

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PUCP

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE VALOR GANADO EN
EL PROYECTO MINERO “CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL DE INTEGRACIÓN
ESPERANZA DE LA U. M. MARCAPUNTA”**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera de Minas

AUTORA:

Rosa Isabel Perea Guerra

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas

AUTOR:

Ernesto Hildebrando Huamán Pajares

ASESOR:

Luis Fernando Gala Soldevilla

Lima, setiembre del 2019

Resumen

El tema que se presenta en esta tesis consiste en determinar de qué manera se puede mejorar la gestión del proyecto “Construcción del túnel de integración Esperanza de la mina Marcapunta”, ubicado en el distrito de Tinyahuarco, provincia de Pasco, según la metodología de gestión del valor ganado. El propósito de la construcción del túnel es comunicar las zonas de Marcapunta Norte con la de Marcapunta Sur, esta comunicación tendría como objetivo mejorar los siguientes aspectos: transporte, ventilación, acceso, servicios, entre otros; así como la de explorar el área intermedia entre Marca Punta Sur y Marca Punta Norte, puesto que existen evidencias que señalan la persistencia de la mineralización entre ambas áreas, con lo cual se podrían incrementar los recursos minerales. Los aspectos por analizar están basados en la determinación de los costos, cronograma y alcance incurridos al momento de su ejecución, esto mediante el cálculo de los indicadores, variaciones e índices que permiten determinar un juicio de valor, dado el desempeño del proyecto. Asimismo, se busca establecer las acciones correctivas y preventivas en este proyecto que pudieron ser tomadas y a su vez prever acciones a futuro para proyectos mineros a gestionarse.

Como objetivo general se determina de qué manera la metodología de Gestión del Valor Ganado contribuye a la gestión del proyecto minero “Construcción del túnel de integración Esperanza”. Para lo cual se persiguieron los objetivos específicos de diagnosticar el planeamiento del proyecto, diagnosticar la ejecución del proyecto, y de evaluar de qué manera la metodología de Gestión del Valor Ganado ayuda a mejorar la gestión en la etapa de planeamiento y en la etapa de ejecución del proyecto Túnel de integración Esperanza.

Abstract

The topic presented in this thesis is to determine how to improve the project management of the “Esperanza integration tunnel” construction of the Marcapunta mine, located in the district of Tinyahuarco, province of Pasco, according to the methodology of the earned value management (EVM). The purpose of the construction of the tunnel is to communicate the areas of “Marcapunta Norte” with “Marcapunta Sur”, this communication would aim to improve the following aspects: transport, ventilation, access, services, among others; as well as exploring the intermediate area between “Marcapunta Sur” and “Marcapunta Norte”, since there is evidence that indicates the persistence of mineralization between both areas, which could increase the amount mineral resources. The aspects to analyze are based on the determination of costs, schedule and scope incurred at the time of execution, this by calculating the indicators, variations and indexes that allow to determine a value judgment, given the performance of the project. Likewise, it seeks to establish corrective and preventive actions that could be taken in the project and in turn anticipate future actions for mining projects to be managed.

As general objective it is determined how the earn value management (EVM) methodology contributes to the project management of the “Esperanza integration tunnel” construction, for which we have the specific objectives of diagnosing the project planning, diagnosing the execution of the project, and evaluate how the methodology of earn value management (EVM) helps improve management at the planning stage and at the stage of execution of the “Esperanza integration tunnel” construction project.

Tabla de contenidos

Resumen	i
Abstract	ii
Tabla de contenidos.....	iii
Índice de tablas.....	v
Índice de Figuras	vii
Índice de ecuaciones.....	viii
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Delimitación del proyecto	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Justificación.....	4
1.5. Alcance y limitaciones	5
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Gestión del Valor Ganado (EVM)	6
2.1.1. Dimensiones de la Gestión de Valor Ganado (EVM).....	7
2.1.1.1. Valor Planificado (PV).....	7
2.1.1.2. Valor Ganado (EV)	7
2.1.1.3. Costo Real (AC).....	7
2.1.2. Variaciones.....	8
2.1.2.1. Variación del cronograma (SV)	8
2.1.2.2. Variación del costo (CV).....	8
2.1.3. Índices de desempeño.....	9
2.1.3.1. Índices de desempeño del cronograma (SPI).....	9
2.1.3.2. Índices de desempeño del costo (CPI)	10
2.1.4. Pronósticos	10
2.1.4.1. Pronóstico del EAC.....	11
2.1.4.2. Pronóstico del ETC	11
2.1.4.3. Pronóstico del VAC	12
2.1.5. Corolario.....	13
2.1.6. Curva S.....	14
2.2. Herramientas de la calidad	15
2.2.1. Diagrama de Ishikawa.....	15
2.2.2. Diagrama de Pareto	16
2.3. Ciclo de minado	17
2.3.1. Ventilación	18
2.3.2. Limpieza, carguío y acarreo	18
2.3.3. Sostenimiento	20

2.3.4.	Perforación	23
2.3.5.	Carguío de explosivos	24
2.4.	Tipos de sostenimiento en minería subterránea	24
2.4.1.1.	Pernos de roca	25
2.4.1.2.	Malla metálica	25
2.4.1.3.	Lanzado de concreto (shotcrete)	26
2.5.	Instalaciones de servicio en túneles	27
3.	DESARROLLO	28
3.1.	Etapa de planeamiento	28
3.1.1.	Gestión del alcance del proyecto.....	28
3.1.2.	Gestión de costos.....	32
3.1.3.	Gestión del cronograma del proyecto.....	34
3.2.	Etapa de ejecución.....	37
3.2.1.	Problemática de la situación inicial de la etapa de ejecución	37
3.2.1.1.	Diagrama de Ishikawa de la situación inicial en la etapa de ejecución.....	37
3.2.1.2.	Análisis de Pareto de la situación inicial en la etapa de ejecución	39
3.2.2.	Ejecución de trabajos	40
3.2.3.	Problemática de la situación final en la etapa de ejecución	60
3.2.3.1.	Diagrama de Ishikawa de la situación final en la etapa de ejecución	60
3.2.3.2.	Análisis de Pareto de la situación final en la etapa de ejecución	63
3.3.	Situación propuesta	66
4.	RESULTADOS.....	70
4.1.	Etapa de ejecución (corte inicial).....	70
4.2.	Etapa de ejecución (corte final).....	72
4.3.	Situación propuesta (caso ideal).....	73
5.	CONCLUSIONES	76
6.	RECOMENDACIONES.....	78
7.	BIBLIOGRAFÍA	80

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Presupuesto del proyecto</i>	32
Tabla 2. <i>Desagregado de gasto general del proyecto por mes</i>	33
Tabla 3. <i>Presupuesto mensual de equipos por zonas</i>	33
Tabla 4 <i>Análisis de Pareto inicial</i>	39
Tabla 5 <i>Avance en metros lineales en el túnel – Noviembre 2016</i>	41
Tabla 6 <i>Detalle de extracción de materiales – Noviembre 2016</i>	41
Tabla 7 <i>Detalle del costo de los avances –Noviembre 2016</i>	41
Tabla 8 <i>Avance en metros lineales en el túnel – Diciembre 2016</i>	42
Tabla 9 <i>Detalle de extracción de materiales – Diciembre 2016</i>	42
Tabla 10 <i>Detalle del costo de los avances – Diciembre 2016</i>	43
Tabla 11 <i>Avance en metros lineales en el túnel – Enero 2017</i>	44
Tabla 12 <i>Detalle de extracción de materiales – Enero 2017</i>	44
Tabla 13 <i>Detalle del costo de los avances – Enero 2017</i>	44
Tabla 14 <i>Avance en metros lineales en el túnel – Febrero 2017</i>	45
Tabla 15 <i>Detalle de extracción de materiales – Febrero 2017</i>	45
Tabla 16 <i>Detalle del costo de los avances – Febrero 2017</i>	46
Tabla 17 <i>Avance en metros lineales en el túnel – Marzo 2017</i>	46
Tabla 18 <i>Detalle de extracción de materiales – Marzo 2017</i>	47
Tabla 19 <i>Detalle del costo de los avances – Marzo 2017</i>	47
Tabla 20 <i>Avance en metros lineales en el túnel – Abril 2017</i>	48
Tabla 21 <i>Detalle de extracción de materiales – Abril 2017</i>	48
Tabla 22 <i>Detalle del costo de los avances – Abril 2017</i>	48
Tabla 23 <i>Avance en metros lineales en el túnel – Mayo 2017</i>	49
Tabla 24 <i>Detalle de extracción de materiales – Mayo 2017</i>	50
Tabla 25 <i>Detalle del costo de los avances – Mayo 2017</i>	50
Tabla 26 <i>Avance en metros lineales en el túnel – Junio 2017</i>	51
Tabla 27 <i>Detalle extracción de materiales – Junio 2017</i>	51
Tabla 28 <i>Detalle del costo de los avances – Junio 2017</i>	51
Tabla 29 <i>Avance en metros lineales en el túnel – Julio 2017</i>	52
Tabla 30 <i>Detalle de extracción de materiales – Julio 2017</i>	52
Tabla 31 <i>Detalle del costo de los avances – Julio 2017</i>	53
Tabla 32 <i>Avance en metros lineales en el túnel – Agosto 2017</i>	54
Tabla 33 <i>Detalle de extracción de materiales – Agosto 2017</i>	54
Tabla 34 <i>Detalle del costo de los avances – Agosto 2017</i>	54
Tabla 35 <i>Avance en metros lineales en el túnel – Setiembre 2017</i>	55
Tabla 36 <i>Detalle de extracción de materiales – Setiembre 2017</i>	55
Tabla 37 <i>Detalle de costo de los avances – Setiembre 2017</i>	55
Tabla 38 <i>Avance en metros lineales en el túnel – Octubre 2017</i>	56
Tabla 39 <i>Detalle de extracción de materiales – Octubre 2017</i>	56
Tabla 40 <i>Detalle de Costo de los avances – Octubre 2017</i>	57
Tabla 41 <i>Avance en metros lineales en el túnel – Noviembre 2017</i>	57

Tabla 42 <i>Detalle de extracción de materiales – Noviembre 2017</i>	58
Tabla 43 <i>Detalle del costo de los avances – Noviembre 2017</i>	58
Tabla 44 <i>Análisis de Pareto final</i>	63
Tabla 45 <i>Indicadores de metodología de teoría del valor ganado al mes 06</i>	70
Tabla 46 <i>Indicadores de proyección de teoría del valor ganado al mes 06</i>	70
Tabla 47 <i>Indicadores de metodología de teoría del valor ganado al mes 12</i>	72
Tabla 48 <i>Indicadores de proyección de teoría del valor ganado al mes 12</i>	72
Tabla 49 <i>Indicadores de metodología de teoría del valor ganado al mes 12</i>	75
Tabla 50 <i>Indicadores de proyección de teoría del valor ganado al mes 12</i>	75



Índice de Figuras

Figura.1 <i>Costo real</i>	13
Figura.2 <i>Explicación de curva S</i>	14
Figura.3 <i>Diagrama de Ishikawa</i>	16
Figura.4 <i>Diagrama de Pareto</i>	17
Figura.5 <i>Ventiladores Industriales</i>	18
Figura.6 <i>Scoop R1600G</i>	19
Figura.7 <i>Actros 3343K</i>	20
Figura.8 <i>Alpha 20</i>	21
Figura.9 <i>Lanzador Putzmeister SPM 4210</i>	21
Figura.10 <i>Mixer 4</i>	22
Figura.11 <i>Boltec 235</i>	22
Figura.12 <i>Boomer S1 D</i>	23
Figura.13 <i>Jumbo RB282</i>	24
Figura.14 <i>Perno de roca</i>	25
Figura.15 <i>Malla metálica</i>	26
Figura.16 <i>Concreto lanzado</i>	27
Figura 17. <i>Ubicación del proyecto</i>	28
Figura 18 <i>Vista del proyecto con las minas Marcapunta Norte y Marcapunta Sur</i>	31
Figura 19 <i>Cronograma de trabajo del ramal sur hasta la comunicación</i>	35
Figura 20 <i>Cronograma de trabajo del ramal norte hasta la comunicación</i>	36
Figura 21 <i>Diagrama de Ishikawa inicial</i>	38
Figura 22. <i>Análisis de Pareto inicial</i>	40
Figura 23 <i>Curva S Inicial</i>	59
Figura 24 <i>Diagrama de Ishikawa final</i>	62
Figura 25 <i>Análisis de Pareto final</i>	64
Figura 26 <i>Curva S Final</i>	65
Figura 27 <i>Curva S Propuesta</i>	68

Índice de ecuaciones

Ecuación.1 <i>Variación del cronograma</i>	8
Ecuación.2 <i>Variación del costo</i>	9
Ecuación.3 <i>Desempeño del cronograma</i>	9
Ecuación.4 <i>Desempeño del costo</i>	10
Ecuación.5 <i>Cálculo del EAC</i>	11
Ecuación.6 <i>Cálculo del ETC (asumiendo variación atípica)</i>	11
Ecuación.7 <i>Cálculo del ETC (asumiendo variación típica y tomando en cuenta el CPI)</i>	12
Ecuación.8 <i>Cálculo del ETC (asumiendo variación típica y tomando en cuenta el SPI)</i>	12
Ecuación.9 <i>Cálculo del VAC</i>	12



1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. Antecedentes

Desde muchos años atrás, la minería en nuestro país ha sido de vital importancia para el desarrollo económico y social, dado que las minas situadas en territorio nacional poseen abundantes reservas de metales preciosos necesarios para la industria mundial. Es conocido que desde la época de la conquista el Perú fue valorado como un territorio minero, en donde se extrajo grandes cantidades de oro y plata; luego en la época republicana este fenómeno perduró y se dio el ingreso de grandes corporaciones internacionales para la extracción de dichos minerales, dejando grandes sumas de impuestos y canon, que luego se reflejaron en un desarrollo económico, con mejoras para la población y obras.

Esta situación se ha mantenido a lo largo de los años y de acuerdo con BCRP (2019) el sector de minería metálica representó el 9.36% del PBI en el año 2018. Según el reporte de febrero de este año, se señala que la totalidad de este sector se ha retraído en 1.2%, dado los conflictos recientes y la disminución en la extracción de minerales como el zinc, oro, plata, molibdeno. Desagregando esta información se cuenta que la producción de oro disminuyó 9,8%, la de zinc en 3.9%, la de plata en 12.1%; el único resultado positivo fue el incremento de la producción de cobre que aumentó 2.2%.

De manera similar el Ministerio de Energía y Minas (2019) menciona que las inversiones mineras en nuestro país en el primer mes del año ascendieron a la suma de USD \$335 millones, lo cual representa un crecimiento del 48% respecto al mismo mes del año 2018, en este sentido, entre las empresas que más inversión han realizado se encuentran Anglo America Quellaveco, Marcobre SAC y Compañía Minera Antapacay SA. Entre el destino de esta inversión se tiene que el 20.9% ha sido para el beneficio de la planta, el 20.3% para el equipamiento minero, el 17.9% para el desarrollo y

preparación, el 17.3% para la infraestructura, el 6% para la exploración, entre otros; las principales regiones beneficiadas con esta inversión han sido Moquegua (17.5% de la participación total), Ica (15.7%), Cusco (9.8%), Junin (9.2%), Arequipa (8.2%), entre otros.

El sector minero es vital para muchas regiones en el interior del país debido a las transferencias de canon y otras regalías, las cuáles ascendieron a S/. 4.875 millones de soles para el año 2018. Las regiones que más transferencias recibieron en ese año fueron: Ancash con S/.1.516 millones de soles, Arequipa con S/. 853'908,303 soles y La Libertad con S/. 313,451,982 soles; cabe resaltar que la región Pasco (en donde se encuentra el proyecto minero motivo de esta tesis) recibió S/.110,838,152 soles.

Entonces dada la envergadura de la industria minera para el país es natural que se deba prestar el adecuado seguimiento y control al desarrollo de proyectos mineros. Es necesario el uso de buenas prácticas en la dirección de proyectos con el fin de minimizar el riesgo de que no se alcancen los objetivos y resultados propuestos. El estándar propuesto por el PMI, la “Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos” o conocida también como PMBOK provee conocimientos y prácticas globalmente aceptadas, aplicables a la mayoría de los proyectos. Una de estas prácticas propuestas es la técnica de Gestión del Valor Ganado (EVM) que nos permite evaluar y medir el desempeño y avance del proyecto, a través de mediciones del alcance, costo y cronograma comparadas con la línea base integrada definida en la etapa inicial del proyecto.

En el Perú se han dado proyectos mineros parecidos al nuestro. De acuerdo con Rumbo Minero (2019) se tuvo una situación similar para la construcción del túnel subterráneo del proyecto minero Quellaveco en Moquegua, perteneciente a la empresa Anglo American Perú, cuyas obras estuvieron a cargo de la empresa especialista en

construcción Cosapi. Dicho túnel posee una longitud de 7.6 kilómetros, el período de construcción fue de 14 meses, y el costo del proyecto según se cita en la noticia ascendió a la suma de USD \$ 250 millones de dólares. Asimismo, según el portal de Perú21 (2019), en el marco de este mismo proyecto Quellaveco, la empresa Graña y Montero construirá túneles auxiliares, uno para el mineral grueso y dos para el canal de transporte para relaves generados por la empresa. Estos túneles poseerán una longitud de 3 kilómetros para la correa de minerales; 1 y 0.5 kilómetros para los dos túneles para el paso de los relaves, con un plazo estimado aproximado de 19 meses luego de la buena pro; y un costo ascendente a USD \$42.6 millones de dólares.

1.2. Delimitación del proyecto

Como todo proyecto cuenta con algunas delimitaciones, tales como el espacio, dado que está situado en la región Pasco, distrito de Tinyahuarco; y tiempo, las obras se dieron entre los años 2016 y 2017. Respecto al software, se utilizó el programa “Excel” para el cálculo de los indicadores respecto a la teoría del valor ganado y para la obtención de las gráficas que explican de manera didáctica los avances, diseñando lo requerido con sustentos teóricos y bajo secuencias lógicas de acción. Además, este programa cuenta con tablas dinámicas e ingreso de fórmulas, lo que facilita la operatividad del procedimiento. Finalmente, se deben considerar los siguientes aspectos como supuestos:

- Los avances y costos han sido proporcionados por el área correspondiente
- No se realiza comparación de rutas
- Las variables medibles serán empleadas en la descripción de la ruta

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar de qué manera la metodología de Gestión del Valor Ganado contribuye a la gestión del proyecto minero “Construcción del túnel de integración Esperanza”.

