximas que mejor lo representa en la época seca por tener menor horas de diferenciación para el cálculo propuesto, los otros son los retrasos que no son contabilizado por la preferencia del camión cargado, existe un retraso en el tiempo de retorno, así como el tiempo que retrasa por el mantenimiento de vías, donde el camión cargado tiene la preferencia en el sede el paso.

Ilustración 70 Horas de Camión del Mes de Agosto del 2014



Fuente: Elaboración propia

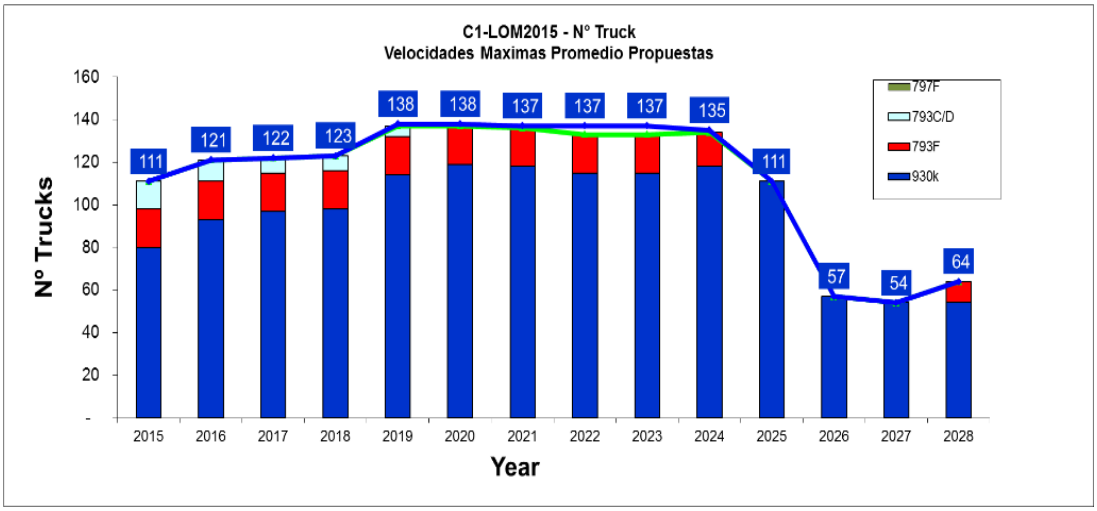
5.14. CÁLCULO DE HORAS DE CAMIÓN

El proceso para el cálculo de horas de camión incluye los camiones 793C/D/F, se considera como punto de partida 80 camiones Komatsu para el año 2015 y se comprarían lo camiones CAT797 a partir del año 2016.

Se actualizo la metodología del cálculo de camiones, considerando el Factor de carga del camión Komatsu de 297toneladas, velocidad promedio máxima con rodadura 2% y cálculo de horas de mantenimiento de vías considerando la estadística con respecto al número de camiones y horas usadas.

El caso base del LOM2015 el pico más alto de número de camiones llega a 138 con 120 camiones Komatsu para el año 2020, en los años 2022 y 2023 no se usan todos los camiones.

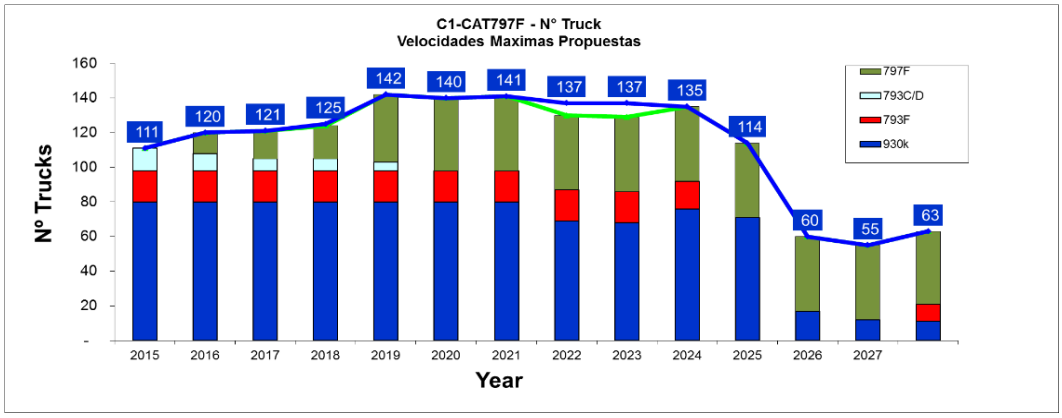
Ilustración 71 Numero de Camiones del LOM2015



Fuente: Elaboración propia

El escenario del LOM2015(Cat797) para el 2016 y 2017 se tiene un camión menos que el plan LOM2015 pero en el pico más alto se llega a 142 camiones con 80 Komatsus y 43 camiones Cat797, similar la caso anterior en el 2022 y 2023 no se usan todos los camiones.

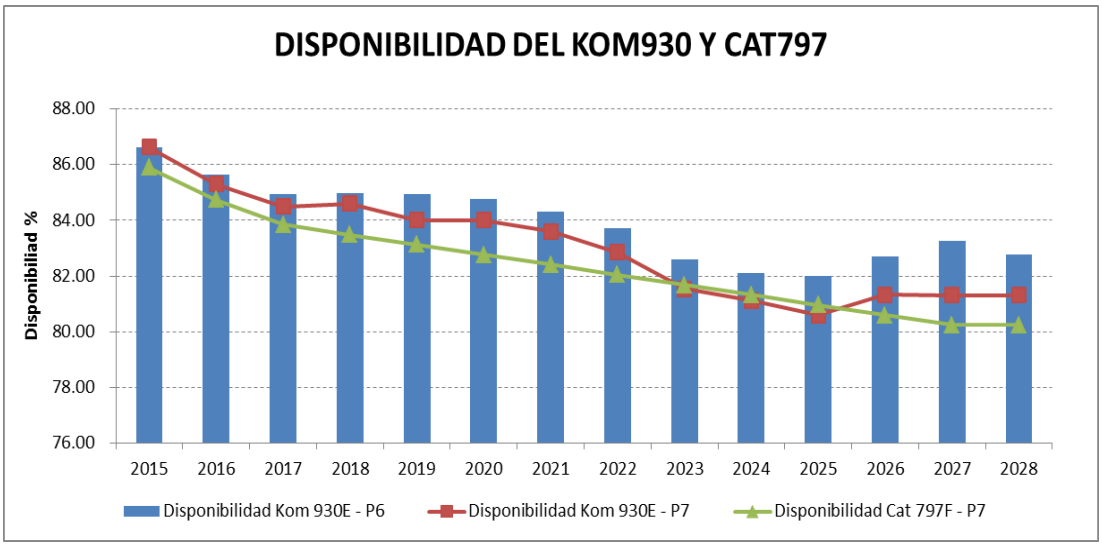
Ilustración 72 Numero de Camiones del LOM2015 (CAT797)



Fuente: Elaboración propia

La disponibilidad planeada para el Komatsu 930 es mayor que la disponibilidad del CAT797 excepción de los años 2023, 2024 y 2025 que son ligeramente mayores.