1.3.2. Objetivos específicos

1.3.2.1. Diagnosticar la situación del Proyecto “Construcción del Túnel de Integración Esperanza” en la etapa de planeamiento.

1.3.2.2. Diagnosticar la situación del Proyecto “Construcción del Túnel de Integración Esperanza” en la etapa de ejecución.

1.3.2.3. Evaluar de qué manera la metodología de Gestión del Valor Ganado ayuda a mejorar la gestión en la etapa de planeamiento y en la etapa de ejecución del Proyecto “Construcción del Túnel de Integración Esperanza”.

1.4. Justificación

Se tiene conocimiento que toda empresa funciona bajo los lineamientos de conseguir beneficios y rentabilidad, para esto todas sus actividades deben estar normadas por el alcance de estos principios. Lamentablemente en la aplicación de la realidad existen muchas obras o gestiones que distan de lo deseado por la dirección de la compañía, generándose de esta manera ineficiencias en los proyectos, gastos superiores a los planeados e incertidumbre sobre los tiempos manejados, lo cual sucede muchas veces por la no estandarización de procedimientos; entonces es importante centrar la atención en mejoras de productividad y control de los costos. En este sentido la teoría del valor ganado brinda un respaldo para el seguimiento y aplicación de mejoras en los proyectos industriales.

La programación inicial que se tenga del proyecto no debe ser considerada como un adorno o una utopía a alcanzar, sino debe ser entendido como el lineamiento principal para la base del trabajo debido que plasma las negociaciones acordadas entre la empresa que ejecuta el proyecto y el cliente, la cual debe seguirse de manera obligatoria. Para esto es importante que el personal encargado maneje la gestión de tiempo, alcance y costos del proyecto, en donde se promoverá la investigación de mejoras en la actual gestión. Un gran número de empresas de pequeño o limitado tamaño no cuentan con el capital necesario para adoptar mejores sistemas informáticos en la gestión de procesos. En este caso no se da esta falencia de recursos, ya que deben lograrse los controles necesarios para el éxito del proyecto.

1.5. Alcance y limitaciones

El proyecto que se presenta en esta tesis está centrado en el estudio de la construcción de un túnel. Por tal motivo se presentarán algunos indicadores para analizar los avances respectivos y sus implicaciones en costo y tiempo aplicando la teoría del valor ganado en donde se espera que la metodología propuesta de credibilidad a los resultados y planeamientos estimados en esta investigación. En esta tesis, la confiabilidad de este método no se pone en tela de juicio, eso debe ser tema de investigaciones posteriores respecto a medidas de mejoras sobre esta teoría, medidas correctivas o aspectos no considerados.

La propuesta a la que se llegue en el presente trabajo está basada en los indicadores de resultados obtenidos mediante la teoría del valor ganado, para lo cual se mencionan: el análisis de los avances, el cumplimiento del cronograma, la ejecución del presupuesto, entre otros. La existencia o interpretación de otros indicadores serán motivos de otra investigación. Finalmente, este trabajo ha recolectado suficiente información para la estimación de los parámetros necesarios y el posterior análisis de estos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Gestión del Valor Ganado (EVM)

La Gestión de Valor Ganado (EVM) es una metodología estandarizada y globalmente aplicada a los proyectos, que permite medir su desempeño respecto a cómo se encontraba planificado; es decir, el desempeño respecto a la línea base de cronograma y a la línea base de costos, considerando un alcance determinado. La aplicación de la gestión de valor ganado muestra desviaciones de costo y cronograma del proyecto, lo cual permite al equipo del proyecto objetivamente evaluar y medir el desempeño y avance del proyecto; y decidir las medidas correctivas apropiadas para culminar el proyecto eficientemente en caso de desviaciones.

De acuerdo con PMBOK (2017) la correcta gestión del valor ganado en un proyecto permite a la dirección una mejor evaluación de los avances de las obras, la cual se realiza de manera objetiva siguiendo los lineamientos iniciales en la concepción del proyecto en términos de costo, alcance y tiempo. Para este análisis es útil la herramienta gráfica que nos permite observar en determinado momento de corte la situación actual de los avances respecto a la triple restricción (alcance, costo y cronograma).

Dependiendo de la posición de las curvas en comparación con el propuesto se sostiene si el proyecto se encuentra por encima de las expectativas o por debajo de ellas y para su interpretación se utiliza indicadores como el CPI (índice del desempeño en costos) o SPI (índice del desempeño del cronograma), en tanto que cuando estos sean menores a uno se tiene un proyecto en situación negativa o de retraso y cuando sea mayor que uno se aprecia una situación buena o de adelanto. La finalidad de esta gestión permite a la dirección del proyecto estar comunicada con la operatividad y prevenir sobre el avance del proyecto, los

gastos del presupuesto; dentro de lo cual se pueden tomar decisiones con la finalidad de obtener un mejor funcionamiento.

2.1.1. Dimensiones de la Gestión de Valor Ganado (EVM)

2.1.1.1. Valor Planificado (PV)

Para Encinas (2009) este valor está determinado por el presupuesto que ha sido calculado de manera inicial en las negociaciones del acuerdo y en la aceptación de la propuesta, para lo cual la dirección del proyecto asignó costos y plazos determinados para cada etapa, la que se analizará en determinadas fechas de corte. Este es un valor que muestra los avances físicos que se debieron tener como lineamientos en cualquier actividad del proyecto, en donde se estimó un alcance entregable hasta ciertas fechas que pueden manejarse de forma semanal, quincenal o mensual. El valor planeado (PV) al final del proyecto se conoce como “Presupuesto al completar” (BAC), el cual es un valor constante.

2.1.1.2. Valor Ganado (EV)

Se entiende como el valor realmente completado de las actividades realizadas en el cronograma hasta un momento en el tiempo (fecha de corte); es decir, el costo del trabajo que ha sido presupuestado hasta determinada fecha, este indicador es la base para otros cálculos de avances en el proyecto. Asimismo, debe corresponder en similitud a la línea base del proyecto y no debe llegar a ser mayor al valor planificado.

2.1.1.3. Costo Real (AC)

Está dado por el costo en que realmente se ha incurrido para la realización del proyecto en los trabajos desarrollados en el cronograma durante un período determinado, adicionalmente se puede mencionar que este valor no tiene un límite superior en tanto que debe contabilizarse todos los costos gastados hasta la fecha indicada.

2.1.2. Variaciones

Dada la contrastación de la realidad con lo esperado o planeado se calcula las variaciones existentes respecto de los tres indicadores previos: el valor planificado, valor ganado y costo real. Entonces, dentro de las variaciones más importantes tenemos:

2.1.2.1. Variación del cronograma (SV)

Es una medida del avance y desempeño del cronograma en el proyecto, que se expresa en unidades monetarias. Muestra la desviación respecto de la línea base del cronograma en determinada fecha de corte, en donde se puede apreciar si el proyecto se encuentra retrasado, adelantado o acorde a lo planeado. La fórmula para hallar este valor está dada por la diferencia entre el valor ganado y el valor planificado, es decir:

Ecuación.1 *Variación del cronograma*

$$SV = EV - PV$$

Si $SV < 0$, el ritmo de avance del proyecto es menor a lo planificado

Si $SV = 0$, el ritmo de avance del proyecto es el planificado

Si $SV > 0$, el ritmo de avance del proyecto es mayor al planificado

Donde:

EV: Valor ganado

PV: Valor planificado

2.1.2.2. Variación del costo (CV)

Es una medida de desempeño del costo en el proyecto, que se expresa en unidades monetarias. Muestra la desviación respecto de la línea base del costo en determinada fecha de corte, indicando la relación entre el desempeño real del proyecto y los costos incurridos, en este sentido mide el superávit generado por una mejor gestión o un déficit que se presenta

por el mayor gasto respecto a lo planteado. La expresión es calculada por la diferencia entre el valor ganado y el costo real, es decir:

Ecuación.2 *Variación del costo*

$$CV = EV - AC.$$

Si $CV < 0$, el costo de los entregables del proyecto resulta más caro del planificado

Si $CV = 0$, el costo de los entregables del proyecto es el planificado

Si $CV > 0$, el costo de los entregables del proyecto es menos costoso del planificado

Donde:

EV: Valor ganado;

AC: Costo real

2.1.3. Índices de desempeño

De acuerdo con Vilcapaza (2018) muestran el performance que se ha tenido en la ejecución del proyecto respecto a dos aspectos: el tiempo a través del cronograma y del costo. La explicación se muestra a continuación:

2.1.3.1. Índices de desempeño del cronograma (SPI)

Es una medida del avance logrado en el proyecto respecto lo planificado; es decir, la eficiencia con que se realizaron las actividades tomando como referencia la línea base del cronograma hasta una fecha específica “fecha de corte”. Cuando el índice es menor que la unidad, se sostiene que hay un retraso con respecto al cronograma y si este es mayor o igual a la unidad, se sostiene que hay un adelanto. Su cálculo se da por la división del valor ganado entre el valor planificado, su fórmula está dada por:

Ecuación.3 *Desempeño del cronograma*

$$SPI = \frac{EV}{PV}$$

Si $SPI < 1$, el ritmo de avance de los entregables es más lento del planificado

Si $SPI = 1$, el ritmo de avance de los entregables del proyecto es el planificado

Si $SPI > 1$, el ritmo de avance de los entregables es mejor al planificado

Donde:

EV: Valor ganado

PV: Valor planificado

2.1.3.2. Índices de desempeño del costo (CPI)

Mide el desempeño y eficiencia de los costos utilizados en el proyecto, al comparar el valor del trabajo completado (costo estimado de las actividades realizadas) con el costo real incurrido a la fecha de corte. Su cálculo obtiene mediante la división del valor ganado entre el costo real. Cuando el resultado de esta división es menor a la unidad se interpreta que se ha gastado más de lo programado y cuando es mayor a la unidad significa que se ha gastado menos de lo acordado en la programación inicial, se puede expresar en porcentaje. Su fórmula es la siguiente:

Ecuación.4 *Desempeño del costo*

$$CPI = \frac{EV}{AC}$$

Si $CPI < 1$, refiere que el trabajo realizado ha costado más de lo planeado

Si $CPI = 1$, refiere que el trabajo ha realizado ha costado lo planeado

Si $CPI > 1$, refiere que el trabajo realizado ha costado menos de lo planeado

Donde:

EV: Valor ganado;

AC: Costo real

2.1.4. Pronósticos

Las estimaciones mostradas en esta sección son obtenidas considerando el “presupuesto a la conclusión” (BAC) y la “estimación a la conclusión” (EAC), las cuales se estiman con

la aplicación de la teoría del valor ganado. En este sentido los cálculos encontrados son aproximaciones de eventos futuros basándose en la información disponible en la actualidad.

2.1.4.1.Pronóstico del EAC

Uno de los pronósticos que se pueden realizar en la planificación de un proyecto, es el de la “estimación a la conclusión” (EAC). El EAC es el total del costo estimado del proyecto a medida que avanza el proyecto. Para determinada fecha de corte considera el costo incurrido acumulado a la fecha y el costo estimado necesario para concluir el proyecto. La fórmula a usar depende del supuesto realizado en base a la situación a la fecha de corte.

Para el objeto de esta tesis, se asume que no hay variaciones significativas en el BAC, y que el proyecto se desempeñará después de la fecha de corte bajo el mismo CPI. Se usa la siguiente fórmula:

Ecuación.5 *Cálculo del EAC*

$$EAC = ETC + AC$$

Donde:

ETC: Estimación para completar el proyecto

AC: Costo actual incurrido a la fecha de corte

2.1.4.2.Pronóstico del ETC

Este indicador nos muestra el valor de la “Estimación para completar” de las obras mediante el uso de los datos actuales que se tienen de los avances. Su cálculo puede ser realizado de tres maneras distintas, dependiendo del supuesto que se tome para el análisis:

Ecuación.6 *Cálculo del ETC (asumiendo variación atípica)*

$$ETC = BAC - EV, \quad \text{según el indicador BAC (Variación atípica)}$$

Donde:

BAC: Presupuesto a la conclusión

EV: Valor ganado

Ecuación.7 *Cálculo del ETC (asumiendo variación típica y tomando en cuenta el CPI)*

$$ETC = \frac{BAC-EV}{CPI}, \quad \text{según el CPI (Variación típica)}$$

Donde:

BAC: Presupuesto a la conclusión

EV: Valor ganado

CPI: Índice de desempeño del costo

Ecuación.8 *Cálculo del ETC (asumiendo variación típica y tomando en cuenta el SPI)*

$$ETC = \frac{BAC-EV}{SPI}, \quad \text{según el SPI (Variación típica)}$$

Donde:

BAC: Presupuesto a la conclusión

EV: Valor ganado

SPI: Índice de desempeño del cronograma

La fórmula de la ecuación 7 es la que se utiliza para los cálculos de la presente tesis.

2.1.4.3.Pronóstico del VAC

Este pronóstico de “Variación a la Conclusión” nos muestra la variación estimada que tendrá el proyecto en costos respecto a lo planificado. El indicador nos da algunas referencias de la eficiencia de gestión de costos del proyecto, cuando este es menor a uno se tiene que el costo total es mayor al programado y cuando es mayor a uno el costo ha sido menor al programado. Su fórmula es:

Ecuación.9 *Cálculo del VAC*

$$VAC = BAC - EAC$$

Donde:

BAC: Presupuesto a la conclusión

EAC: Estimación a la conclusión

2.1.5. Corolario

Como corolario se muestra la siguiente grafica donde se aprecian los conceptos revisados en las líneas anteriores de Valor Planificado (VP), Valor Ganado (EV), Costo Real (AC), Estimación para completar (ETC), Estimado a la conclusión (EAC).

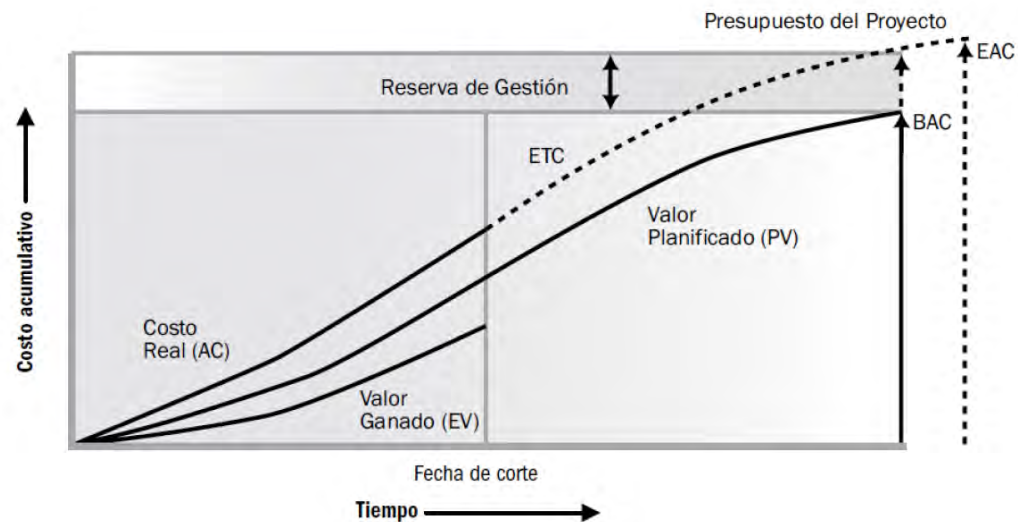


Figura.1 Costo real

Fuente: Vilcapaza (2018)

El Costo Real (AC), el valor ganado (EV) y el valor planificado (PV) son indicadores de desempeño a la fecha de corte; mientras que la “Estimación para completar” (ETC), la “Estimación a la conclusión” (EAC) son pronósticos hallados en base a los indicadores mencionados anteriormente. El “presupuesto a la conclusión” (BAC) es el valor planificado de todo el proyecto.

Como se aprecia en la figura anterior, la línea de tiempo se encuentra dividida por una fecha de corte, la cual permite analizar los avances de trabajo respecto al alcance, costo y tiempo. Antes de la fecha de corte, se encuentran tres curvas: la del costo real (costo real del trabajo ejecutado a la fecha de corte), la del valor planificado (costo presupuestado respecto a lo planeado) y la del valor ganado (costo del trabajo presupuestado a la fecha de corte). A partir de este punto inicia una serie de proyecciones sobre los posibles avances en el tiempo en tanto que se mantenga el mismo desarrollo de las actividades: el ETC, que representa la

estimación de costos a futuro que se necesita para concluir el proyecto y considerando el desempeño acumulado; por otro lado, el BAC que simboliza el presupuesto original del proyecto hasta la finalización; y finalmente el EAC, que constituye el estimado total del costo del proyecto a medida que avanza el tiempo. La diferencia entre estos dos últimos (BAC y EAC) también es conocida como la Reserva de Gestión, el cual representa la variación existente en el proyecto respecto a lo que se planificó y lo ejecutado, también conocido como VAC.

2.1.6. Curva S

El uso de la curva S es útil para el análisis de resultados. Es una representación gráfica del avance real respecto al avance planificado en un período acumulado hasta la fecha, se recomienda utilizar parámetros semanales o mensuales para la medición de los avances. Además, la utilización de la curva real y la curva planificada permite la comparación entre los avances realizados y los proyectados en la planificación. Las consideraciones y aspectos en el contexto para el control del proyecto mediante la curva S se muestra mediante la siguiente figura:

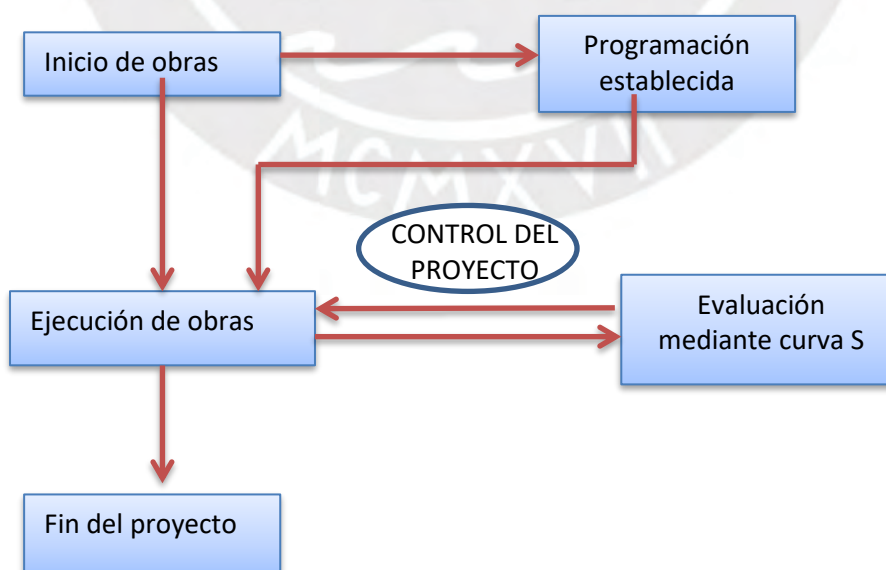


Figura.2 Explicación de curva S

Fuente: Elaboración propia

La programación establecida permite el análisis y comparación durante las dos primeras etapas; sin embargo, la herramienta fundamental de evaluación durante la ejecución de los trabajos se da mediante la curva S. Esta herramienta brinda una visión global, dado que involucra de manera conjunta el ritmo de ejecución del costo, alcance y cronograma, lo cual permite resolver problemas en la gestión con el objetivo de lograr el final deseado en el proyecto.

2.2. Herramientas de la calidad

2.2.1. Diagrama de Ishikawa

De acuerdo con la información provista por Romero y Díaz (2010), el diagrama de Ishikawa es una representación gráfica global de las situaciones que causan un problema en un estudio (en donde la acción de causas menores en conjunto resulta en una causa mayor), así como también de la consecuencia final de la problemática general sufrida (como consecuencia de las causas mayores). Es posible que, dentro del análisis de los problemas, se deba de jerarquizar para trabajar de una forma eficiente y concreta; esta esquematización es conocida como el diagrama causa-efecto o diagrama de espina de pescado. Esta herramienta presenta gran utilidad en la resolución de conflictos o problemas en empresas y en la gestión de proyectos, además actúa de manera eficaz debido a que no omite problemas, sino que trata de organizarlos y ordenarlos para su tratamiento en la búsqueda de la mejora de la gestión de la calidad. A continuación, se muestra una representación como ejemplo:

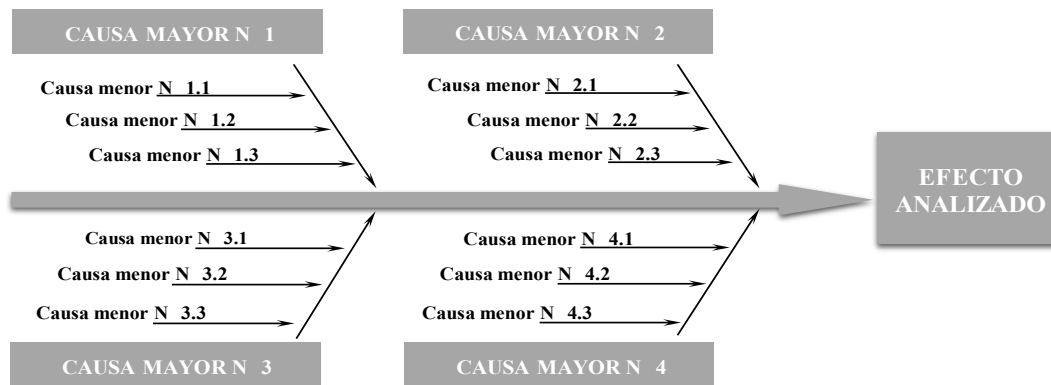


Figura.3 *Diagrama de Ishikawa*

Fuente: Elaboración propia

2.2.2. Diagrama de Pareto

Según Gonzales, Domingo y Sebastián (2013) el diagrama de Pareto es un esquema o representación en donde se puede apreciar de una forma organizada los datos referidos a una prioridad a resolverse; en ese sentido las causas de esta problemática se encuentran alineadas de manera descendente de izquierda a derecha. El punto más alto es la prioridad por resolver dentro de las múltiples causas a tratar en un contexto dado; es decir, las causas más importantes están en el lado izquierdo y las menos influyentes en el lado derecho. Esta representación también es conocida como el diagrama de 80-20, según la interpretación de este, el 20% de las problemáticas acontecidas generan el 80% del problema actual o impactos sobre las consecuencias observadas.

Para poder desarrollar el diagrama se deben considerar los siguientes aspectos:

- Disponer de los datos luego de analizada la situación inicial del problema a resolver, así como verificar que estos sean los correctos.
- Anotar la magnitud de cada causa que contribuye a la problemática analizada, esto en un ordenamiento de mayor a menor.

- Luego de realizar la sumatoria total, calcular los porcentajes correspondientes a cada una de las causas.
- Mediante algún software o programa, graficar los puntos y barras correspondientes a cada causa encontrada (se recomienda usar Excel en este paso).
- Finalmente, se presenta el gráfico para analizar las causas y su prioridad a resolver, para ejemplificar esta idea se observa la siguiente representación:

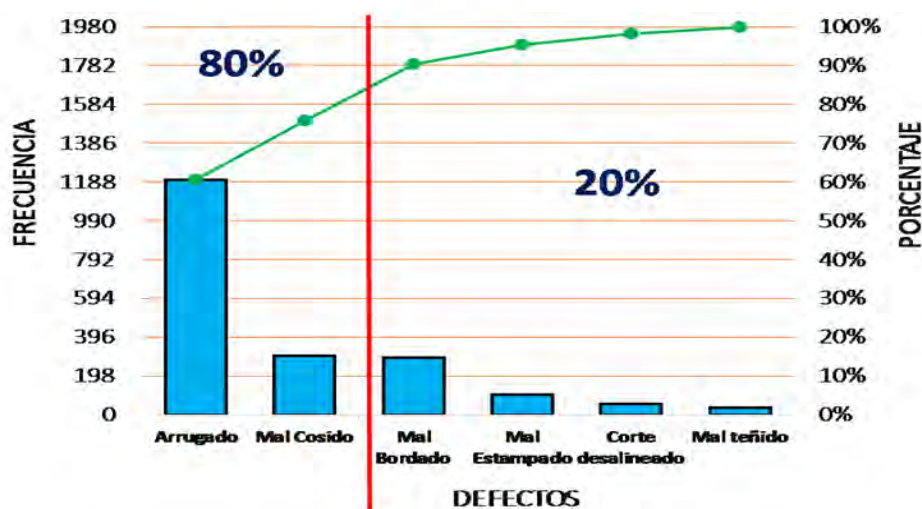


Figura.4 Diagrama de Pareto

Fuente: Gonzales, Domingo y Sebastián (2013)

2.3.Ciclo de minado

El ciclo de minado de un túnel, con respecto a las actividades de preparación y desarrollo, abarcan las siguientes etapas: ventilación, limpieza, acarreo, sostenimiento, perforación y carguío.

En este apartado se detalla, de acuerdo con la información de López Jimeno (2012), las características técnicas e imágenes de la maquinaria empleada en cada etapa del ciclo de minado.

2.3.1. Ventilación

Durante esta etapa, se realiza la ventilación de la labor mediante ventiladores mecánicos y chimeneas de ventilación (RB'S). Lo cual tiene una duración entre 45 a 60 minutos.

- Ventiladores de 30000 CFM y 60000 CFM: Los sistemas de ventilación adquiridos cuentan con suministros de ventiladores, accesorios, tableros de arranque, mangas de ventilación, ductos, compuertas, entre otros. La asistencia brindada incluye el cálculo, diseño y evaluación de los sistemas de ventilación para optimizar su uso. A continuación, se presentan algunas imágenes del tipo de ventilador usado.



Figura.5 Ventiladores Industriales

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

2.3.2. Limpieza, carguío y acarreo

Durante esta etapa, se realiza el desatado mecanizado con una duración aproximada de 20 minutos. Para esta actividad se usa un equipo desatador de roca.

- Equipo desatador de roca (Scaler): Utilizado para el desatado mecanizado de rocas. También se utiliza para realizar la limpieza y el acarreo de la labor mediante cargadores de bajo perfil, cual función es de extraer el mineral o desmonte de la labor y depositarlo en alguna cámara de acumulación o realizar el carguío directo al volquete. Lo cual tiene una duración de 45 a 60 minutos

dependiendo de la sección de la labor y el metraje efectivo avanzado después de la voladura.

- Cargador de bajo perfil (Scoop R1600G): este equipo cuenta con un diseño compacto, posee un motor de alta potencia con componentes resistentes y una excelente maniobrabilidad, además de una cabina cómoda para el operador. Posee un motor tipo 3176C EUI ATAAC proporcionado por la marca Caterpillar y tiene una capacidad de carga nominal de 10,200 kg.



Figura.6 *Scoop R1600G*

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

Para el transporte de material, se emplearon volquetes con una capacidad de carguío de 30 tn.

- Actros 3343K: Equipo para el transporte proporcionado por la empresa Mercedes Benz, la cual cuenta con un motor modelo OM 501 LA Euro II, con una potencia de 6 cilindros; alcanza una velocidad máxima de 110 km/h, admite un peso bruto vehicular (PBV) de 41,000 kg. El Sistema Telligent proporciona una alta desaceleración por frenado, armonización de la distribución de presión de frenado y del desgaste de forro de freno, regulaciones precisas de ABS / ASR. A continuación, se muestra una imagen referencial



Figura.7 Actros 3343K

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

2.3.3. Sostenimiento

Durante esta etapa, se realiza el sostenimiento de la labor, previa evaluación geomecánica de las condiciones del macizo rocoso. Para más detalle del tipo de sostenimiento empleado revisar el apartado 2.4. Esta etapa tiene una duración entre 1 hora a 5 horas; el cual incluye el lanzado y fraguado, los cuales tienen una duración aproximada de 4.5 horas, y el empernado de media hora. Entre los equipos empleados tenemos los siguientes:

- Alpha 20: Esta máquina Robot Shotcrete posee un sistema circuito hidráulico doble para desplazamientos positivos del tubo “S”, cuenta con control de reversa instantáneo en los cilindros principales, desde control remoto, tiene ajusta completamente automático de la carrera de los cilindros principales. Sin válvulas para regular, cuenta con un enfriador de aceite hidráulico y sus dimensiones son 2.40 metros de alto, 2.20 metros de ancho y 5.50 metros de largo. Su alcance máximo se representa a través de la siguiente figura:

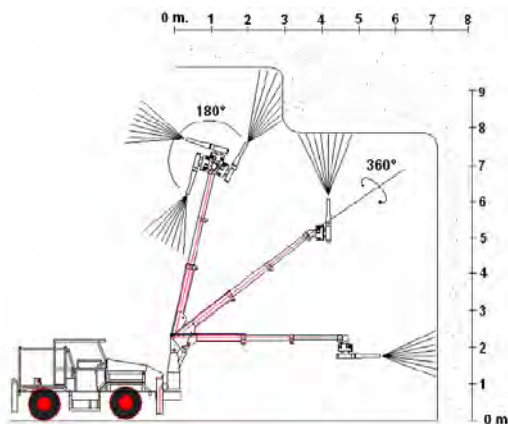


Figura.8 *Alpha 20*

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

- Lanzador Putzmeister SPM 4210: Este equipo es útil para secciones pequeñas y medianas de túneles, galerías y taludes. Su brazo proyector proporciona un alcance de 10 metros. El control remoto proporcional, de uso dual cable e inalámbrico, permite el fácil manejo de los movimientos del brazo. Además de la regulación del caudal de hormigón de $20 \text{ m}^3/\text{h}$ y ajuste de dosificación de aditivos. Su alcance máximo de proyección vertical es de 10 metros y el horizontal de 8 metros. A continuación, se presenta una figura referencial:

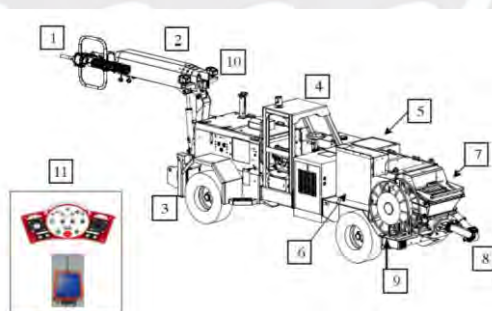


Figura.9 Lanzador Putzmeister SPM 4210

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

- Mixer 4: El equipo de mezclado y transporte de hormigón de perfil bajo para minería, cuenta con una capacidad máxima de masa de hormigón de 4 m^3 , complementa y mejora el proceso integral de shotcrete. Su motor de 6 cilindros de 130 kW (174 HP) le confiere una gran capacidad de trepada y traslación, así

como la posibilidad de ser utilizado a gran altura. El motor dispone del sistema AAC (compensación automática de altitud) para poder ser utilizado a gran altura sin verse mermadas sus prestaciones.

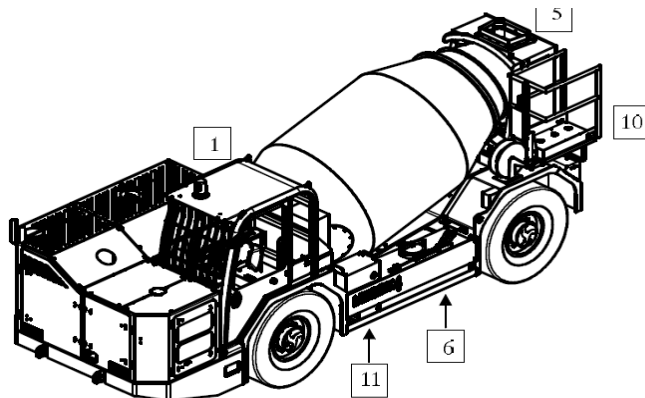


Figura.10 *Mixer 4*

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

- Boltec 235: Es una bulonadora con control hidráulico directo diseñada para operaciones mineras subterráneas de tamaño mediano. Este equipo permite una óptima instalación mecanizada del perno, con la posibilidad de usar la mayoría de pernos de refuerzo, como Swellex, Split Set, mallas electrosoldadas, todo tipo de anclaje mecánico. Se presenta una imagen referencial del equipo:



Figura.11 *Boltec 235*

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

2.3.4. Perforación

Durante esta etapa, se realiza la perforación. Lo cual tiene una duración aproximada de 3 a 4 horas, dependiendo las condiciones del macizo rocoso y las dimensiones de la labor.

Para esta etapa del ciclo de minado se usa el jumbo de un brazo o el jumbo de dos brazos.

- Jumbo (Boomer S1 D): Este es un equipo hidráulico de perforación frontal, el cual está adecuado para túneles con secciones transversales de hasta 31 m². El doble trípode del brazo permite un posicionamiento rápido y preciso; el sistema de avance está controlado por la presión de rotación la cual mejora la duración del fungible de perforación con el martillo COP. Se presenta una imagen modelo del equipo:

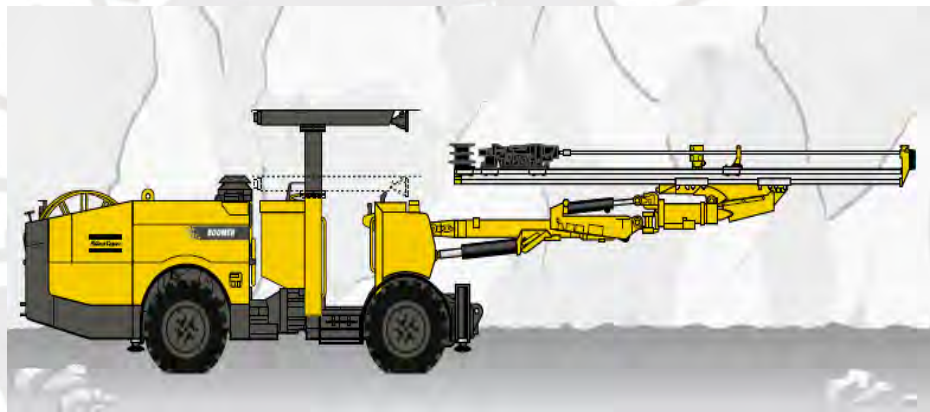


Figura.12 *Boomer S1 D*

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

- Jumbo RB282: Posee una plataforma de perforación frontal y minera controlada hidráulicamente con dos BUT 28 booms. Disponible con una variedad de taladros de roca para adaptarse a requerimientos necesarios. Cuenta con un alimentador de aluminio de alta resistencia serie BMH 2800 con alta Resistencia a la flexión y torsión para una máxima durabilidad.

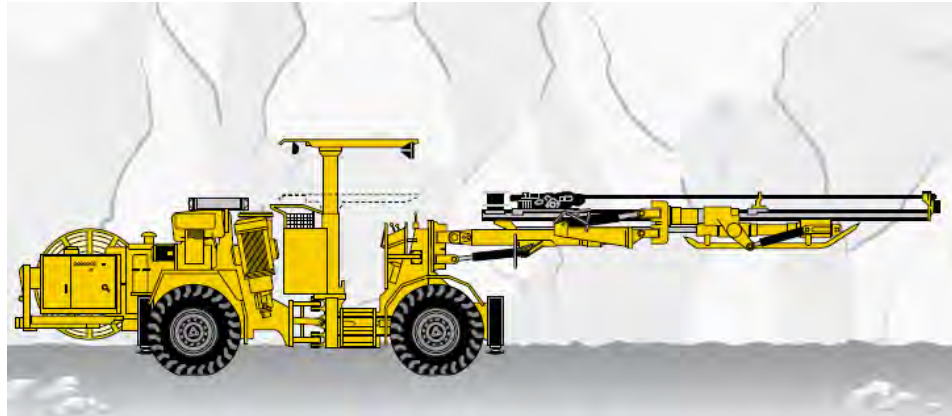


Figura.13 *Jumbo RB282*

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

2.3.5. Carguío de explosivos

Durante esta etapa, se realiza el carguío de explosivos en la labor perforada, lo cual tiene como duración entre 30 minutos a 60 minutos dependiendo de las condiciones del macizo rocoso, la cantidad de taladros realizados, la dimensión de la labor y la metodología a emplear.

2.4. Tipos de sostenimiento en minería subterránea

Se puede mencionar que según Mendieta (2014) que en toda construcción de carácter minero se realizan trabajos de soporte, y en este caso está dado por el sostenimiento, la cual es de vital importancia porque permite realizar las excavaciones y el acarreo del material extraído brindando la seguridad necesaria a los trabajadores involucrados y a los equipos empleados. Las labores de excavación consisten en vaciar el espacio del interior, lo cual desestabiliza la superficie que puede desplomarse. Entonces las fuerzas deben estar distribuidas de manera uniforme por un sistema de vigas, mallas, rocas entre otros; lo cual se explica en este apartado. Ahora para el trabajo de construcción que se realizará es importante conocer el sostenimiento que se tendrá para la realización del túnel, ya que este sostenimiento brindará el soporte para las actividades de excavación y acarreo. A continuación, se mencionarán algunos tipos.