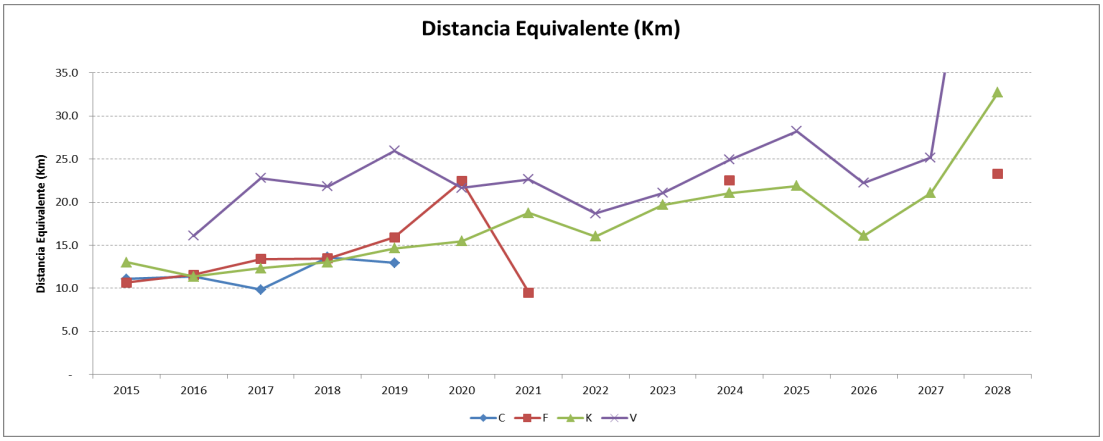
Ilustración 73 Disponibilidad del KOM930 y CAT797



Fuente: Elaboración propia

La distancia equivalente en el Cat797 es mayor que el Komatsu 930, el camión Cat793F se incremente en el 2020 debido a que deja de hacer el remanejo del mineral y lo realiza el Komatsu, a partir el año 2020 el Cat797 ingresa a la chancadora primaria.

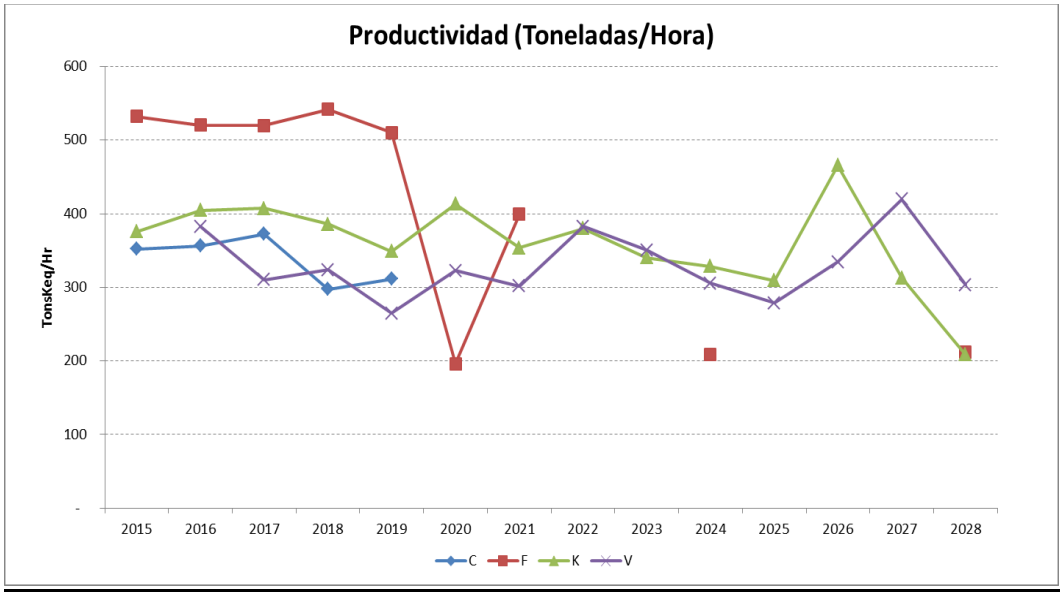
Ilustración 74 Distancia Equivalente



Fuente: Elaboración propia

La productividad del camión en toneladas por hora, el Komatsu tiene mejor productividad hasta el año 2022 donde sus distancias equivalentes se aproximan, en los primeros años el camión Cat793F hace el remanejo del mineral, debido a la distancia corta tiene mayor productividad.

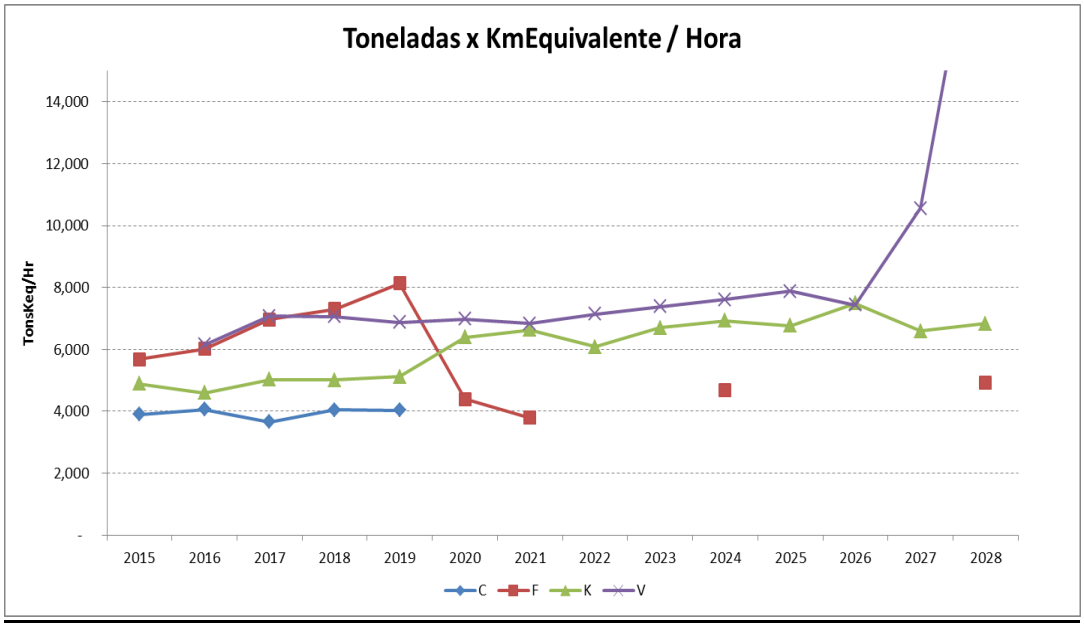
Ilustración 75 Productividad de Camiones



Fuente: Elaboración propia

Otro Kpi que podría verse es el TonKmEq/hr, en la que uniformiza el perfil y pueda verse comparables entre los camiones.