2.4.1.1. Pernos de roca

De acuerdo con Seguridad Minera (2012), en este método se utiliza un sistema articulado de rocas para el reforzamiento de las estructuras las cuales logran minimizar el riesgo de deformaciones en el suelo para lo cual redistribuye las fuerzas y estabiliza los bloques de roca existentes e impide el desplazamiento violento de tierras en el interior. La implementación de este tipo de método es mediante la colocación de pernos de roca en las cuñas rocosas que se presentan como inestables, también se puede utilizar este método implantándolo en rocas no estratificadas, en donde estos pernos impiden el desplazamiento de estratos porque se refuerza la rigidez de la estructura entre las vigas y los bloques tabulares del techo. A continuación, se muestra una imagen de este perno.

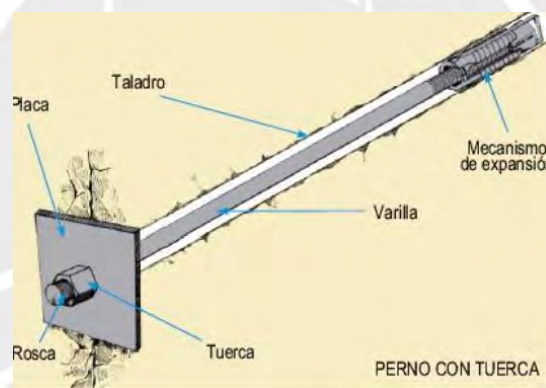


Figura.14 *Perno de roca*

Fuente: Seguridad Minera (2012)

2.4.1.2. Malla metálica

Según MAELSA (2014), las mallas metálicas son electrosoldadas para el sostenimiento de las estructuras en la construcción de túneles y otros, esta malla está compuesta de barras de tipo liso las cuales han sido laminadas al frío y tienen disposición vertical y horizontal, de modo que se crucen para su soldadura en cada intersección. Algunas de las utilidades que presenta esta malla son: la prevención de la caída de rocas en las labores de excavación retiene rocas que puedan estar en proceso de caída, filtra las secciones más pequeñas e

inofensivas al contacto con los trabajadores, y además refuerza el concreto lanzado que también puede disponerse para el sostenimiento.



Figura.15 *Malla metálica*

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

2.4.1.3. Lanzado de concreto (shotcrete)

Para Ochoa (2014) este tipo de sostenimiento para el cual se utiliza una mezcla compuesta por cemento, agregados de arena gruesa, aditivos de fuerza, piedra y agua. La mezcla es aplicada a la superficie con máquinas de alta velocidad y con disposición de secado rápido, tanto en tipos de concretos húmedos y secos. La aplicación es la siguiente: el agregado resultante debe ser humedecido previamente, los cuales se disponen en una tolva que mantiene una circulación continua, entonces se aplica a través de aire comprimido con el tambor giratorio, luego se le adiciona agua y esto se extiende por toda la superficie rocosa mediante una boquilla que suministra el material. Tanto en el tipo seco o húmedo el procedimiento se mantiene similar.



Figura.16 *Concreto lanzado*

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

2.5.Instalaciones de servicio en túneles

De acuerdo con las necesidades que se presentan para la elaboración de un túnel, podemos mencionar las siguientes a considerar:

- Las instalaciones de carácter general en el área de la boca del túnel.
- La iluminación que debe presentarse en todos los sectores de trabajo para el correcto desarrollo de las actividades.
- La red eléctrica debe ser estable y cumplir con los parámetros establecidos para el funcionamiento de la maquinaria.
- Contar con una red de aire comprimido.
- Tener una red de ventilación adecuada, dado que los trabajos se realizan bajo tierra.
- Red de agua para el abastecimiento de este recurso.

3. DESARROLLO

3.1. Etapa de planeamiento

3.1.1. Gestión del alcance del proyecto

El proyecto que se analiza en esta investigación se ubica en la parte Nor-Oeste del Cerro Marca Punta en el distrito Tinyahuarco, provincia y departamento de Pasco, a una altitud promedio de 4,060 m.s.n.m. y a una profundidad promedio desde superficie de 324 m., para su ubicación se muestra el siguiente mapa.

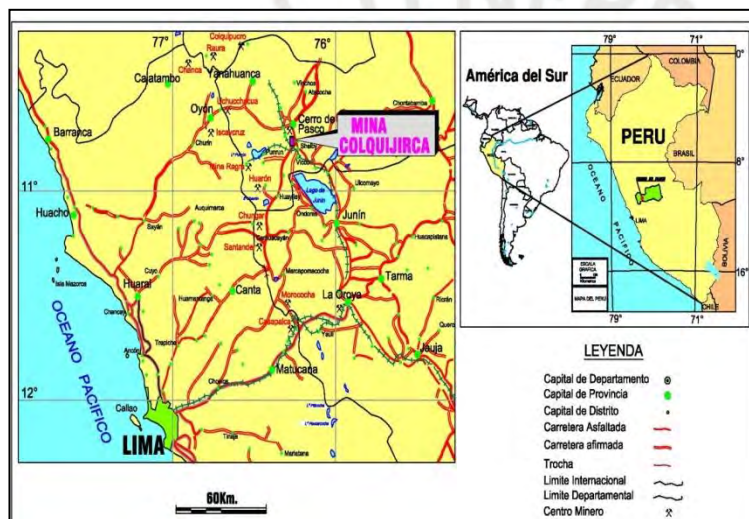


Figura 17. Ubicación del proyecto

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

Es importante mencionar que el proyecto minero cuenta con dos rutas de acceso:

- Ruta Principal:
Lima – La Oroya – Colquijirca: 295 km (Carretera asfaltada).
- Ruta Alternativa:
Lima – Canta – Huayllay – Colquijirca: 265 km.

El servicio consistió en la construcción del Túnel de Integración Esperanza de MKS a MKN, siendo las características del proyecto lo siguiente:

- Longitud de la rampa 1,387 metros.
- Metraje total del Proyecto 2,586 metros.
- Sección de rampa 5.00 x 5.00 (a x h).
- Gradiente 1% (+) / (-).
- Tiempo de ejecución proyectado: 13 meses

Para la excavación del túnel, se cuenta con los siguientes trabajos a realizar:

- Ejecución del túnel de integración, con las dimensiones de 5.0x5.0m; el cual cuenta con una pendiente máxima de 7%, tanto en positivo y negativo, es decir con una cuneta de 0.5x0.5.
- Ejecución de labores horizontales ubicadas en el túnel de integración, que corresponden a cámaras de carguío, cámaras de acumulación, cámaras de paso, con dimensiones de 2.0x2.0 metros, 4.0x4.0 metros, 4.5.0x4.5 metros y de 5.0x5.0 metros.
- Ejecución de refugios, que poseen dimensiones de 2.0x2.0m por metros de largo

Características del proyecto

El proyecto de galería de conexión entre Marcapunta Norte (MPN) con Marcapunta Sur (MPS), consiste en ejecutar una galería con una sección de 5.0 m de altura x 5.0 m de ancho, y es tipo Trackless (sin rieles).

Esta galería debe ejecutarse en simultáneo desde ambos extremos, llevando un estricto control topográfico de gradiente para lograr una buena comunicación. Desde

Marcapunta Norte, la galería partirá desde la Rampa existente 1091; y por el otro extremo en Marcapunta Sur, desde el tope de la Galería 660-N.

Las coordenadas UTM (PSAD 56) de ambos extremos de la galería proyectada son:

-Extremo MPN: E360,593.58, N8'808,339.93, Cota: 4,145.94 msnm.

-Extremo MPS: E 360,660.06, N8'808,027.18, Cota: 4,041.30 msnm.

En el primer tramo por el lado de MPN, hasta 291.8 m, se tendrá ventilación forzada, igualmente desde el lado de MPS se tendrá un tramo de 321.3 m. Al término de estos dos tramos, para mejorar la ventilación se ha proyectado la ejecución de 02 chimeneas Raise Borer de 338.5 m y 309.4 m, respectivamente, hasta superficie, con lo cual se podrá concluir el tramo faltante de 592.91 m. El tramo para ejecutarse por el lado de Marcapunta Sur, tendrá gradiente negativa, por lo que se tendrán pozas para bombeo de agua, mientras que por el lado de Marcapunta Norte será positiva.

Por otro lado, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional (D.S. N° 055-2010 EM) se tendrán refugios cada 50 m de 2.0 m. x 2.0 m., y además cada 200 m, se construirán accesos laterales adicionales del ancho del vehículo más grande de la mina para facilitar el pase de los vehículos de ida y vuelta y para zonas de carguío de 30 m., de longitud con sección 4.5 m x 4.5 m. Asimismo, se construirán pozas de bombeo de 4.5 m x 4.5 m x 15 m.

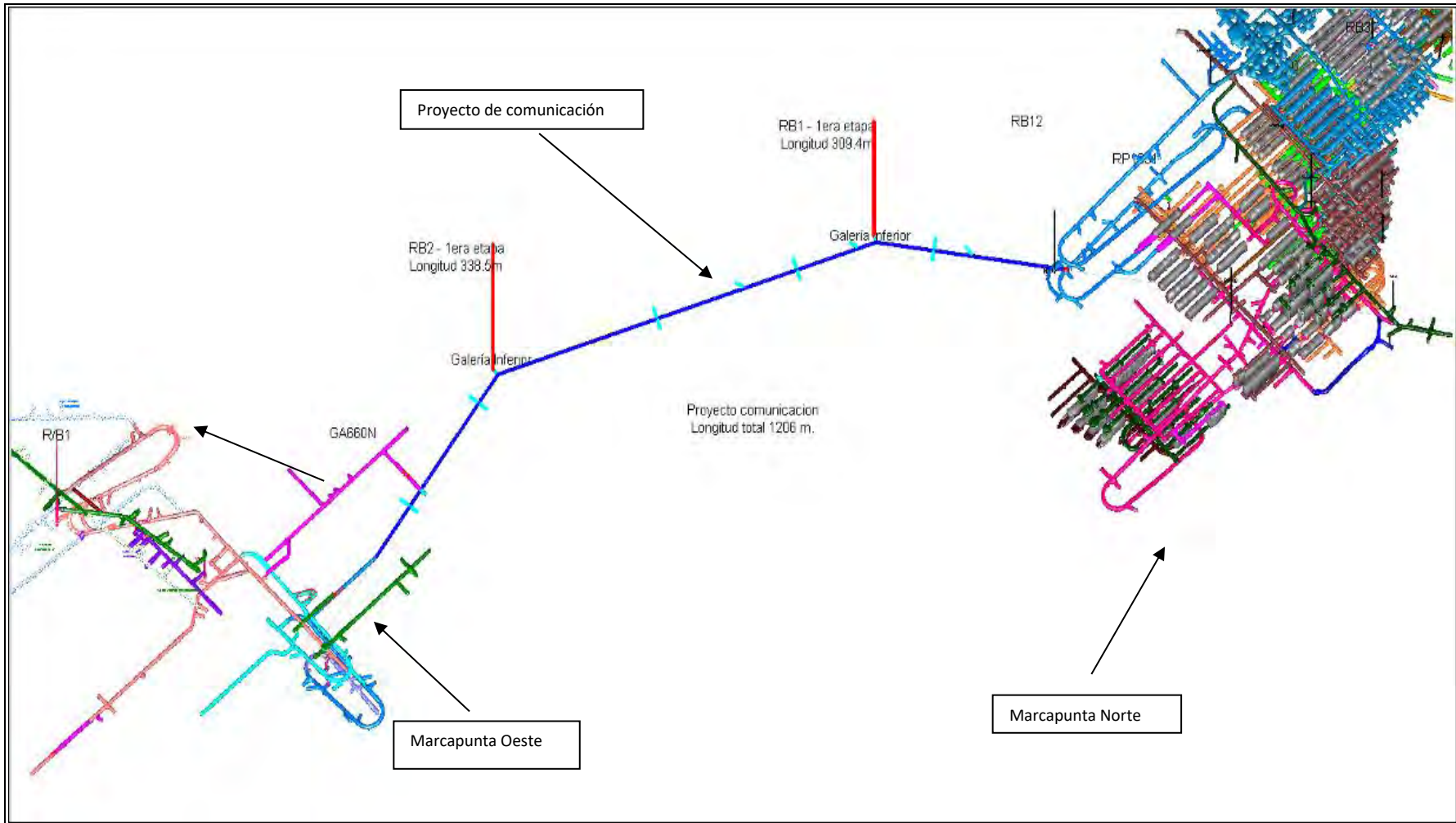


Figura 18 *Vista del proyecto con las minas Marcapunta Norte y Marcapunta Sur*

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

3.1.2. Gestión de costos

Para el desarrollo del proyecto que elaboraba un túnel para la conexión de dos vertientes, se cuenta con el siguiente presupuesto general mostrado a continuación; para mayor detalle de los costos revisar el Anexo A5:

Tabla 1. *Presupuesto del proyecto*

PRESUPUESTO - PROYECTO TUNEL DE INTEGRACION ESPERANZA DE MKN A MKS				
Inversión del proyecto				
	UM	Cantidad	Sub total (US\$)	T.C. 3.3
Metraje Proyecto Túnel de Integración Esperanza	m	2,586	US\$	2,495,983
Sostenimiento Según Recomendación			US\$	1,263,607
Servicios			US\$	363,896
Inversión total del proyecto (US\$)			US\$	4,123,486

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

Entonces para la ejecución de los trabajos del túnel como parte del acuerdo negociado entre la empresa minera y la empresa contratista, se estima un presupuesto total de USD \$4'123,486 dólares,

Personal asignado al proyecto

Para la estimación del personal a tomar parte en la realización de los trabajos en el túnel se consideran tres turnos de acción: Guardia A, Guardia B y Guardia C; asimismo el personal se divide en dos grupos: los trabajadores empleados por la empresa y los obreros contratados para el desarrollo del túnel.

A continuación, se muestra el presupuesto designado a gastos generales de servicios para el proyecto.

Tabla 2. Desagregado de gasto general del proyecto por mes

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	INCID.	PRECIO UNITARIO	TARIFA EN US\$
1.00	Supervisión técnica de la sede					
	Sub total					12,640.00
2.00	Personal administrativo					
	Sub total					718.18
3.00	Personal en mina					
	Sub total					11,443.03
4.00	Gastos varios mina					
	Sub total					2,853.54
5.00	Movilidad sede					
	Sub total					6,670.00
TOTAL DE GASTOS DEL MES (US\$)						34,324.75

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

Se observa que el costo en gastos generales asciende a USD \$ 34,324.75 dólares mensuales. Respecto a la mano de obra se estima un total de 59 personas designadas al proyecto, distribuidos en las 3 guardias. Para más detalle referente a la distribución del personal revisar el Anexo A6.

Listado de equipos

Los equipos estimados y sus costos para el proyecto de construcción del túnel de integración se indican a más detalle en los Anexos A8 y A9. A continuación, se señala el costo total de los equipos utilizados tanto en la Rp (-) MKPS como en la Rp (+) MKPN, se separan dado que cada zona necesita maquinarias para el desarrollo de sus actividades. Cabe destacar que los precios se determinan de acuerdo con las valorizaciones de cada mes brindadas por la empresa.

Tabla 3. Presupuesto mensual de equipos por zonas

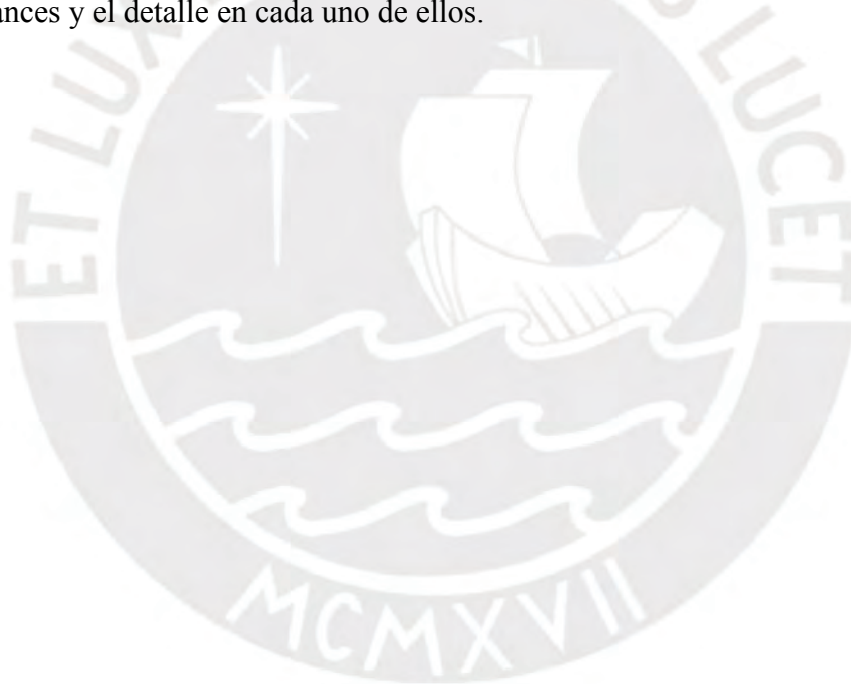
	Total mensual
Presupuesto equipos Rp (-) MKPS	\$74,457.36
Presupuesto equipos Rp (+) MKPN	\$30,132.10
Presupuesto total de equipos	\$104,589.46

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

Se puede apreciar en la tabla anterior que la zona Rp (-) MKPS requirió un mayor presupuesto para maquinarias y equipos. Finalmente, se señala en la parte final que el monto total de los alquileres por maquinaria y equipos asciende a la suma de USD \$104,58946 dólares americanos.

3.1.3. Gestión del cronograma del proyecto

A continuación, se muestra el cronograma de trabajo, con los avances para cada sección y actividad, es decir para el avance del túnel, la extracción de tierras y el sostenimiento, ya sea para el lado norte y sur del túnel, ambos lados se conectan en el mes de mayo (según lo planeado). También se muestran las cantidades en estos avances y el detalle en cada uno de ellos.



Avances	Dias / mes	2016		2017													
		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov			
Rp(-) GAL 675 N (RP 538) MKS	25																
Camaras de Carguio a 180 mts	25																
XC 930N, para VCR vent.	25																
XC 876N, RB 15	25																
BP 760W, CIMBRAS	25																
RP 777, PARALELA ACC. PRINC.	25																
BP 602W	25																
SUB ESTACION	25																
Refugios a 50 mts	25																
RB - 15	25																
VCR 657	25																
DESQUINCHE, DIMENSION EQ.	25																
DESQUINCHE, DIMENSION EQ.	25																
DESQUINCHE CAM. CARGUIO	25																

Sostenimiento	Dias/mes	2016		2017													
		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov			
Shotcrete 2"	25																
Pernos 7'	25																
Cimbra 5x5	25																

Extracción	Dias/mes	2016		2017													
		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov			
Extracción 0 - 1km	25																

Figura 19 Cronograma de trabajo del ramal sur hasta la comunicación

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

En la tabla anterior se muestra el cronograma de trabajo de acuerdo con las actividades para la construcción del túnel (tramo sur a norte), además del tiempo que tomó cada actividad durante los meses de ejecución. Luego en las actividades de sostenimiento se aprecia las actividades de shotcrete, pernos y cimbras (cada uno en sus unidades); y finalmente la extracción que fue una actividad constante en todo el período.

Rampa de conexión MKN a MKS - TUNEL ESPERANZA		COMUNICA													
Avances	Dias / mes	2016		2017											
		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	
Rp(-) GAL 675 N (RP 538) MKS	25														
Camaras de Carguio a 180 mts	25														
XC 930N, para VCR vent.	25														
XC 876N, RB 15	25														
BP 760W, CIMBRAS	25														
RP 777, PARALELA ACC. PRINC.	25														
BP 602W	25														
SUB ESTACION	25														
Refugios a 50 mts	25														
RB - 15	25														
VCR 657	25														
DESQUINCHE, DIMENSION EQ.	25														
DESQUINCHE, DIMENSION EQ.	25														
DESQUINCHE CAM. CARGUIO	25														

Sostenimiento	Dias/mes	2016		2017											
		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	
Shotcrete 2"	25														
Pernos 7'	25														
Cimbra 5x5	25														

Extracción	Dias/mes	2016		2017											
		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	
Extracción 0 - 1km	25														

Figura 20 Cronograma de trabajo del ramal norte hasta la comunicación

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

En la tabla mostrada se encuentra el cronograma de trabajo de acuerdo de actividades para la construcción del túnel (tramo norte a sur), además del tiempo que tomó cada actividad durante los meses de ejecución. Líneas más abajo, las actividades de sostenimiento, tales como el shotcrete, pernos y cimbras (cada uno en sus unidades) y finalmente la extracción que fue una actividad constante en todo el período.

3.2.Etapa de ejecución

En el desarrollo de las obras se encontraron algunos problemas en la construcción del túnel, ya sea por temas logísticos o de organización de la empresa para esta actividad; para esto utilizaremos el análisis de Pareto para las causas, y el diagrama de Ishikawa.

3.2.1. Problemática de la situación inicial de la etapa de ejecución

En el inicio de las actividades para la construcción del túnel, se observaron algunas falencias en distintos aspectos del trabajo (referimos a costo, alcance, tiempo y organización) que advirtieron problemas para terminar con las obras en el tiempo estimado, esto será explicado en el diagrama de Ishikawa de la situación inicial en la etapa de ejecución y graficado en el análisis de Pareto.

3.2.1.1.Diagrama de Ishikawa de la situación inicial en la etapa de ejecución

En este esquema se detallan las causas-raíces del problema originado por la deficiente supervisión durante el proyecto de construcción del túnel de integración. Las causas más influyentes o graves que determinaron la problemática de una deficiente supervisión han sido trasladados al diagrama de Pareto que cuantifica dichos datos y se muestra luego. El diagrama de Ishikawa de situación inicial en la etapa de ejecución se observa a continuación:

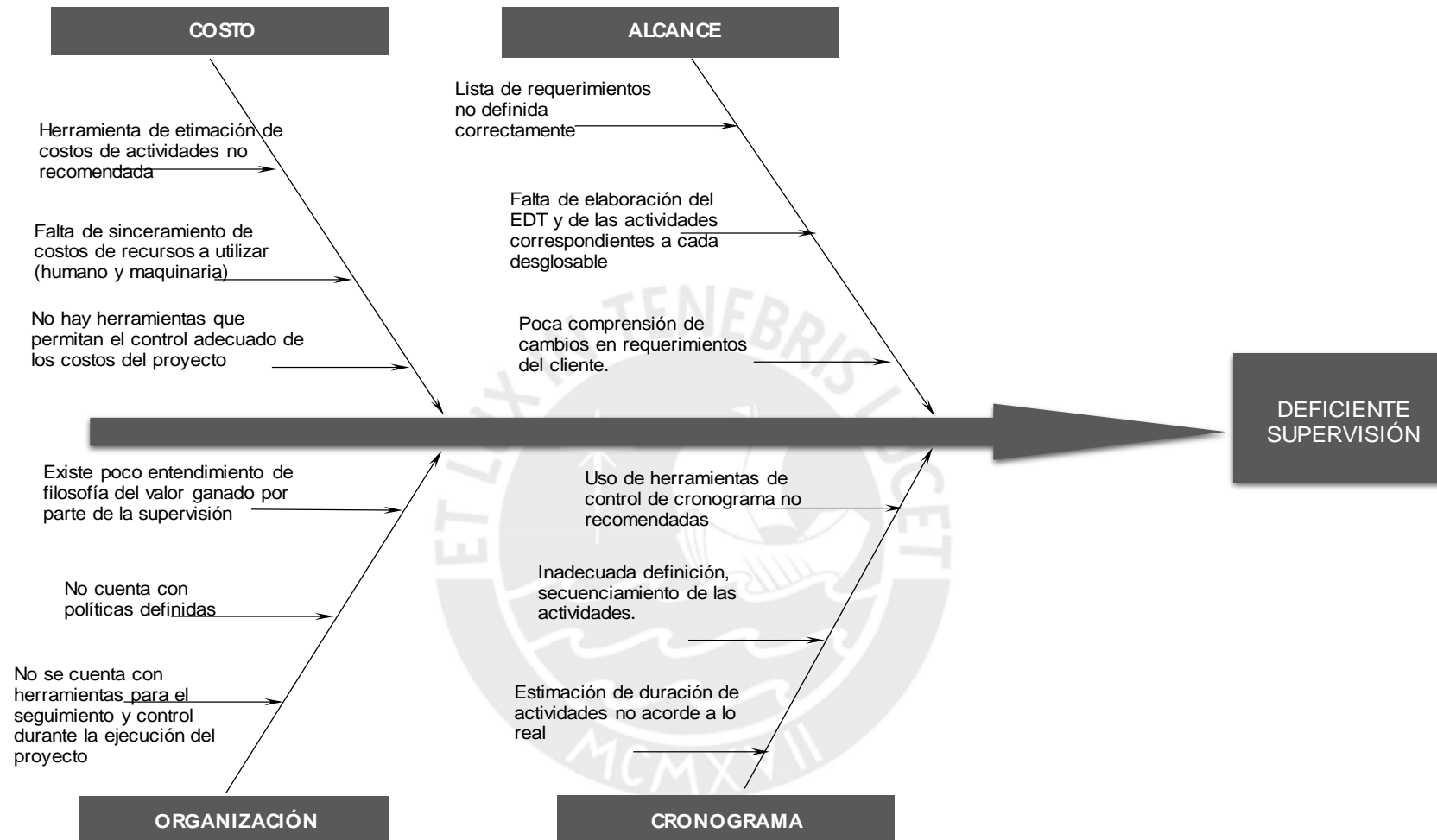


Figura 21 Diagrama de Ishikawa inicial

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.2. Análisis de Pareto de la situación inicial en la etapa de ejecución

En primer término, se procederá a mostrar un diagrama de Pareto. Este es un esquema o gráfica en forma de curva que permite apreciar de manera organizada los datos de forma descendente y de izquierda a derecha. Esta herramienta es usada principalmente para asignar un orden a las prioridades de mayor a menor, en donde se identifica los defectos que se producen en la empresa con mayor frecuencia, es decir las causas más comunes. El análisis y determinación de las causas más importantes acontecidas se muestran a continuación:

Tabla 4 *Análisis de Pareto inicial*

Nº	Descripción de Partida	Puntuación	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada
1	Falta de elaboración del EDT y de las actividades correspondientes a cada desglosable	6	29%	29%
2	Inadecuada definición y secuenciamiento de las actividades	5	23%	52%
3	Uso de herramientas de control de cronograma no recomendadas	4	19%	71%
4	Uso de herramienta de estimación de costos de actividades no recomendada	3	14%	85%
5	No se cuenta con adecuada filosofía del valor ganado por parte de la supervisión.	2	10%	95%
6	No se cuenta con herramientas para el seguimiento y control durante la ejecución del proyecto	1	5%	100%
TOTAL		21	100%	

Fuente: Elaboración propia

Ahora se presenta la gráfica correspondiente a estos datos, con la finalidad de presentar un análisis más didáctico de la situación encontrada:

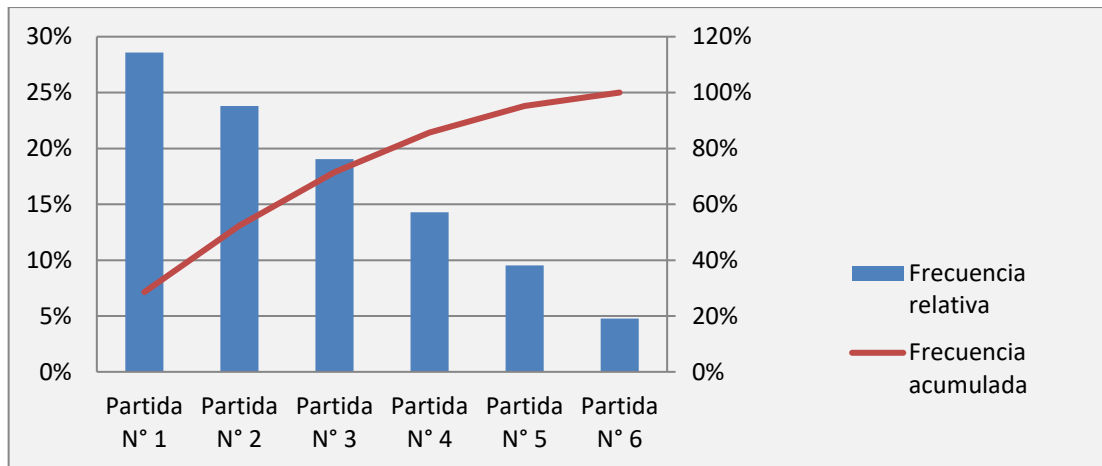


Figura 22. *Análisis de Pareto inicial*

Fuente: Elaboración propia

Entra las tres causas más destacadas tenemos: “Falta de elaboración del EDT y de las actividades correspondientes a cada desglosable”, la “Inadecuada definición de cada actividad y su secuenciamiento adecuado” y “el uso de herramientas de control no adecuadas” y el “uso de herramienta de estimación de costos inadecuada “. Otra causa importante es el uso de una herramienta de estimación de costos que no permite sincerar los costos de todos los recursos utilizados. Finalmente, dentro de otros aspectos negativos que influyen para el proyecto, se tiene que no se cuenta con una adecuada filosofía respecto a la metodología del valor ganado en la gestión y supervisión del proyecto. En este sentido, no se cuenta con herramientas para garantizar la eficiente supervisión de los actores que intervienen en estos procesos.

3.2.2. Ejecución de trabajos

En esta sección se presentan los avances mensuales del proyecto. Este avance se cuantifica en metros lineales ejecutados del túnel, tanto en la zona MKPN como en la zona MKPS, correspondiente a las actividades de excavación y acarreo.

- Noviembre -2016

Para este período se proyectó realizar una serie de avances en excavaciones, así como el trazo lineal de las vías del túnel, lo que estuvo sujeto a un presupuesto estimado. Se muestran los indicadores a continuación:

Tabla 5 Avance en metros lineales en el túnel – Noviembre 2016

DESCRIPCIÓN	Nov. 2016
EJECUTADO (m)	74.4
PROGRAMADO (m)	160.0
% CUMPLIMIENTO	47%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 Detalle de extracción de materiales – Noviembre 2016

Labor	Volumen (m3)	Ton
T. Esperanza - MPN	1490	4768
REF 9021(+)-1	33	105.6
T. Esperanza - MPS	342.5	890.5
Total	1865.5	5764.1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Detalle del costo de los avances – Noviembre 2016

MINA	DESCRIPCIÓN	
MKN	Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 12,670.00
	Ventilación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 1,769.17
	Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 13,730.00
	Acarreo (Transporte) - Proyecto rampa Esperanza	\$ 8,960.00
Total MKN		\$ 37,129.17
MKS	Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 12,865.00
	Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 17,513.41
	Acarreo (Transporte) - Proyecto rampa Esperanza	\$ 7,854.00
Total MKS		\$ 30,378.41
AC		\$ 67,507.57
Utilidad	5%	\$ 3,553.03
Ejecutado		\$ 71,060.60

Fuente: Elaboración propia

En las tablas mostradas anteriormente se señala que, para el mes de noviembre del año 2016, se logró un avance de 74.4 metros lineales, lo cual fue el 47% de lo programado (160 metros para el primer mes). También se indica que en total se extrajo la cantidad de 1,866.5 metros cúbicos de material, que representaron 5,764.1 toneladas. Finalmente, se puede decir que el costo total ejecutado por los avances de ambos tramos (sur y norte), en este mes, ascendió a USD \$71,060.60 dólares.

- Diciembre -2016

A continuación, se muestran los avances en metros de la excavación del túnel, así como la extracción de material del suelo y subsuelo, y los costos ocasionados por estas actividades.

Tabla 8 *Avance en metros lineales en el túnel – Diciembre 2016*

DESCRIPCIÓN	Nov. 2016	Diciembre
EJECUTADO (m)	74.4	221.8
PROGRAMADO (m)	160.0	213.0
% CUMPLIMIENTO	47%	104%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 *Detalle de extracción de materiales – Diciembre 2016*

	Labor	Volumen (m3)	Ton
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M		1957.5	5089.5
Excavación de cámara 6.00 X 5.00 M		297	772.2
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M		2065	5369
Excavación de cámara 4.50 X 4.50 M		220.725	573.885
Excavación de cámara 4.50 X 4.50 M		131.625	342.225
Excavación de cámara 4.50 X 4.50 M		336.15	873.99
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M		8	20.8
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M		6	15.6
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M		8	20.8
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M		6	15.6

Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M	40	104
<i>Total</i>	<i>5076</i>	<i>13197.6</i>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10 *Detalle del costo de los avances – Diciembre 2016*

MINA	DESCRIPCIÓN	
MKN	Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 45,896.00
	Ventilación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 21,288.45
	Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 42,567.00
	Acarreo (Transporte) - Proyecto rampa Esperanza	\$ 11,000.00
Total MKN		\$ 120,751.45
MKS	Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 30,596.00
	Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 41,904.97
	Acarreo (Transporte) - Proyecto rampa Esperanza	\$ 8,000.00
Total MKS		\$ 80,500.97
AC		\$ 201,252.42
Utilidad	5%	\$ 10,592.23
Ejecutado		\$ 211,844.65

Fuente: Elaboración propia

Se indica que, para el mes de diciembre del año 2016, se logró un avance de 221.8 metros lineales, lo cual fue el 104% de lo programado (213 metros para el segundo mes). También se indica que en total se extrajo la cantidad de 5,076 metros cúbicos de material, que representaron 13,197.6 toneladas. Finalmente, se puede decir que el costo total ejecutado por los avances de ambos tramos (sur y norte), en este mes, ascendió a USD \$221,884.65 dólares.

- **Enero -2017**

Para este período se muestran los avances en temas de extracción de tierras, avance en metros lineales del túnel y los costos generados por el trabajo ejecutado a través de las siguientes tablas:

Tabla 11 *Avance en metros lineales en el túnel – Enero 2017*

DESCRIPCIÓN	Nov. 2016	Diciembre	Enero
EJECUTADO (m)	74.4	221.8	190.4
PROGRAMADO (m)	160.0	213.0	214.0
% CUMPLIMIENTO	47%	104%	89.0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12 *Detalle de extracción de materiales – Enero 2017*

Labor	Volumen (m3)	Ton
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	1625	4225
Excavación de cámara 4.50 X 4.50 M	338.175	879.255
Excavación de cámara 4.50 X 4.50 M	0	0
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M	8	20.8
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	384	998.4
Excavación de cámara 4.50 X 4.50 M	112.995	293.787
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M	0	0
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	1536	3993.6
Excavación de cámara 4.50 X 4.50 M	451.98	1175.148
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M	8	20.8
<i>Total</i>	4464.2	11606.8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13 *Detalle del costo de los avances – Enero 2017*

MINA	DESCRIPCIÓN	Monto
MKN	Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 44,623.34
	Ventilación - Proyecto rampa Esperanza	\$ -
	Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 67,863.58
	Acarreo (Transporte) - Proyecto rampa Esperanza	\$ 6,543.89
Total MKN		\$ 119,030.81
MKS	Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 19,369.87
	Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 91,366.72
	Acarreo (Transporte) - Proyecto rampa Esperanza	\$ 24,523.55
Total MKS		\$ 135,260.14
AC		\$ 254,290.95
Utilidad	10%	\$ 25,429.10
Ejecutado		\$ 279,720.05

Fuente: Elaboración propia

En las tablas mostradas anteriormente se señala que, para el mes de enero del año 2017, se logró un avance de 190.4 metros lineales, lo cual fue el 89% de lo programado (214 metros para el tercer mes). También se indica que en total se extrajo la cantidad de 4,464.2 metros cúbicos de material, que representaron 11,606.8 toneladas. Finalmente, se puede decir que el costo total ejecutado por los avances de ambos tramos (sur y norte), en este mes, ascendió a USD \$279,279.05 dólares.