Ilustración 76 Toneladas por Kilometro Equivalente por Hora



Fuente: Elaboración propia

5.15. EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica se realizara con el modelo financiero hecho en una hoja Excel, donde intervienen los precios de los metales, ventas de los concentrados, penalidades por contaminantes en los concentrados, costos de minado, costos de procesamiento, costos de inversión y usando una TIR (tasas de retorno interna) se llevara el VAN (Valor actual neto), que este valor será comparado con el LOM2016 para dar la recomendación.

Se ha revisado los costos de acarreo de los camiones Cat793C/D/F y Kom930, desde el año1 de inicio de la operación y el orden cronológico de ingreso a la operación, el costo de Cat793C,D,F es menor comparado con el Kom930, debido al incremento de distancia recorrida al transcurrir los años, en los últimos años en la operación se ha estado enviando a los Komatsu a las distancias más largas y a los Cat a las distancias más cortas.

Tabla 34 Costos del CAT793C/D/F

Flota Caterpilar 793 C/D/F

Mina		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Promedio
Combustible	$/hora	150	163	162	166	141	154	158	146	126	150	147	152	162	172	154
Neumáticos	$/hora	38	43	42	44	46	38	39	38	30	33	41	37	46	51	40
Labor	$/hora	58	45	63	43	35	32	45	34	26	31	50	33	42	53	42
Otros	$/hora	10	8	12	10	3	7	6	6	1	6	6	6	7	11	7
Total Mina	**$/hora**	256	258	279	262	226	231	247	223	183	219	245	227	257	287	243
	$/ton.	0.42	0.42	0.55	0.40	0.40	0.46	0.69	0.66	0.40	0.54	0.65	0.61	0.68	0.95	0.56
Mantenimiento																
Mantenimiento & Reparaciones	$/hora	15	11	20	64	84	63	65	72	44	71	60	60	69	56	54
Herramientas e Insumos	$/hora	12	21	41	32	34	21	25	19	21	25	26	25	23	23	25
Labor	$/hora	20	14	20	14	12	11	14	12	10	11	16	12	13	17	14
Lubes & Fluids	$/hora	14	8	13	11	8	8	7	9	7	7	9	9	7	11	9
Otros	$/hora	14	9	13	11	8	8	8	9	7	7	10	8	8	12	9
Total Mantenimiento	**$/hora**	75	63	108	133	146	111	119	121	89	120	121	113	120	119	111
	$/ton	0.14	0.11	0.21	0.20	0.26	0.23	0.33	0.34	0.19	0.29	0.32	0.30	0.32	0.39	0.26
Total Caterpillar	**$/hora**	331	321	387	395	372	342	367	344	272	340	366	340	377	406	354
	$/ton	0.56	0.53	0.76	0.60	0.66	0.69	1.02	1.00	0.59	0.83	0.97	0.91	1.00	1.34	0.82
Distancia Equivalente	**Km Equiv.**	10,363	10,131	9,692	9,908	10,476	10,485	10,486	10,814	11,127	10,837	10,442	10,397	9,805	9,137	10,293

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35 Costos del Komatsu 930E

Flota Komatsu 930E-4SE

Mina	Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Promedio
Combustible	$/hora	216	219	238												224
Neumáticos	$/hora	80	107	95												94
Labor	$/hora	63	39	37												47
Otros	$/hora	13	9	10												11
Total Mina	**$/hora**	372	374	379												375
	$/ton	0.86	0.87	0.90												0.88
Mantenimiento																
Mantenimiento & Reparaciones	$/hora	2	14	33												17
Herramientas e Insumos	$/hora	18	29	34												27
Labor	$/hora	21	13	13												15
Lubes & Fluids	$/hora	14	9	10												11
Otros	$/hora	14	9	10												11
Total Mantenimiento	**$/hora**	70	75	100												82
	$/ton	0.16	0.18	0.24												0.19
Total Komatsu	**$/hora**	442	449	480												457
	$/ton	1.02	1.05	1.14												1.07
Distancia Equivalente	**Km Equiv.**	11,959	12,453	12,563												12,325

Fuente: Elaboración propia

Costos Operativos

Los costos de mina incluyen combustible, llantas, labor y otros, para los costos de mantenimiento incluye, mantenimiento y reparación, herramientas e insumo, labor, lubricantes, fluidos y otros.

a) Consumo de Combustible

Como se muestra en la siguiente tabla, el CAT797 consume más combustible que el KOM930, excepto en las bajadas que no consume combustible.

Tabla 36 Consumo de Combustible

Gl/Hr	Pendiente	KOM930**	CAT793F*	CAT797*
Subido Cargado	+10%	145	115	198
Plano Cargado	0%	42	60	70
Bajada Cargado	-10%	19		0
Subida Vacio	+10%	98		99
Plano Vacio	0%	29	47	57
Bajada Vacio	-10%	20	4	0

Fuente: Elaboración propia

b) Llantas

3272.58	Horas

c) Labor

- 1.44 Trabajadores por Camión en Mantenimiento, aquí se usó por política de la empresa ya que en la práctica se emplearía más trabajadores, esto como un input de mantenimiento.
- Trabajadores por camión en Operaciones Mina

Costo de capital

Esto está asociado al costo de cada camión y sus componentes:

Tabla 37 Costo Referencial del Komatsu 930E

CAMIÓN KOMATSU 930E-4SE				
Descripción	**Chasis**	**Tolva**	**Total**	**Observaciones**
Valor Ex Fabrica	**4,639,969**	**209,695**	**4,849,664**	Incluye Sistemas Contraincendios y Dispatch
Flete interno a Puerto Origen	36,503		36,503	
Gastos aduaneros Puerto Origen			-	
FOB HOUSTON USA	**4,676,472**	**209,695**	**4,886,167**	
Flete marítimo a Callao	50,371	19,625	69,996	
Seguro Internacional	4,696	578	5,274	
CIF Callao	**4,731,539**	**229,898**	**4,961,437**	
Gastos Aduaneros Callao	51,720	2,759	54,479	
Transporte terrestre a mina	38,438		38,438	Referencia Ultima flota camiones 2014.
Seguro Local	6,795		6,795	
Armado (mano de obra)	50,700	29,899	80,599	Valores estimados para 10 camiones
Armado (Grúas y equipos)	69,000		69,000	
Suministro Local (Sistema Modular)	42,703		42,703	
Suministro Local (Otros)	10,000		10,000	
Costo Estimado RTW mina (sin llantas)	**5,000,895**	**262,556**	**5,263,451**	
Neumaticos x 6			300,000	
TOTAL RTW MINA			**5,563,451**	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38 Costo Referencial del Caterpillar 797