- Febrero – 2017

Para este período se proyectó realizar una serie de avances en excavaciones, así como el trazo lineal de las vías del túnel, lo que estuvo sujeto a un presupuesto estimado. Se muestran los indicadores a continuación:

Tabla 14 *Avance en metros lineales en el túnel – Febrero 2017*

DESCRIPCIÓN	Nov. 2016	Diciembre	Enero	Febrero
EJECUTADO (m)	74.4	221.8	190.4	225.0
PROGRAMADO (m)	160.0	213.0	214.0	309.0
% CUMPLIMIENTO	47%	104%	89.0%	73%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15 *Detalle de extracción de materiales – Febrero 2017*

Labor	Volumen (m3)	Ton
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	1525	3965
Excavación de cámara 4.50 X 4.50 M	228.825	594.945
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	850	2210
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	1877.5	4881.5
Excavación de cámara 4.50 X 4.50 M	307.8	800.28
Excavación de cámara 4.50 X 4.50 M	121.5	315.9
Excavación de cámara 4.50 X 4.50 M	214.65	558.09
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	0	0
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	217.5	565.5
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M	6.8	17.68
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M	5.6	14.56
Total	5355.2	13923.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16 *Detalle del costo de los avances – Febrero 2017*

MINA	DESCRIPCIÓN	SI
MKN	Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 56,930.56
	Ventilación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 32,654.92
	Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 161,467.18
	Acarreo (Transporte) - Proyecto rampa Esperanza	\$ 15,939.58
Total MKN		\$ 266,992.25
MKS	Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 15,195.66
	Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 22,586.36
	Acarreo (Transporte) - Proyecto rampa Esperanza	\$ 9,870.53
Total MKS		\$ 47,652.55
AC		\$ 314,644.79
Utilidad	7%	\$ 22,025.14
Ejecutado		\$ 336,669.93

Fuente: Elaboración propia

Se señala que, para el mes de febrero del año 2017, se logró un avance de 225 metros lineales, lo cual fue el 73% de lo programado (309 metros para el cuarto mes). También se indica que en total se extrajo la cantidad de 5,355.2 metros cúbicos de material, que representaron 13,923.5 toneladas. Finalmente, se puede decir que el costo total ejecutado por los avances de ambos tramos (sur y norte) en este mes ascendió a USD \$336,669.93 dólares.

- **Marzo – 2017**

A continuación, se muestran los avances en metros de la excavación del túnel, así como la extracción de material del suelo y subsuelo, y los costos ocasionados por estas actividades.

Tabla 17 *Avance en metros lineales en el túnel – Marzo 2017*

DESCRIPCIÓN	Nov. 2016	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
EJECUTADO (m)	74.4	221.8	190.4	225.0	261.7
PROGRAMADO (m)	160.0	213.0	214.0	309.0	313.0
% CUMPLIMIENTO	47%	104%	89.0%	73%	84%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18 *Detalle de extracción de materiales – Marzo 2017*

Labor	Volumen (m3)	Ton
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	1797.5	4673.5
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	1187.5	3087.5
Excavación de cámara 4.00 X 4.00 M	270.4	703.04
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	1040	2704
Excavación de cámara 4.50 X 4.50 M	409.05	1063.53
Excavación de cámara 4.50 X 4.50 M	0	0
Excavación de cámara 4.50 X 4.50 M	0	0
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	827.5	2151.5
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M	6.8	17.68
Excavación de cámara 4.50 X 4.50 M	356.4	926.64
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M	7.2	18.72
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M	5.6	14.56
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	90	234
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	110	286
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M	0	0
Total	1812.6	4712.6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19 *Detalle del costo de los avances – Marzo 2017*

MINA	DESCRIPCIÓN	MONTO
MKN	Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 26,743.36
	Ventilación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 7,261.16
	Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 128,667.16
	Acarreo (Transporte) - Proyecto rampa Esperanza	\$ 8,203.41
Total MKN		\$ 170,875.09
MKS	Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 38,785.36
	Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 77,964.19
Total MKS		\$ 116,749.55
AC		\$ 287,624.64
Utilidad	5%	\$ 14,381.23
Ejecutado		\$ 302,005.87

Fuente: Elaboración propia

En las tablas mostradas anteriormente se indica que, para el mes de marzo del año 2017, se logró un avance de 261.7 metros lineales, lo cual fue el 84% de lo programado (313 metros para el quinto mes). También se indica que en total se extrajo la cantidad de 1,812.6 metros cúbicos de material, que representaron

4,712.6 toneladas. Finalmente, se puede decir que el costo total ejecutado por los avances de ambos tramos (sur y norte) en este mes ascendió a USD \$302,005.87 dólares.

- Abril – 2017

Para este período se proyectó realizar una serie de avances en excavaciones, así como el trazo lineal de las vías del túnel, lo que estuvo sujeto a un presupuesto estimado. Se muestran los indicadores a continuación:

Tabla 20 *Avance en metros lineales en el túnel – Abril 2017*

DESCRIPCIÓN	Nov. 2016	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
EJECUTADO (m)	74.4	221.8	190.4	225.0	261.7	212.2
PROGRAMADO (m)	160.0	213.0	214.0	309.0	313.0	330.5
% CUMPLIMIENTO	47%	104%	89.0%	73%	84%	64%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 *Detalle de extracción de materiales – Abril 2017*

Labor	Volumen (m3)	Ton
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	1915	4979
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	143	370.5
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	918	2385.5
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	1115	2899
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	275	715
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	355	923
Excavación de cámara 4.50 X 4.50 M	302	784.485
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M	14	36.4
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M	7	18.72
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M	5	12.48
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M	8	20.8
Total	5055.7	13144.9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22 *Detalle del costo de los avances – Abril 2017*

MINA	DESCRIPCIÓN	MONTO
MKN	Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 61,481.81

	Ventilación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 5,226.45
	Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 103,285.02
	Acarreo (Transporte) - Proyecto rampa Esperanza	\$ 5,797.47
	Total	\$ 175,790.75
	MKN	
	MKS Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 38,915.40
	Ventilación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 8,737.29
	Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 71,036.16
	Total MKS	\$ 118,688.86
	AC	\$ 294,479.61
	Utilidad 8%	\$ 23,558.37
	Ejecutado	\$ 318,037.98

Fuente: Elaboración propia

Se indica que, para el mes de abril del año 2017, se logró un avance de 212.2 metros lineales, lo cual fue el 64% de lo programado (330.5 metros para el sexto mes). También se indica que en total se extrajo la cantidad de 5,055.7 metros cúbicos de material, que representaron 13,144.9 toneladas. Finalmente, se puede decir que el costo total ejecutado por los avances de ambos tramos (sur y norte) en este mes ascendió a USD \$318,037.98 dólares.

- Mayo – 2017

Para este período se muestran los avances en temas de extracción de tierras, avance en metros lineales del túnel y los costos generados por el trabajo ejecutado a través de las siguientes tablas:

Tabla 23 Avance en metros lineales en el túnel – Mayo 2017

DESCRIPCIÓN	Nov. 2016	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
EJECUTADO (m)	74.4	221.8	190.4	225.0	261.7	212.2	146.2
PROGRAMADO (m)	160.0	213.0	214.0	309.0	313.0	330.5	173.0
% CUMPLIMIENTO	47%	104%	89.0%	73%	84%	64%	85%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24 *Detalle de extracción de materiales – Mayo 2017*

Labor	Volumen (m3)	Ton
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	1000	2600
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	1175	3055
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	100	260
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	1060	2756
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	238	617.5
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M	7	18.72
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M	6	15.6
Total	3585.7	9322.8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25 *Detalle del costo de los avances – Mayo 2017*

MINA	DESCRIPCIÓN	MONTO
MKN	Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 37,959.75
	Ventilación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 15,426.78
	Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 56,533.65
	Total MKN	\$ 109,920.18
MKS	Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 43,482.43
	Ventilación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 9,568.44
	Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 26,198.05
	Acarreo (Transporte) - Proyecto rampa Esperanza	\$ 3,391.99
	Suministro Aire Comprimido - Proyecto rampa Esperanza	\$ 1,850.40
	Total MKS	\$ 84,491.31
AC		\$ 194,411.50
Utilidad	5%	\$ 9,720.57
Ejecutado		\$ 204,132.07

Fuente: Elaboración propia

Se señala que, para el mes de mayo del año 2017, se logró un avance de 146.2 metros lineales, lo cual fue el 85% de lo programado (173 metros para el séptimo mes). También se indica que en total se extrajo la cantidad de 3585.7 metros cúbicos de material, que representaron 9,322.8 toneladas. Finalmente, se puede decir que el costo total ejecutado por los avances de ambos tramos (sur y norte) en este mes ascendió a USD \$204,132.07 dólares.

- Junio – 2017

Para este período se proyectó realizar una serie de avances en excavaciones, así como el trazo lineal de las vías del túnel, lo que estuvo sujeto a un presupuesto estimado. Entonces se muestran los indicadores a continuación:

Tabla 26 *Avance en metros lineales en el túnel – Junio 2017*

DESCRIPCIÓN	Nov. 2016	Diciembre	Enero 2017	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
EJECUTADO (m)	74.4	221.8	190.4	225.0	261.7	212.2	146.2	222.7
PROGRAMADO (m)	160.0	213.0	214.0	309.0	313.0	330.5	173.0	230.0
% CUMPLIMIENTO	47%	104%	89.0%	73%	84%	64%	85%	97%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27 *Detalle extracción de materiales – Junio 2017*

Labor	Volumen (m3)	Ton
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M	28	72.8
Excavación de cámara 4.00 X 4.00 M	240	624
Excavación de cámara 4.00 X 4.00 M	235	611.52
Excavación de galería 4.50 X 4.50 M	401	1042.47
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	2563	6662.5
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	1593	4140.5
Total	5059.2	13153.8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28 *Detalle del costo de los avances – Junio 2017*

MINA	DESCRIPCIÓN	MONTO
MPN	Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 35,781.30
	Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 91,488.64
	Desquinche - Proyecto rampa Esperanza	\$ 2,043.21
	Actividades Auxiliares - Proyecto rampa Esperanza	\$ 12,577.20
	Total	\$ 141,890.34
MPS	Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 80,634.85
	Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 107,343.79
	Desquinche - Proyecto rampa Esperanza	\$ 3,876.86
	Actividades Auxiliares - Proyecto rampa Esperanza	\$ 14,100.00
	Total	

Total MPS	\$	205,955.50
AC	\$	347,845.85
Utilidad	8%	\$ 27,827.67
Ejecutado	\$	375,673.51

Fuente: Elaboración propia

En las tablas mostradas anteriormente se sostiene que, para el mes de junio del año 2017, se logró un avance de 222.7 metros lineales, lo cual fue el 97% de lo programado (230 metros para el octavo mes). También se indica que en total se extrajo la cantidad de 5,092.2 metros cúbicos de material, que representaron 13,152.8 toneladas. Finalmente, se puede decir que el costo total ejecutado por los avances de ambos tramos (sur y norte) en este mes ascendió a USD \$375,673.51 dólares.

- Julio – 2017

A continuación, se muestran los avances en metros de la excavación del túnel, así como la extracción de material del suelo y subsuelo, y los costos ocasionados.

Tabla 29 *Avance en metros lineales en el túnel – Julio 2017*

DESCRIPCIÓN	Nov. 2016	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
EJECUTADO (m)	74.4	221.8	190.4	225.0	261.7	212.2	146.2	222.7	243.3
PROGRAMADO (m)	160.0	213.0	214.0	309.0	313.0	330.5	173.0	230.0	218.0
% CUMPLIMIENTO	47%	104%	89.0%	73%	84%	64%	85%	97%	112%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30 *Detalle de extracción de materiales – Julio 2017*

<i>Labor</i>	<i>Volumen (m3)</i>	<i>Ton</i>
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M	45	117.52
Excavación de cámara 4.50 X 4.50 M	381	989.82
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	2778	7221.5
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	2553	6636.5
<i>Total</i>	<i>5755.9</i>	<i>14965.3</i>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31 *Detalle del costo de los avances – Julio 2017*

MINA	DESCRIPCIÓN	MONTO
MPN	Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 35,781.30
	Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 91,488.64
	Desquinche - Proyecto rampa Esperanza	\$ 2,043.21
	Actividades Auxiliares - Proyecto rampa Esperanza	\$ 12,577.20
Total MPN		\$ 141,890.34
MPS	Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 80,634.85
	Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 107,343.79
	Desquinche - Proyecto rampa Esperanza	\$ 3,876.86
	Actividades Auxiliares - Proyecto rampa Esperanza	\$ 14,100.00
Total MPS		\$ 205,955.50
AC		\$ 347,845.85
Utilidad	8%	\$ 27,827.67
Ejecutado		\$ 375,673.51

Fuente: Elaboración propia

Se indica que, para el mes de Julio del año 2017, se logró un avance de 243.3 metros lineales, lo cual fue el 112% de lo programado (218 metros para el noveno mes). También se indica que en total se extrajo la cantidad de 5,755.9 metros cúbicos de material, que representaron 14,965.3 toneladas. Finalmente, se puede decir que el costo total ejecutado por los avances de ambos tramos (sur y norte) en este mes ascendió a USD \$318,037.98 dólares.

- Agosto – 2017

Para este período se muestran los avances en temas de extracción de tierras, avance en metros lineales del túnel y los costos generados por el trabajo ejecutado a través de las siguientes tablas:

Tabla 32 *Avance en metros lineales en el túnel – Agosto 2017*

DESCRIPCIÓN	Nov. 2016	Dic	Enero	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.
EJECUTADO (m)	74.4	221.8	190.4	225.0	261.7	212.2	146.2	222.7	243.3	174.7
PROGRAMADO (m)	160.0	213.0	214.0	309.0	313.0	330.5	173.0	230.0	218.0	209.0
%CUMPLIMIENTO	47%	104%	89.0%	73%	84%	64%	85%	97%	112%	84%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33 *Detalle de extracción de materiales – Agosto 2017*

Labor	Volumen (m3)	Ton
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M	32	83.2
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	1848	4803.5
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	2320	6032
Total	4199.5	10918.7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34 *Detalle del costo de los avances – Agosto 2017*

DESCRIPCIÓN	SI
Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 111,577.14
Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 145,685.48
Desquinche - Proyecto rampa Esperanza	\$ 261.95
Actividades Auxiliares - Proyecto rampa Esperanza	\$ 52,237.01
AC	\$ 309,761.59
Utilidad	5% \$ 15,488.08
Ejecutado	\$ 325,249.66

Fuente: Elaboración propia

En las tablas mostradas anteriormente se indica que, para el mes de agosto del año 2017, se logró un avance de 174.7 metros lineales, lo cual fue el 84% de lo programado (209 metros para el décimo mes). También se indica que en total se

extrajo la cantidad de 4199.5 metros cúbicos, que representaron 10918.7 toneladas.

Finalmente, se puede decir que el costo total ejecutado por los avances de ambos tramos en este mes ascendió a USD \$325,249.66 dólares.

- Setiembre – 2017

A continuación, se muestran los avances en metros de la excavación del túnel, así como la extracción de material del suelo y subsuelo, y los costos ocasionados

Tabla 35 *Avance en metros lineales en el túnel – Setiembre 2017*

DESCRIPCIÓN	Nov. 2016	Dic.	Enero	Feb.	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos	Sep.
EJECUTADO (m)	74.4	221.8	190.4	225.0	261.7	212.2	146.2	222.7	243.3	174.7	101.4
PROGRAMADO (m)	160.0	213.0	214.0	309.0	313.0	330.5	173.0	230.0	218.0	209.0	110.0
%CUMPLIMIENTO	47%	104%	89.0 %	73%	84%	64%	85%	97%	112%	84%	92%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36 *Detalle de extracción de materiales – Setiembre 2017*

<i>Labor</i>	<i>Volumen (m3)</i>	<i>Ton</i>
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M	16	41.6
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	923	2398.5
Excavación de cámara 4.50 X 4.50 M	1179	3064.23
Excavación de cámara 4.00 X 4.00 M	37	95.68
<i>Total</i>	<i>2153.9</i>	<i>5600.0</i>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37 *Detalle de costo de los avances – Setiembre 2017*

DESCRIPCIÓN	
Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 153,307.81
Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 74,247.41
Desquinche - Proyecto rampa Esperanza	\$ 7,375.06
Actividades Auxiliares - Proyecto rampa Esperanza	\$ 11,935.31
AC	\$ 246,865.59
Utilidad	\$ 19,749.25
Ejecutado	\$ 266,614.84

Fuente: Elaboración propia

Se señala que, para el mes de setiembre del año 2017, se logró un avance de 146.2 metros lineales, lo cual fue el 85% de lo programado (173 metros para el séptimo mes). También se indica que en total se extrajo la cantidad de 3,585.7 metros cúbicos, que representaron 9,322.8 toneladas. Finalmente, se puede decir que el costo total ejecutado por los avances de ambos tramos (sur y norte) en este mes ascendió a USD \$204,132.07 dólares.

- Octubre – 2017

Para este período se proyectó realizar una serie de avances en excavaciones, así como el trazo lineal de las vías del túnel, lo que estuvo sujeto a un presupuesto estimado. Se muestran los indicadores a continuación:

Tabla 38 *Avance en metros lineales en el túnel – Octubre 2017*

DESCRIPCIÓN	Nov	Dic.	Enero	Feb.	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos	Sept.	Oct.
	2016											
EJECUTADO (m)	74.4	221.8	190.4	225.0	261.7	212.2	146.2	222.7	243.3	174.7	101.4	56.7
PROGRAMADO (m)	160.0	213.0	214.0	309.0	313.0	330.5	173.0	230.0	218.0	209.0	110.0	60.0
%CUMPLIMIENTO	47%	104%	89.0%	73%	84%	64%	85%	97%	112%	84%	92%	95%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39 *Detalle de extracción de materiales – Octubre 2017*

Labor	Volumen (m3)	Ton
Excavación de cámara 2.00 X 2.00 M	8	20.8
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	830	2158
Excavación de cámara 4.50 X 4.50 M	397	1031.94
Excavación de cámara 4.00 X 4.00 M	30	79.04
Total	1265.3	3289.8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40 *Detalle de Costo de los avances – Octubre 2017*

DESCRIPCIÓN	MONTO
Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 139,456.30
Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 44,126.63
Desquinche - Proyecto rampa Esperanza	\$ 4,150.90
Actividades Auxiliares - Proyecto rampa Esperanza	\$ 4,486.20
AC	\$ 192,220.02
Utilidad	\$ 19,222.00
Ejecutado	\$ 211,442.02

Fuente: Elaboración propia

Se muestra que, para el mes de octubre del año 2017, se logró un avance de 56.7 metros lineales, lo cual fue el 95% de lo programado (60 metros para el penúltimo mes). También se indica que en total se extrajo la cantidad de 1,265.3 metros cúbicos de material, que representaron 3,298.8 toneladas. Finalmente, se puede decir que el costo total ejecutado por los avances de ambos tramos en este mes ascendió a USD \$211,442.03 dólares.

- Noviembre – 2017

En esta sección se muestran los avances en temas de extracción de tierras, avance en metros lineales del túnel, y los costos generados por el trabajo ejecutado a través de las siguientes tablas:

Tabla 41 *Avance en metros lineales en el túnel – Noviembre 2017*

DESCRIPCIÓN	Nov. 2016	Dic.	Enero 2017	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.
EJECUTADO (m)	74.4	221.8	190.4	225.0	261.7	212.2	146.2	222.7	243.3	174.7	101.4	56.7	52.3
PROGRAMADO (m)	160	213.0	214.0	309.0	313.0	330.5	173.0	230.0	218.0	209.0	110.0	60.0	53.0
%CUMPLIMIENTO	47%	104%	89.0%	73%	84%	64%	85%	97%	112%	84%	92%	95%	99%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42 *Detalle de extracción de materiales – Noviembre 2017*

<i>Labor</i>	<i>Volumen (m3)</i>	<i>Ton</i>
Excavación de rampa 5.00 X 5.00 M	1308	3399.5
<i>Total</i>	<i>1307.5</i>	<i>3399.5</i>

Fuente: Elaboración propia

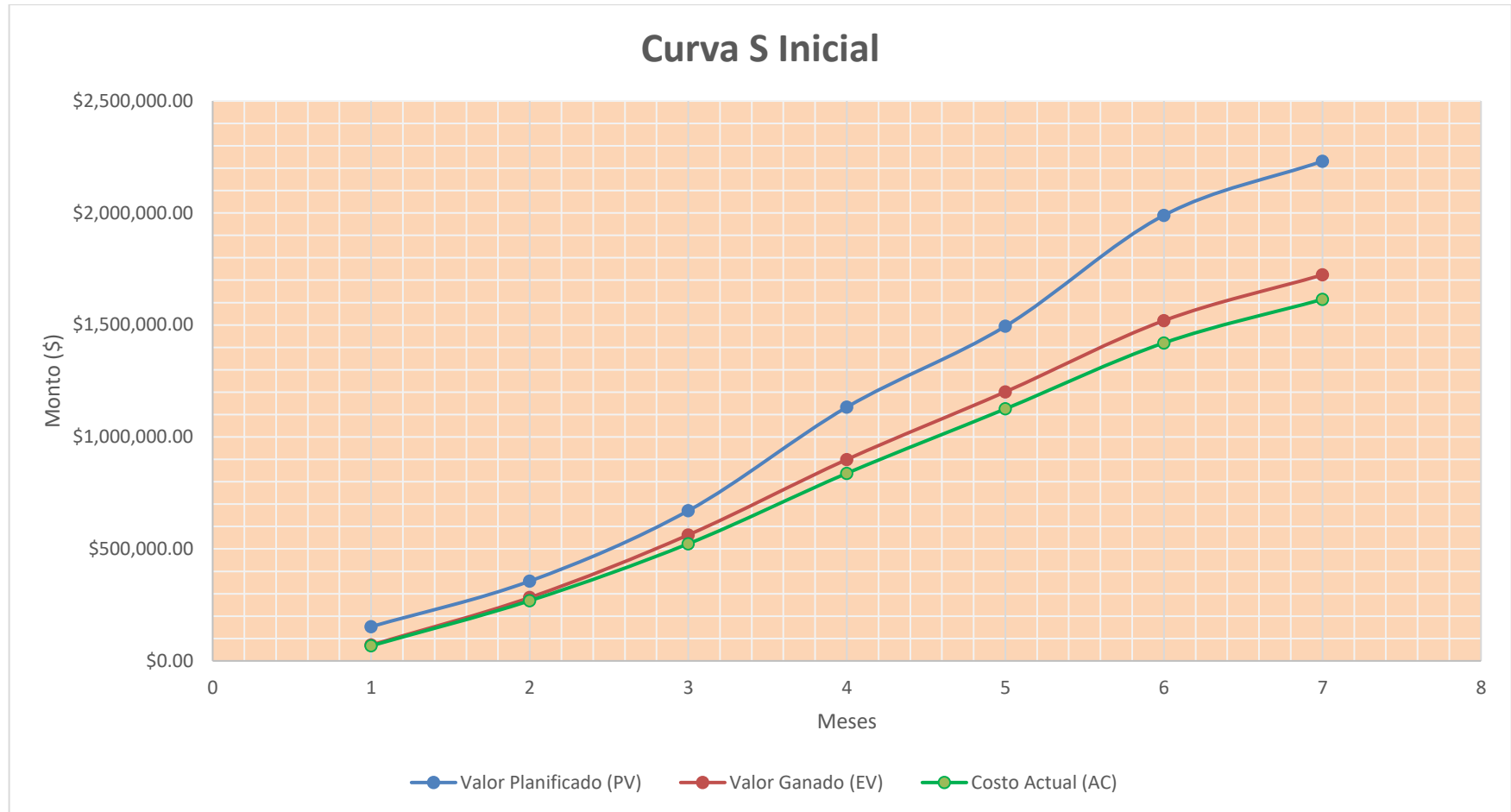
Tabla 43 *Detalle del costo de los avances – Noviembre 2017*

DESCRIPCIÓN	MONTO
Sostenimiento - Proyecto rampa Esperanza	\$ 216,989.68
Excavación - Proyecto rampa Esperanza	\$ 46,011.45
Desquinche - Proyecto rampa Esperanza	\$ 3,139.97
Actividades Auxiliares - Proyecto rampa Esperanza	\$ 1,850.40
AC	\$ 267,991.51
Utilidad 8%	\$ 26,799.15
Ejecutado	\$ 294,790.66

Fuente: Elaboración propia

En las tablas mostradas anteriormente se sostiene que, para el mes de noviembre del año 2017, se logró un avance de 52.3 metros lineales, lo cual fue el 99% de lo programado (53 metros para el último mes). También se indica que en total se extrajo la cantidad de 1,307.5 metros cúbicos de material, que representaron 3,399.5 toneladas. Finalmente, se puede decir que el costo total ejecutado por los avances en este mes ascendió a USD \$294,790.66 dólares.

Luego de haber analizado los datos y referencias de los avances realizados durante la etapa de ejecución del túnel de conexión, se presenta el siguiente diagrama que muestra la elaboración de la curva S en un determinado mes de corte o de análisis.

Figura 23 *Curva S Inicial*

Fuente: Elaboración propia

En la figura mostrada anteriormente se puede apreciar el desarrollo de las curvas del valor planificado, el valor ganado y el costo actual en una situación inicial, que corresponde hasta la fecha de corte: el mes 7. Es claro notar que la curva del valor planificado (color azul) se sitúa por encima del valor ganado (color rojo) y el costo actual (color verde). Esta no es una situación favorable para el desarrollo del proyecto, debido a que se ha marcado una gran distancia entre los alcances esperados al momento de la planificación de las obras, respecto a la situación actual al momento del corte. Esta situación refiere que existe una gestión deficiente en el desarrollo de las obras (considerando el costo, alcance y tiempo estimados por la gerencia al momento del acuerdo). De mantenerse esta situación, es posible que las obras no lleguen a ser concluidas en el periodo determinado, además encontrarse en situaciones adversas respecto al gasto ejecutado y en el alcance del túnel.

3.2.3. Problemática de la situación final en la etapa de ejecución

Luego de concluir las acciones de excavación, acarreo y construcción del túnel, que conecta a las dos zonas de la mina en cuestión, se señala que existieron algunos determinantes para que este proyecto no haya alcanzado el éxito en el plazo determinado por la dirección ni lo especificado en los términos de contratación. Esto será explicado en el análisis de Ishikawa de la situación final (mes final), posteriormente al trabajo de construcción del túnel.

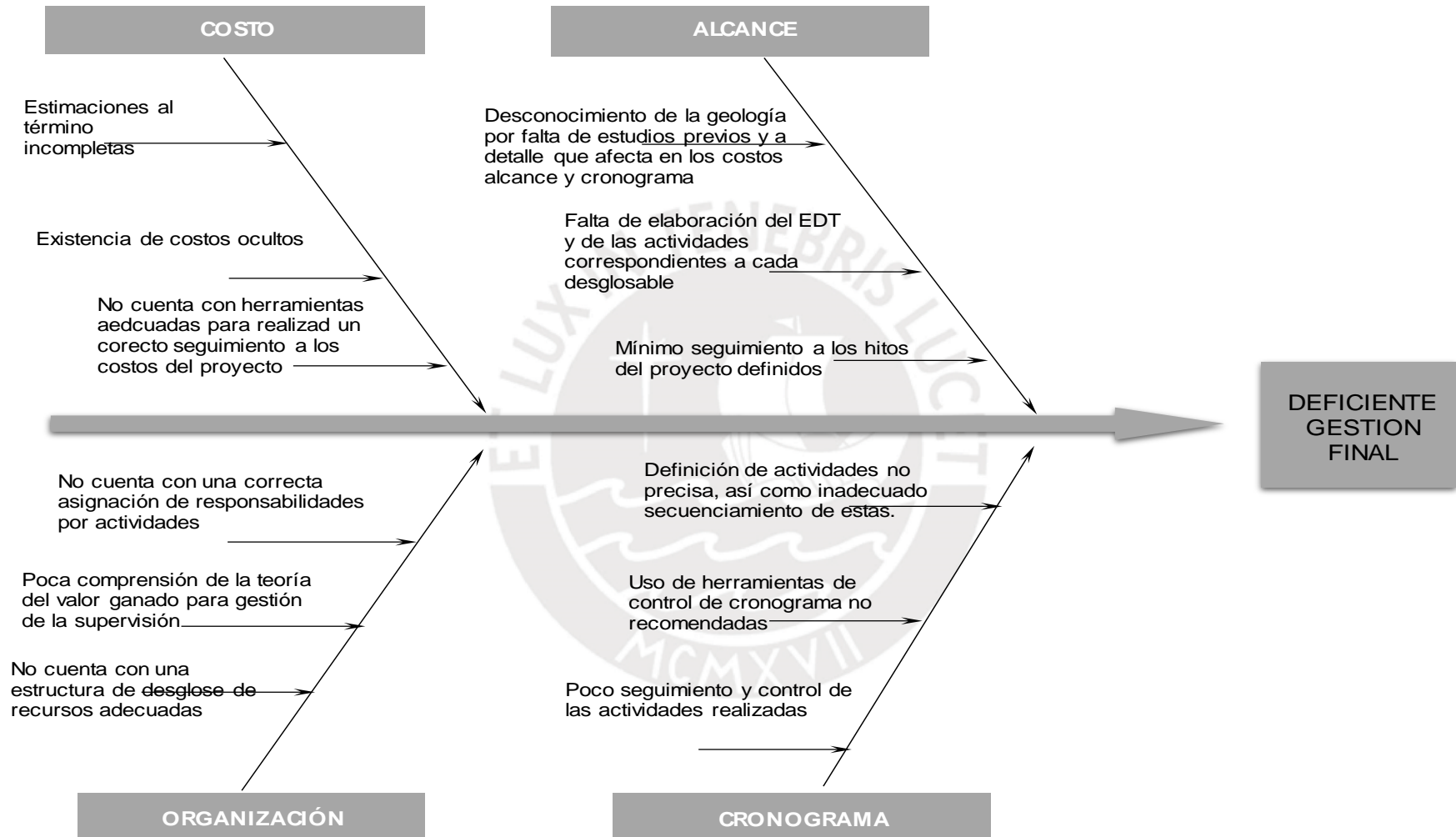
3.2.3.1. Diagrama de Ishikawa de la situación final en la etapa de ejecución

Se presenta un análisis de las causas que influyeron en la problemática final; es decir, posterior a los trabajos realizados en el tiempo programado de la obra (mencionados aquí como etapa de ejecución), donde se sostiene que como consecuencia de todos los problemas acontecidos el resultado es una deficiente gestión en la etapa de ejecución, la cual tiene múltiples raíces (de acuerdo a los enfoques de costo, alcance y tiempo).

Entonces para dicho análisis se utiliza nuevamente un diagrama de Ishikawa que permite apreciar los problemas encontrados al final del proyecto para cada aspecto de la obra. Esto se presenta a continuación:



Figura 24 Diagrama de Ishikawa final



Elaboración propia

3.2.3.2. Análisis de Pareto de la situación final en la etapa de ejecución

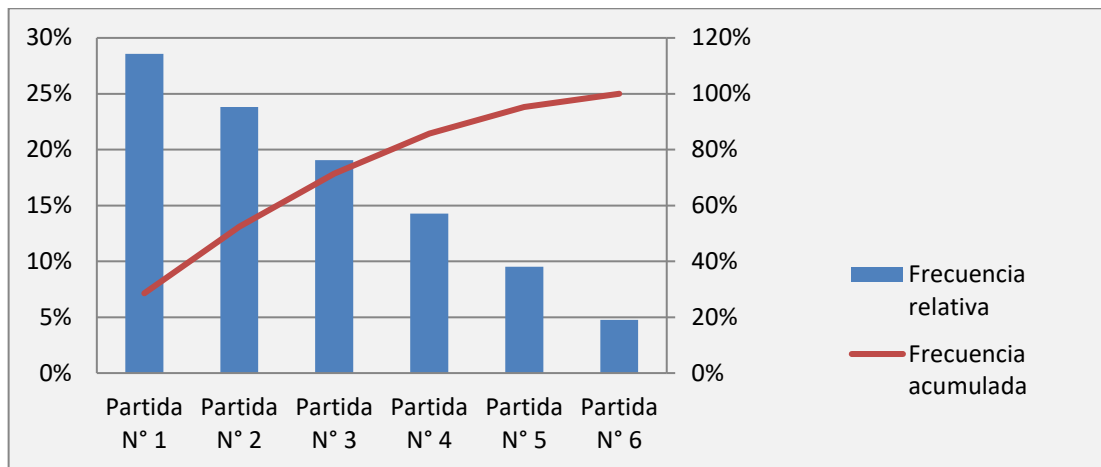
Para realizar el análisis mediante el diagrama de Pareto, se cuenta con la información contenida en el diagrama de Ishikawa mostrado anteriormente, de donde se rescataron los elementos más importantes mencionados. Entonces se cuenta con la siguiente tabla:

Tabla 44 *Análisis de Pareto final*

N°	Descripción de Partida	Puntuación	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada
1	Falta de elaboración del EDT y de las actividades correspondientes a cada desglosable	6	29%	29%
2	Definición de actividades no precisa, y un inadecuado secuenciamiento de estas	5	23%	52%
3	No cuenta con una estructura de desglose de recursos por actividad	4	19%	71%
4	No cuenta una matriz de asignación de responsabilidad por actividades	3	14%	85%
5	Poca comprensión de la aplicación de la teoría del valor ganado por parte de la supervisión.	2	10%	95%
6	No cuenta con herramientas adecuadas para realizar un correcto seguimiento al proyecto (costos y cronograma)	1	5%	100%
TOTAL		21	100%	

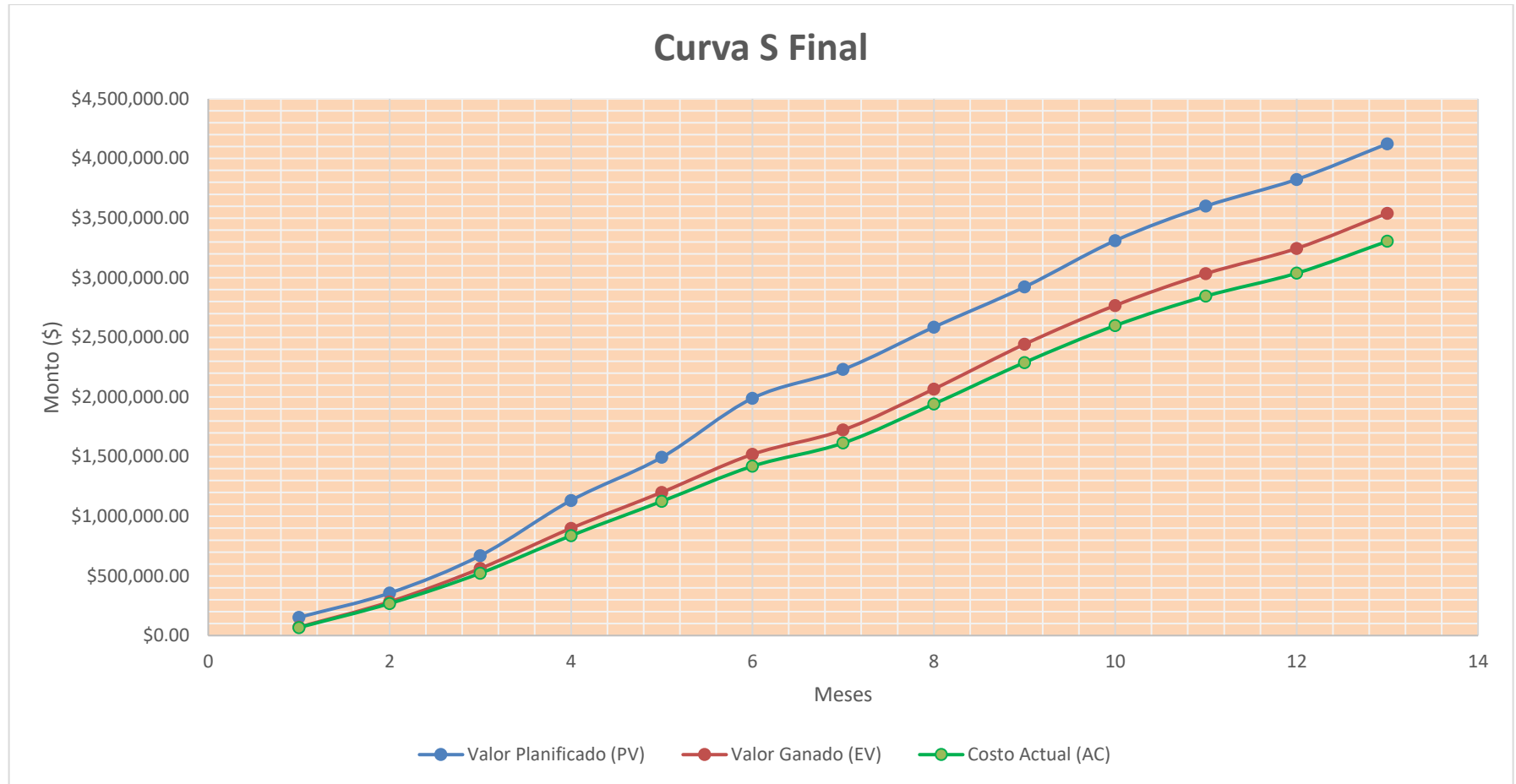
Fuente: Elaboración propia

Para un análisis más didáctico de la situación encontrada se presenta la gráfica correspondiente a estos datos:

Figura 25 *Análisis de Pareto final*

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que las causas más relevantes del “problema de inadecuada gestión en la etapa final de ejecución del proyecto” fueron, así como en la etapa inicial: la “Falta de elaboración del EDT y de las actividades correspondientes a cada desglosable” así como la “Falta de definición de actividades y el inadecuado secuenciamiento de estas”. Asimismo, es importante resaltar que no se contaba con una estructura de desglose de recursos por actividad ni con una matriz de asignación de responsabilidades por actividad, lo cual dificulta el uso correcto de herramientas de control y seguimiento al costo, cronograma y alcance de cada actividad. La poca comprensión de la aplicación de la teoría de valor ganado por parte de la supervisión del proyecto no facilitó la correcta ejecución.