CAMIÓN CAT 797F				
Descripción	**Chasis**	**Tolva**	**Total**	**Observaciones**
Valor Ex Fabrica	**4,410,044**	**302,359**	**4,712,403**	Incluye Sistemas Contraincendios y Dispatch
Flete interno a Puerto Origen	89,130	25,000	114,130	
Gastos aduaneros Puerto Origen	3,261	1,087	4,348	
FOB HOUSTON USA	**4,502,435**	**328,446**	**4,830,881**	
Flete marítimo a Callao	44,348	22,609	66,957	
Seguro Internacional	4,547	374	4,921	
CIF Callao	**4,551,330**	**351,429**	**4,902,759**	
Gastos Aduaneros Callao	43,976	3,614	47,590	
Transporte terrestre a mina	41,304	34,783	76,087	
Armado (mano de obra)	117,694	55,547	173,241	Valores estimados para 10 camiones
Armado (Grúas y equipos)			137,784	
Costo Estimado RTW mina (sin llantas)			**5,337,461**	
Neumaticos x 6			300,000	
TOTAL RTW MINA			**5,637,461**	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39 Cuadro comparativo Kom930 y Cat797

CUADRO COMPARATIVO - CAMIONES			
Descripción	**CAT 797F**	**KOM 930E-4SE**	**Observaciones**
Valor Ex Fabrica	**4,712,403**	**4,849,664**	Incluye Sistemas Contraincendios y Dispatch
Flete interno a Puerto Origen	114,130	36,503	
Gastos aduaneros Puerto Origen	4,348		
FOB HOUSTON USA	**4,830,881**	**4,886,167**	
Flete marítimo a Callao	66,957	69,996	
Seguro Internacional	4,921	5,274	
CIF Callao	**4,902,759**	**4,961,437**	
Gastos Aduaneros Callao	47,590	54,479	
Transporte terrestre a mina	76,087	38,438	Referencia Ultima flota camiones 2014.
Seguro Local		6,795	
Armado (mano de obra)	173,241	80,599	Valores estimados para 10 camiones
Armado (Grúas y equipos)	137,784	69,000	
Suministro Local (Sistema Modular)		42,703	
Suministro Local (Otros)		10,000	
Costo Estimado RTW mina (sin llantas)	**5,337,461**	**5,263,451**	
Neumaticos x 6	300,000	300,000	
TOTAL RTW MINA	**5,637,461**	**5,563,451**	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40 Componentes asociados al Komatsu 930

Item	Marca	Componente	P/N	Qty	Valor Unitario USD	Valor Total USD
1	Cummins	Motor Diesel	QSK78	1	755,615	755,615
2	Komatsu	Radiador	58B-03-20010	1	114,756	114,756
3	Komatsu	Alternador Principal	58B-06-00680	1	566,419	566,419
4	Komatsu	Kit Subframe Bastidor	AK9361	1	169,428	169,428
5	Komatsu	Motor de tracción	58F-30-00021	2	1,157,777	2,315,554
6	Komatsu	Soplador de Parrillas	XA4146SERV	2	108,612	217,224
7	Komatsu	Suspensión Posterior	EM8844	2	69,762	139,524
8	Komatsu	Suspensión Delantera	58F-50-00100	2	123,583	247,166
9	Komatsu	Rueda Delantera	XB7682SERV	2	138,903	277,806
10	Komatsu	Cabina Operador	AK9448	1	133,643	133,643
11	Komatsu	Gabinete de Control Principal	58F-43-00031	1	688,467	688,467
12	Komatsu	Gabinete Auxiliar	XB8525	1	123,725	123,725
13	DT	Tolva	TOLVALIGHT930E-4	1	259,200	259,200

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41 Componentes asociados al Cat797

MODELO	DESCRIPCIÓN	CNT	NPARTE	VVENTA ANTAMINA
797F	MOTOR	1	365-9327	893,029
797F	TRANSMISIÓN	1	450-3837	374,156
797F	CONVERTIDOR	1	317-1017	198,961
797F	DIFERENCIAL	1	291-2627	196,042
797F	MANDO FINAL	2	319-6703	504,025
797F	RUEDA	2	292-2171	294,184
797F	CIL SUSP DELT	2	289-8629	152,782
797F	CIL SUSP POST RH	1	289-8619	42,114
797F	CIL SUSP POST LH	1	289-8620	42,114
797F	CIL DIRECCIÓN RH	1	288-5537	12,314
797F	CIL DIRECCIÓN LH	1	194-6171	11,251
797F	CIL LEVANTE	2	289-8616	72,684

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VI

EVALUACIÓN DEL MÉTODO

CAPITULO VI

EVALUACION DEL METODO

El método se evaluará comparando cada una de las actividades realizadas con el plan LOM 2015, esto nos confirmara no solo con el Valor Presente Neto sino también las estrategias que podría conllevar a tener crecimientos de producción más elevadas.

Este método es comparable a Opciones Reales, en la que se puede analizar casos en el que podría tener un diferente escenario, si es por conveniente, los casos a analizar serán tres para nuestro proyecto y ver la tendencia si existe un aporte considerable o perdido en el proceso.

6.1. COMPARACION ECONOMICA

Esta comparación es cuantitativa que nos indicara la mejor elección para el tipo de flota que se tendrá para las futuras compras, esto con lleva a tener una mejor precisión ya que el camión estará en prueba por una año a comparación de otros proyectos que podrían ser totalmente teóricos por no tener información real de las condiciones actuales de la mina.

Para el caso1 (C1), es el caso en el que se revisó todos los parámetros, de disponibilidad, velocidades máximas, tiempos fijos y factores de carga, con respecto al LOM2015 update tiene una diferencia de -223M$, siendo de menor valor que el caso base.

El caso2 (C2) tiene una disponibilidad más alta de 87.27% para el primer año para el Caterpillar 797F y luego desciende la disponibilidad con la misma pendiente con los otros modelos de Caterpillar, teniendo una pérdida del NPV de -213M$.

Se realizó un caso3 (C3), en la que se mantiene las rampas de 3.0 veces el camión más ancho, lo cual entraría el Caterpillar 797F sin ensanchar las rampas, pero en el radio de giro requeriría 4 metros más.

Para reflejar la curva en la simulación, al swith back le bajamos la velocidad al Cat797 a 3Km/hr, tratando de reflejar, cada vez que pase se frena para que de preferencia al Komatsu que esta de subida, ya que para el radio externo no tendría problemas, el valor de NPV es de -98M$, siendo la mayor perdida en el Opex.

Tabla 42 Evaluación Económica de Casos

NPV US$ Millions	LOM 2015 Updated	CAT 797 C1	CAT 797 C2	CAT 797 C3
Revenue	32,099	31,938	31,938	32,099
Realization Charges	(4,104)	(4,087)	(4,087)	(4,104)
OPEX	(8,264)	(8,411)	(8,403)	(8,396)
CAPEX	(1,535)	(1,595)	(1,588)	(1,559)
Tax	(6,588)	(6,459)	(6,465)	(6,531)
Leasing 10 Trucks	-	-	-	-
Total	**11,608**	**11,385**	**11,395**	**11,510**
EBIT Margin	61.5%	60.9%	60.9%	61.1%
ROI	7.56x	7.14x	7.17x	7.39x
CER	13.2%	14.0%	13.9%	13.5%
Opex Ratio	25.7%	26.3%	26%	26%
Ratio tax/revenue	20.5%	20.2%	20.2%	20.3%
IRR				
Payback Period				

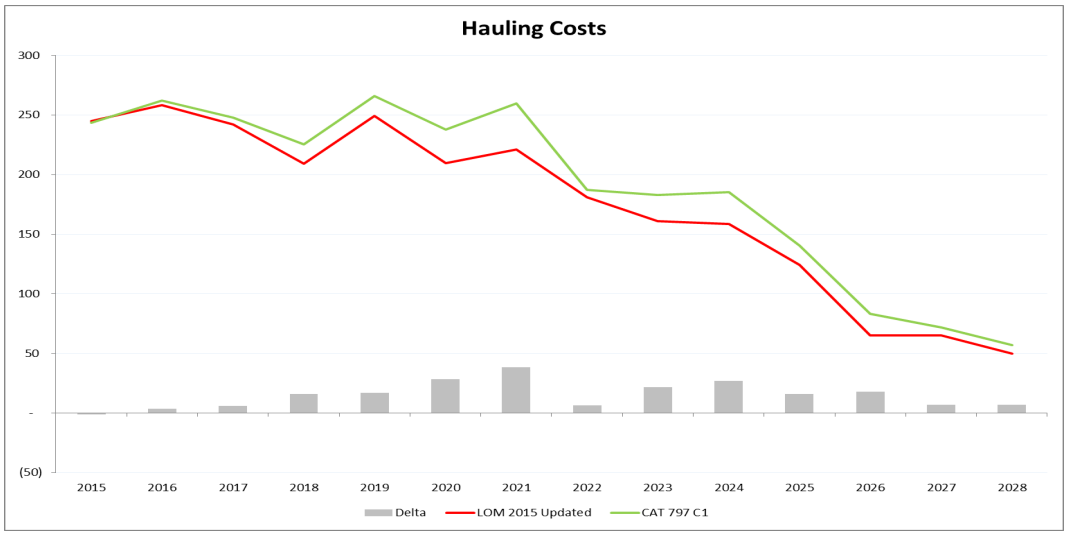
Delta NPV	CAT 797 C1	CAT 797 C2	CAT 797 C3
Revenues	(162)	(162)	-
Realization Charges	17	17	-
OPEX	(147)	(139)	(132)
CAPEX	(60)	(53)	(23)
Tax	129	124	57
Working Capital	-	-	-
Net Present Value	**(223)**	**(213)**	**(98)**
EBIT Margin	180.4%	175.4%	n.a.
ROI	-3.74	-4.01	-4.18
Opex Ratio	91%	86%	n.a.
Ratio tax/revenue	79.6%	76.5%	n.a.

Delta Revenue	CAT 797 C1	CAT 797 C2	CAT 797 C3
Copper Revenue	(133)	(133)	-
Zinc Revenue	(22)	(22)	-
Moly Revenue	(4)	(4)	-
Silver Revenue	(8)	(8)	-
Lead Revenue	3	3	-
Bismuth Revenue	1	1	-
Revenues	**(162)**	**(162)**	**-**

Fuente: Elaboración propia

El costo de acarreo de los camiones Caterpillar 797F es mayor al costo de acarreo de los camiones Komatsu 930E-SE.

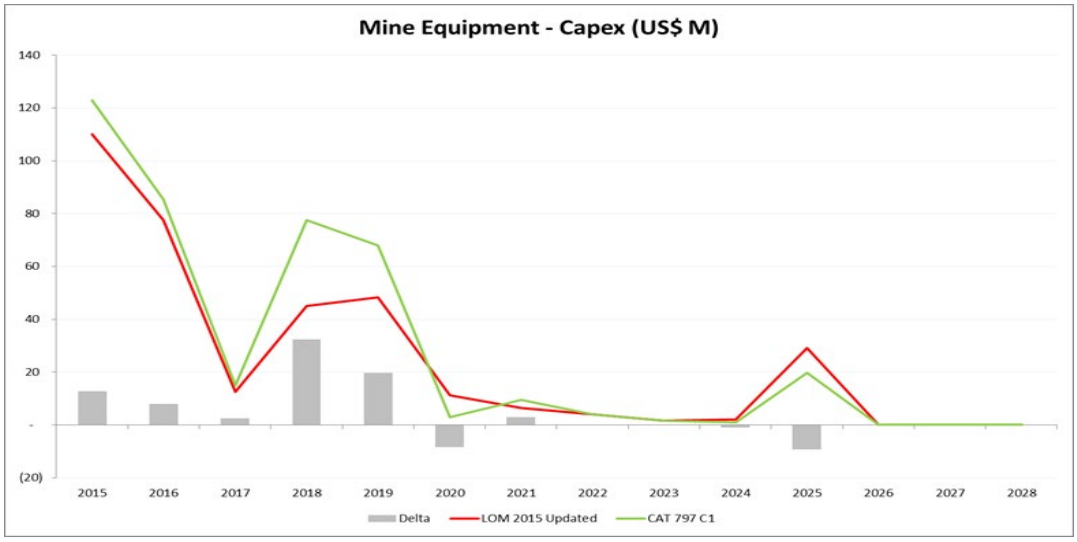
Ilustración 77 Costo de Acarreo



Fuente: Elaboración propia

El Capex es mayor el LOM2015(Cat797) por la cantidad extra de camiones que se estaría comprando

Ilustración 78 CAPEX del LOM2015(KOM930) y LOM2015(CAT797)



Fuente: Elaboración propia

6.2. VENTAJAS DEL MÉTODO

Las ventajas del método utilizado son las siguientes:

- Establecer un estándar de gestión bajo la guia internacionales como el PMBOK, para la selección de equipo de acarreo y sea comparados de forma justa con el caso base el LOM que se esté en curso y ser entendido a todo nivel.
- La revisión de las velocidades máximas según el sistema de control dispatch y la verificación en campo hace que la estimación de horas de camión en el tiempo variable sean más confiables.
- La estimación de disponibilidad se usa el bench marking, la regresión histórica de los camiones transcurridos desde el año de ingreso por tipo y los resultados de la prueba del camión de un año transcurrido, nos proporciona un mejor estimado de la disponibilidad.
- La reconciliación de horas de camión para comprobar que el cálculo de horas de camión con las más aproximadas a la realidad, comprobando dos épocas del año bien marcas, en lluvia y en seco, y proyectando por la precipitación mensual.
- La revisión de los diseños de fases y acarreos según la política de la compañía, pone en manifiesto la estrategia a seguir para realizar el plan de minado, con la productividad pala según el tipo de camión.
- Considera el número de operadores por camión que hace evalué el costo operativo y a su vez cuantificar el riesgo por tener mayor o menor número de trabajadores que hace notar estratégicamente la relación con las comunidades.
- La estimación de costos de contemplar la regresión de los camiones del mismo tipo según el ingreso a mina, llevándolos desde el año cero en adelante, se tiene mas confianza en la estimación.
- El capital de la primera compra se asociado a los repuesto que se usaran en el primer año y por cada cierta cantidad de equipos un componente mayo para reducir los riesgos asociados en la disponibilidad del equipo.

- La decisión en base a la evaluación económica usando en NPV como indicador de la mejor elección, es la más importante de las ventajas por contemplar todos los aspectos usados en un Planeamiento de minado a Largo Plazo.

6.3. DESVENTAJAS DEL MÉTODO

Las desventajas del método utilizado son las siguientes:

- Los aspectos de confort con el operador del camión, para que el factor operador en el cálculo podría cambiar de ser menos favorable o favorable, para este método no se está considerando un cambio significativo para el cálculo.
- El camión en prueba en mina tiene una disponibilidad alta debido al tiempo de reacción de los mecánicos al presentar problemas, que a diferencia de tener una flota mayor el tiempo de reacción seria mucho menor.
- La supervisión constante sobre la política del factor de carga para no exceder al camión y muestre una productividad mayor a su promedio que podría distorsionar el la selección del equipo.
- No contempla una alianza estratégica para obtener menor inversión de capital o menor costo por los repuestos, ya sea por accesibilidad, la cantidad de camiones, costo unitario menor.
- No evalúa los estándares sobre la conservación del medio ambiente, tanto al ser fabricado como en el uso, por ser un camión con motor eléctrico o mecánico.

CONCLUSIONES

Primera: El planteamiento metodológico nos indica recomendar este método de selección del equipo de acarreo usando la Guía del PMBOX, para las siguientes expansiones de la mina, por reemplazo de equipos o estratégicamente el más adecuado para la compañía.

Segunda: El planteamiento teórico empleada es el análisis de opciones, en la que cada opción ya sea parámetros en entrada o proceso de planeamiento, es evaluada con el valor presente neto, y para la gestión del proyecto siguiendo los procesos de la guía del PMBOK.

Tercera: La descripción de la problemática, se presenta el LOM2015 como último proceso realizado y como caso base para la comparación del camión CAT797F, se revisó los parámetros de entrada y proceso de planeamiento; como la valorización del bloque, optimización de bloques, diseño de fases, parámetros de entrada, ángulos geotécnicos, ecuaciones metalúrgicas, modelo geológico, plan de minado, evaluación económica y riesgos asociados al plan. La consigue tener un incremento de producción de material en 17.4% para el año 2016.

Cuarta: La validación del método, se ha descrito paso a paso en la metodología, revisando la distribución de horas y reconciliando de horas de camión utilizadas, llegando a la conclusión que la productividad de la pala P&H4100 con el camión CAT797 es de 34.9Mtoneladas/año menor que la productividad de la pala P&H4100 con el camión KOM930 de 35.6Mtoneladas/año.

Quinta: Evaluación del método, considera evaluar económicamente mediante el indicativo del NPV, ya que la comparación entre las tres opciones es justa y por lo tanto se concluye que el mejor equipo para estas condiciones actuales de la mina, es el camión Komatsu 930E.

RECOMENDACIONES

Primera: El planteamiento metodológico siguiendo la guía del PMBOX, no exactamente se debe realizar la metodología de la misma manera en todos los proyectos de selección de equipo de acarreo, esto puede adecuarse a las nuevas condiciones de la mina y los nuevos equipos que salgan al mercado.

Segunda: Para la selección de opciones, se recomienda realizar un análisis de sensibilidad para los diferentes parámetros de entrada que afectan el proceso de planeamiento, con la finalidad de alcanzar el mejor NPV.

Tercera: La descripción de la problemática, se usa el LOM2015 como caso base, que tiene como resultado un plan de varias opciones que se realiza en un proceso anterior y se debe contemplar la revisión el proyecto de Troley, en el planeamiento estratégico, ya que de ir por la opción de los Caterpillar en alguna circunstancia, no se podría usar este sistema.

Cuarta: El método de selección basado en la guía del PMBOK, podría simplificarse o aumentar controles, dependiendo de la envergadura que contempla la selección del equipo de acarreo o sistema de acarreo, como son por fajas

Quinta: La validación del método, se podría contemplar analizar los siguiente puntos; Se recomienda revisar tolvas livianas en el Komatsu para aumentar el Factor de Carga y también revisar el tamaño de la cuchara de la pala para el match factor pala – camión. Revisar la modificación de rampas de +/-10%, poniendo a prueba rampas de +/-8% en el tajo y para botaderos, probar rampas <+/-5%, que por comparación en otras unidades mineras, el camión Caterpillar 797 tiene mejor productividad.

ANEXOS

ANEXO A: Carta del proyecto

Nombre del Proyecto:	
Preparado por:	
Fecha:	
Iniciacion:	
Resumen	Porque: Que:
	Cuando: Cuanto:
Proposito / Necesidad del Negocio:	
Descripcion del Proyecto y Entregables:	
Gestion del Proyecto:	

Recurso:	
Comunicacion:	
Aceptacion:	
Gestion de Cambios:	
Aprobacion:	Sponsor: Gerente del Proyecto:

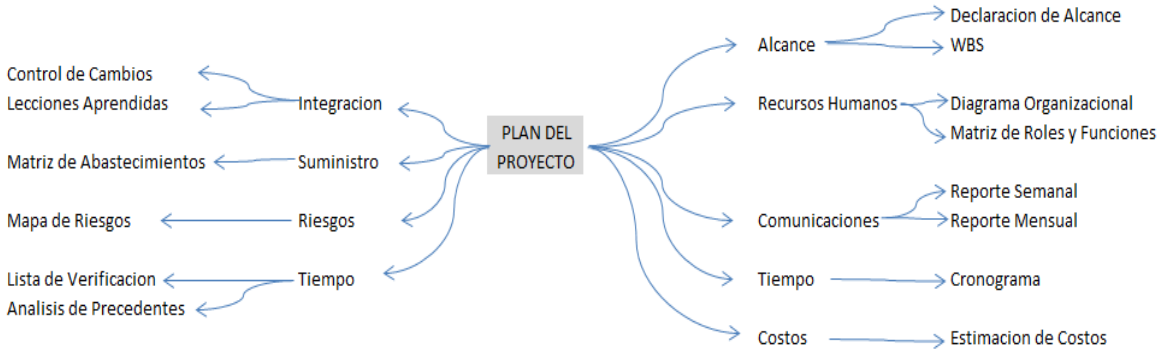
Fuente: Elaboración propia C. Guerra basado en el PMBOK

ANEXO B: Identificación de Involucrados

Item	Stakeholders	Poder	Interesados	Matriz de Analisis
1	Superintendente de Planeamiento	3	4.5	Manejar Cerca
2	Senior de Planeamiento	2	3	Mantener Informados
3	Leader del Proyecto	2	4	Mantener Informados
4	Ingeniero de campo	1	2	Hacer seguimiento
5	Superintendente de Mantenimiento	2	4	Mantener Informados
6	Superintendente de Finanzas	3	3	Manejar Cerca
7	Superintendente de Operaciones Mina	3	1.5	Mantener Satisfecho
8	Gerente de Operaciones Mina	3	4	Manejar Cerca

Fuente: Elaboración propia C. Guerra basado en el PMBOK

ANEXO C: Plan del Proyecto



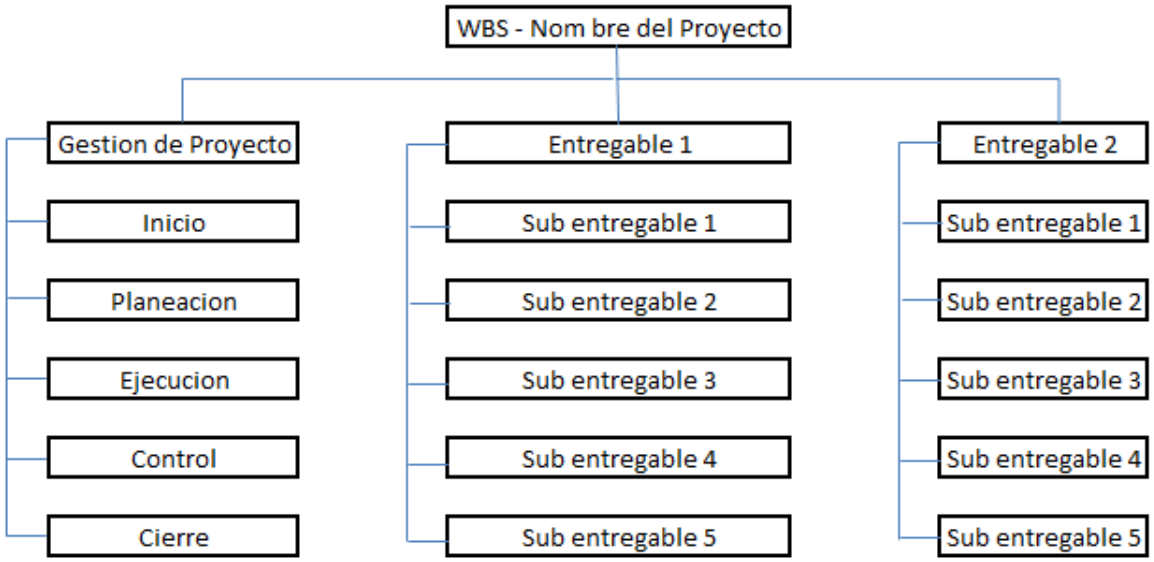
Fuente: Elaboración propia C. Guerra basado en el PMBOK

ANEXO D: Enunciado de Alcance de Proyecto

Nombre del Proyecto:	
Preparado por:	
Fecha:	
Justificacion del Proyecto:	
Descripcion del Proyecto:	
Entregables del Proyecto:	
Objetivos del Proyecto:	
Costo Objetivo:	
Cronograma Objetivo:	
Mediciones de Calidad:	

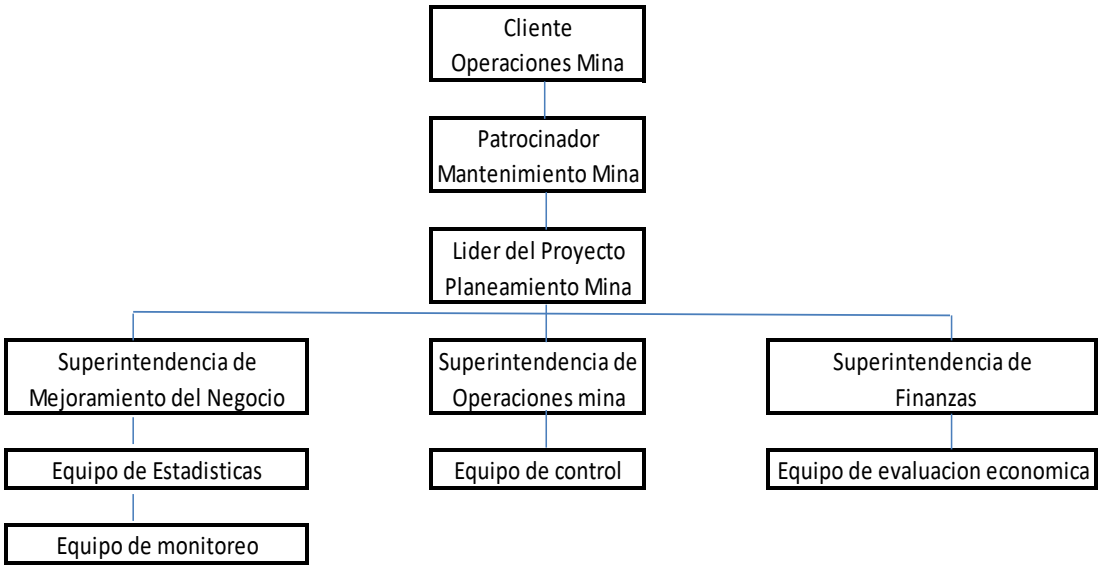
Fuente: Elaboración propia C. Guerra basado en el PMBOK

ANEXO E: Estructura de Desglose de Trabajo



Fuente: Elaboración propia C. Guerra basado en el PMBOK

ANEXO F: Diagrama Organizacional



Fuente: Elaboración propia C. Guerra basado en el PMBOK

ANEXO G: Matriz de Roles y Funciones

		E:Ejecuto		C:Coordino		A:Autoriza	
		P: Participa		R:Revisa			
WBS	Matriz de Roles y Funciones	Gerencia Operaciones Mina	Superintendencia de Mantenimiento Mina	Lider del Proyecto Planeamiento Mina	Superintendencia de Mejoramiento del Negocio	Operaciones Minas	Superintendencia de Finanzas
	Gestion del Proyecto						
1.0	Inicio						
1.1	Recoleccion de Requerimiento	P	A	C/E	R	A	P
2.0	Plan del Proyecto						
2.1	Declaracion de Alcance	P	P	P/C	P	P	P
2.2	WBS	A	R	C/R	P	P	
2.3	Diagrama Organizacional	A		C/E			
2.4	Matriz de Roles y Funciones	P	P	P/C	P	P	P
2.5	Reporte Semanal	R		E			R
2.6	Reporte Mensual	R		E			R
2.7	Cronograma			E/C			
2.8	Estimacion de Costos			E/C			P
2.9	Mapa de Riesgos			E/C		P	
3.0	Ejecucion						
3.1	Lista de aseguramiento de calidad			E/P		P	
4.0	Control						
4.1	Control de avance	R		E/P			
5.0	Cierre						
5.1	Reporte Final			E/P			
5.2	Actas de recepcion	R	E	E/C	R	R	R

Fuente: Elaboración propia C. Guerra basado en el PMBOK

Anexo H: Matriz de comunicación

NOMBRE DEL PROYECTO																	
MATRIZ DE COMUNICACIÓN																	
			Como				Periocidad				Medio a Utilizar					Documento
Quien Comunica	Que comunica	A quien comunica	Oral	Escrito	Formal	Informal	Unico	Diario	Semanal	Quincenal	e-mail	Reunion	Acta	Telefono	Sitio Web	

Fuente: Elaboración propia C. Guerra basado en el PMBOK

ANEXO I: Secuenciar Actividades

Fuente: Elaboración propia C. Guerra basado en el PMBOK

ANEXO J: Cronograma

Actividades	ene-14	feb-14	mar-14	abr-14	may-14	jun-14	jul-14	ago-14	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	jul-15
Plan de la investigacion																			
Recoleccion de datos																			
Analisis estadistico historico																			
Diseño de fases de minado																			
Preparacion de plantillas de calculo																			
Toma de datos en campo																			
Analisis estadistico de campo																			
Analisis de resultados																			
Presentacion del primer avance																			
Presentacion Final																			
Reporte de la Investigacion																			

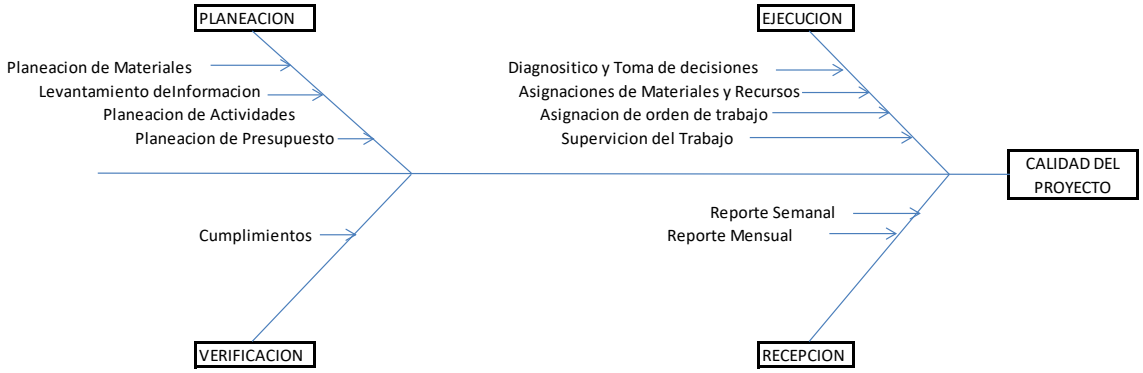
Fuente: Elaboración propia C. Guerra basado en el PMBOK

ANEXO K: Estimación de Costos

NOMBRE DEL PROYECTO - ESTIMACION DE COSTOS					
ITEM	WBS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (s/.)	TOTAL
1.0	GESTION DE PROYECTO				
1.1	Lider del Proyecto	meses	12	8,000	96,000
2.0	EJECUCION				
2.1	Supervisor de Campo	meses	12	4,000	48,000
2.3	Viajes a Mina	Unidad	4	2,000	8,000
2.4	Reportes	Unidad	4	200	800
2.5	Reporte Final	Unidad	4	200	800
TOTAL					153,600

Fuente: Elaboración propia C. Guerra basado en el PMBOK

ANEXO L: Diagrama causa efecto, Plan de Calidad



Fuente: Elaboración propia C. Guerra basado en el PMBOK

ANEXO M: Matriz de Probabilidad de Impacto

Nombre del Proyecto:					
Preparado por:					
Fecha:					
Clasificacion de riestos por un riesgo especifico					
Probabilidad	Clasificacion de riesgos = PxI				
5	5	10	15	20	25
4	4	8	12	16	20
3	3	6	9	12	15
2	2	4	6	8	10
1	1	2	3	4	5
Impacto	1	2	3	4	5

Impacto sobre un objetivo

Cada riesgo es clasificado de acuerdo a su probabilidad de ocurrencia. Deacuerdo con los criterios de la organización para riesgos bajos (verde) moderado (amarillo) y alto (rojo), como se muestra en la matriz determina su clasificacion.

Fuente: Elaboración propia C. Guerra basado en el PMBOK

BIBLIOGRAFIA

GENERAL

- MEJIA IBAÑEZ, Raúl. Metodología de la Investigación: Como realizar y presentar trabajos de investigación. 3ra edición Sagitario, La Paz, Febrero 2008, 284p.

ESPECIALIZADA

- BISE, CHRISTOPHER. Mining Engineering Analysis, Second edition, Littleton Colorado 2010, 312p.
- NEWTOWN SQUARE, Guía de los Fundamentos para la dirección de Proyectos, Quinta edición, Pensilvania 2013, 568p.
- JUAREZ ESCOBAR Método para la Selección y Mejora de Indicadores de Calidad en la Aplicación de 6 Sigma. 2007, 250p.
- BARRANTES FRANKLIN, Criterios Metodológicos Aplicados a la Evaluación Social de Proyectos de Carreteras vecinales en el Departamento de Arequipa, 2007,235p.
- GUERRERO GERMAN, Metodología para la Gestión de Proyectos bajo los Lineamientos del Project Management Institute en una empresa del Sector Eléctrico, 2013, 117p.
- LOPEZ LUIS, Gerencia de Proyectos Aplicación del PMBOK a la construcción de Hotel, 2007, 230p.