Figura 26 *Curva S Final*

Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se muestra la situación final del proyecto analizado a través de la Curva S, la cual nos indica mediante tres colores la situación del valor planificado (azul), el valor ganado (de rojo) y del costo actual (de verde). Es claro apreciar al término del mes 12 (fecha establecida para el corte y análisis), que el valor planificado se encuentra muy por encima del valor ganado y del costo actual, esto nos indica que las expectativas de avances no fueron cubiertas en el periodo desarrollado con los trabajos de la empresa. Se han encontrado diferencias en la ejecución del presupuesto necesario para los trabajos, se halló diferencias importantes en la excavación y en el avance lineal del túnel (obsérvese la tabla 38) y por consiguiente el período también se verá alterado, dado que la finalización de los trabajos tomaría más tiempo para la culminación. En resumen, esta situación no ha sido favorable para la empresa dado la mala gestión del proyecto.

3.3.Situación propuesta

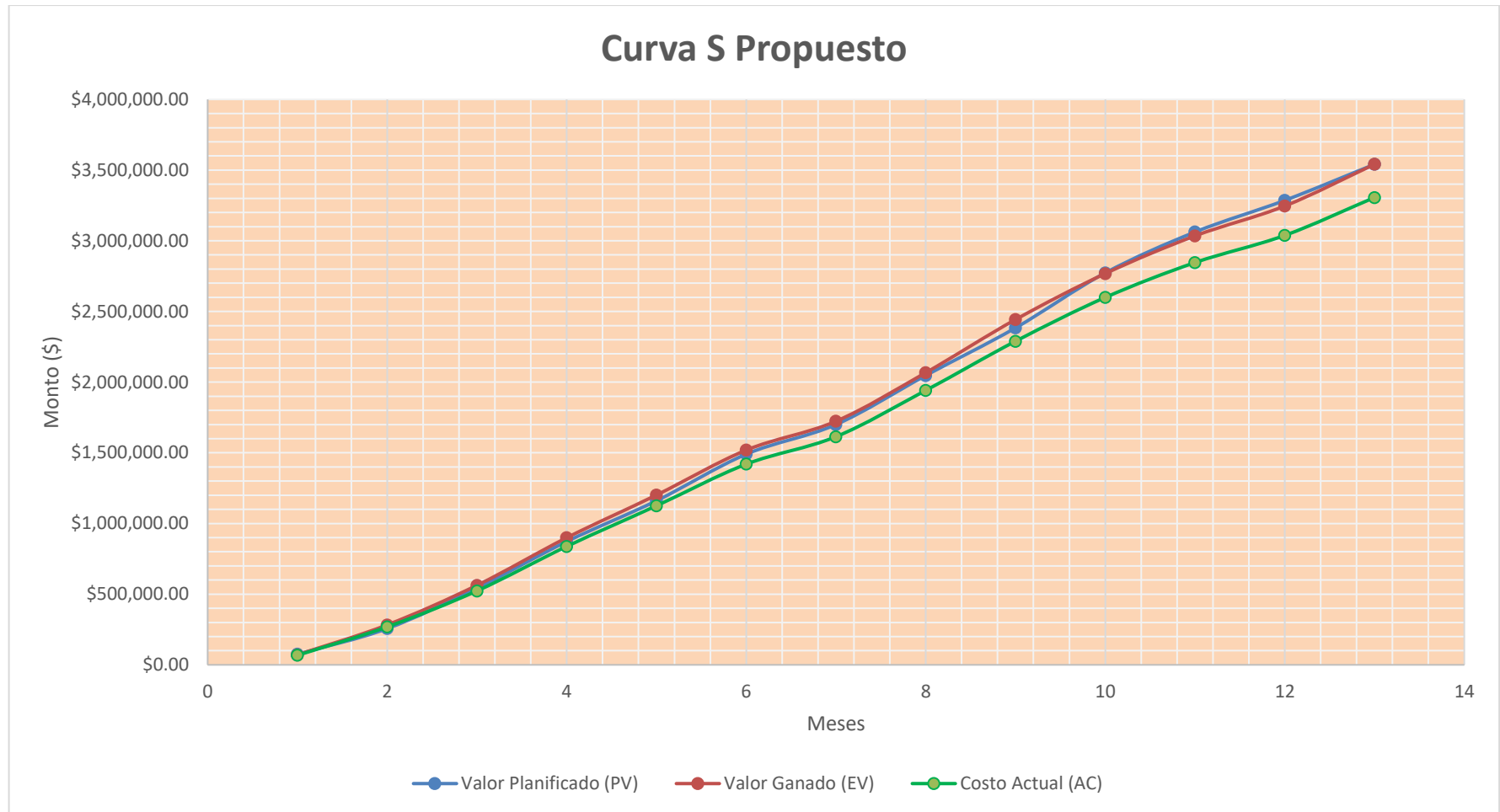
Como parte del análisis para la situación propuesta se establece replantear los trabajos de avances en la excavación y sostenimiento, para así poder llegar a conectar ambos tramos del túnel de integración, desde el ramal norte hasta el sur. Para esto se presenta la siguiente figura que presenta la curva S propuesta, con los parámetros y alcances del costo actual, valor planificado y valor ganado. Los cuales deben seguir los lineamientos establecidos en el inicio de la propuesta.

De acuerdo con lo mostrado en la figura 26 (Curva S final), el valor planificado se encuentra por encima de las otras dos curvas de valor ganado y costo actual. A pesar de iniciar en una situación bastante similar; las brechas se fueron incrementando por los problemas presentados durante la operación, hasta tener una diferencia mucho más pronunciada. Luego en la situación propuesta, las tres curvas se sitúan muy cerca (lo

que implica que el proyecto cumplió con las expectativas señaladas al inicio por la gerencia) en tanto que siempre el costo actual está por debajo de las otras dos curvas. En la situación propuesta se plantea llegar a los alcances referidos en el planeamiento dentro del contexto en que suceden en el proyecto.

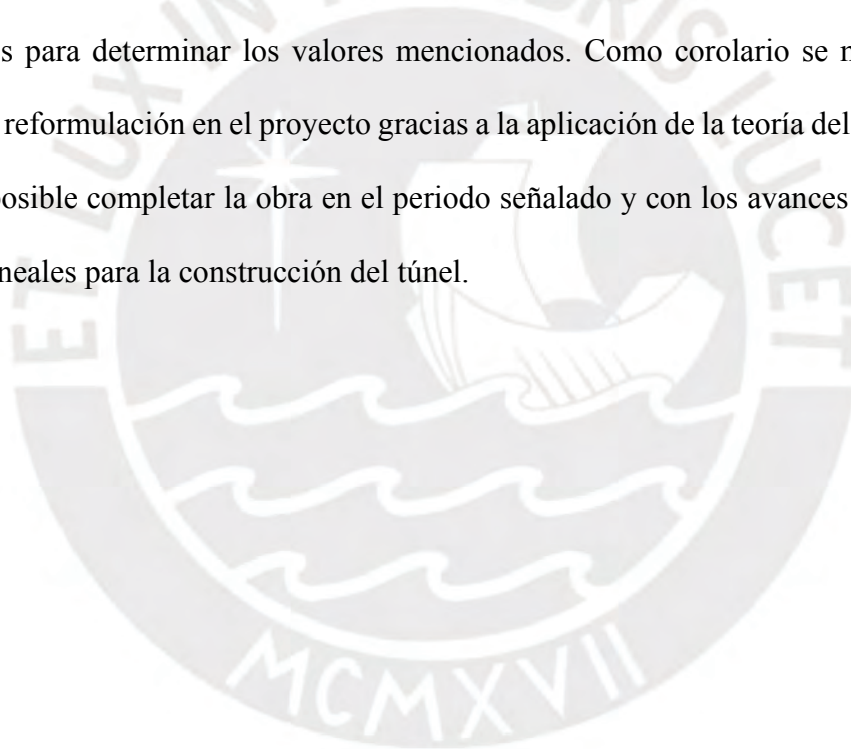


Figura 27 Curva S Propuesta



Elaboración propia

Se observa anteriormente, la curva S, en una situación propuesta, donde las tres curvas se sitúan muy cercanas. Lo cual indicaría que el proyecto ha sido desarrollado de acuerdo a los lineamientos y expectativas desde la gestación de la iniciativa esto debido a la metodología del Valor Ganado, puesto el seguimiento realizado a las obra y costos del proyecto en cuestión. Los cálculos y valores necesarios en avances para hallar este resultado son mostrados en el Anexo 25, en donde se detalla mes a mes los valores alcanzados para el valor planificado, el valor ganado y el costo actual, luego de ello, en el Anexo 26, se muestran los valores correspondientes para el hallazgo de indicadores como las variaciones e índices de desempeño; finalmente en el Anexo 27 se indican los cálculos realizados para determinar los valores mencionados. Como corolario se menciona que, dada una reformulación en el proyecto gracias a la aplicación de la teoría del valor ganado, ha sido posible completar la obra en el periodo señalado y con los avances necesarios en metros lineales para la construcción del túnel.



4. RESULTADOS

4.1. Etapa de ejecución (corte inicial)

En esta primera parte se mencionarán los aspectos referidos a la ejecución inicial o planeamiento del proyecto que se desarrolla, analizando de acuerdo con los cortes programados, los avances e indicadores de la teoría del valor ganado, entonces se muestran las siguientes tablas:

Tabla 45 *Indicadores de metodología de teoría del valor ganado al mes 06*

PROYECCIONES: MES 06			
Presupuesto a la Conclusión	BAC	\$4'123,486	Presupuesto total programado para la obra
Variación del cronograma	SV	-\$470,219	Atraso o demora en el proyecto
Variación del costo	CV	\$99,539	Ahorro en el proyecto
Ind. Desempeño de cronograma	SPI	0.76	Retraso en cronograma
Ind. Desempeño de costo	CPI	1.07	Menor al planeado en presupuesto

Elaboración propia

Tabla 46 *Indicadores de proyección de teoría del valor ganado al mes 06*

PROYECCIONES A LA: MES 06			
Estimación para completar	ETC	\$2'433,536.93	Cuánto costará terminar el proyecto desde la fecha de corte inicial, asumiendo como base el CPI.
Estimación a la conclusión	EAC	\$3'853,336.92	Estimación de cuánto costará todo el proyecto si es que se sigue el mismo ritmo
Variación a la conclusión	VAC	\$270,149.08	Cuanta variación esperamos tener al final del proyecto respecto de lo planificado

Elaboración propia

Para el cálculo de la “estimación a la conclusión” (EAC) se está tomando como fecha de comparación el presupuesto acumulado de la fecha de corte respecto al mes 7.

Se aprecia en las anteriores tablas, en primer lugar, que los indicadores respecto a la metodología señalan que el índice del desempeño del cronograma y de costo son de 0.76 y 1.07 respectivamente, esto nos señala que nos encontramos retrasados respecto al cronograma y que se está a la par con el costo previsto. Además, tomando en cuenta el presupuesto a la conclusión hasta el final del proyecto (BAC) que asciende a la cifra de \$.4'123,486 tenemos que el indicador de proyección "estimación para completar" (ETC) es de \$2'433,537, que la "estimación a la conclusión" (EAC) de \$3'853,337 y que la "variación a la conclusión" o reserva de gestión de las obras de \$270,149.



4.2. Etapa de ejecución (corte final)

Ahora se procede a mostrar los resultados obtenidos hacia el final del proyecto, para lo cual se presentan tablas con indicadores de la metodología e indicadores sobre las proyecciones hacia el final del proyecto. Cabe resaltar que en esta sección no se aplicó aún la teoría del valor ganado, sino que solo se desarrollaron las acciones de acuerdo con el curso que se presentaba.

Tabla 47 *Indicadores de metodología de teoría del valor ganado al mes 12*

PROYECCIONES:		MES 12	
Presupuesto a la Conclusión	BAC	\$4'123,486	Presupuesto programado para la obra
Variación del cronograma	SV	-\$578,616.15	Atraso o demora en el proyecto
Variación del costo	CV	\$207,912.50	Ahorro en el proyecto
Ind. Desempeño de cronograma	SPI	0.85	Retraso en cronograma
Ind. Desempeño de costo	CPI	1.07	Menor al planeado en presupuesto

Elaboración propia

Tabla 48 *Indicadores de proyección de teoría del valor ganado al mes 12*

PROYECCIONES:		MES 12	
Estimación para completar	ETC	\$821,158.60	Desde ahora cuánto costará terminar el proyecto.
Estimación a la conclusión	EAC	\$3'859,379.72	Estimación de cuánto costará todo el proyecto.
Variación a la conclusión	VAC	\$264,106.28	Cuanta variación esperamos tener al final del proyecto.

Elaboración propia

Se muestra en las tablas que el índice del desempeño del cronograma es de 0.85 y el índice de desempeño de los costos es de 1.07, esto nos señala que nos encontramos atrasados respecto al cronograma y que hemos realizado un gasto menor a lo previsto

en el presupuesto. Además, el presupuesto a la conclusión (BAC) asciende a la cifra de \$.4'123,486. Respecto a los indicadores de proyección se tiene una “estimación para completar” (ETC) de \$821,158.60, una “estimación a la conclusión” (EAC) de \$3'859,379.72 y una “variación a la conclusión” (VAC) de las obras de \$264,106.28.

4.3.Situación propuesta (caso ideal)

En primer lugar, como parte de la discusión en esta investigación se procede a mostrar una comparación con trabajos relacionados en donde se ha aplicado la metodología del valor ganado, en grandes proyectos.

De acuerdo con Vilcapaza (2018) en el análisis de proyectos de obras para el sector minero en la región de Puno se ha encontrado que el valor de algunos indicadores importantes tales como el índice de desempeño del cronograma y el índice del desempeño del costo son de 0.75 y de 0.98 respectivamente; en nuestro caso para la construcción del túnel, se tiene un índice de desempeño del cronograma de 0.85 y un índice de desempeño de costos de 1.07. Respecto a las cifras monetarias para el desarrollo de obras para el sector minero en Puno se cuenta que la variación del cronograma fue de - S/.715,922.14 y la variación respecto al costo fue de -S/.35,727.09; en el caso de nuestro proyecto, se menciona que la variación del cronograma fue de - \$578,616.15 y la variación respecto al costo fue de \$207,912.50. Asimismo, también se menciona que el EAC en el noveno mes para el proyecto minero en Puno fue de S/.7'574,907.23; en nuestro caso se encuentra que el EAC es de \$3'859,379.72 para el mes 12, en ambos casos este indicador se tomó un mes antes de finalizar el proyecto.

Ahora comparando con la investigación de Encinas (2009) para el análisis del proyecto minero San Cristóbal en Bolivia, se encontraron que para el séptimo mes el valor del índice de desempeño del costo (CPI) ha sido de 1.14, lo que nos menciona que los recursos han sido utilizados de manera eficiente, y el valor del índice de desempeño del

cronograma (SPI) ha sido de 1.1, lo cual indica que para ese mes de análisis el avance ha estado por encima de lo esperado; en el caso de nuestro proyecto para la construcción de un túnel Esperanza, se cuenta que el índice de desempeño del cronograma es 0.85, es decir se estuvo por debajo de las expectativas y el índice de desempeño de costos 1.07.

Finalmente, se cuenta con la investigación de Espejo y Veliz (2013) respecto a la aplicación de la metodología del valor ganado en la Compañía Minera Ares en Arcata-Arequipa se encontraron valores para el índice del desempeño del cronograma de 1.10, en términos monetarios una variación de cronograma (SV) de \$74,031 dólares, esto menciona que se estuvo adelantado a lo programado; en relación al índice de desempeño de costos este fue de 0.89, en términos monetarios una variación del costo (CV) de -\$100,000 dólares, es decir se gastó más de lo programado. En comparación con nuestro estudio, en la construcción del túnel se halló un índice de desempeño del cronograma del 0.85, es decir se halló retrasos, y el índice de desempeño de costos 1.07, lo que indica que se está por encima de lo programado.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la propuesta del desarrollo del proyecto, para lo cual se utilizan tablas con indicadores de la metodología e indicadores sobre las proyecciones hacia el final de lo propuesto en el proyecto, todo esto en un período determinado; en este sentido desde el primer mes de análisis se dio un cambio en los parámetros de estimación y gracias a la teoría del valor ganado se pudo culminar dentro del plazo establecido.

Tabla 49 *Indicadores de metodología de teoría del valor ganado al mes 12*

PROYECCIONES: MES 12			
Presupuesto a la Conclusión	BAC	\$3'540,924.27	Presupuesto programado para la obra
Variación del cronograma	SV	-\$39,727.88	Atraso o demora en el proyecto
Variación del costo	CV	\$207,912.50	Ahorro en el proyecto
Ind. Desempeño de cronograma	SPI	0.99	Ligero retraso en cronograma
Ind. Desempeño de costo	CPI	1.07	Menor al planeado en presupuesto

Elaboración propia

Tabla 50 *Indicadores de proyección de teoría del valor ganado al mes 12*

PROYECCIONES: MES 12			
Estimación para completar	ETC	\$275,909.35	Desde ahora cuánto costará terminar el proyecto.
Estimado a la conclusión	EAC	\$3'314,130.65	Estimación de cuánto costará todo el proyecto.
Variación a la conclusión	VAC	\$226,793.62	Cuanta variación esperamos tener al final del proyecto.

Elaboración propia

Se muestra en las tablas primero que los indicadores respecto a la metodología señalan que el índice del desempeño del cronograma y de los costos son de 0.99 y 1.07 respectivamente, esto nos señala que nos encontramos casi igual al cronograma y se ha tenido un costo menor al previsto en el presupuesto, además que el “presupuesto a la conclusión” (BAC) asciende a la cifra de \$.3'540,924.27. Respecto a los indicadores de proyección estos sostienen que existe una “estimación para completar” (ETC) de \$275,909.35, una “estimación a la conclusión” (EAC) de \$3'314,130.65 y una “variación a la conclusión” (VAC) de las obras de \$226,793.62.

5. CONCLUSIONES

En esta sección se presentan las conclusiones a las que se ha llegado en la respectiva investigación, luego de realizar el análisis de la construcción del Túnel de Integración Esperanza MKS –MKN. De manera general, se señala que esta metodología contribuye de forma eficiente en la gestión de proyectos; de manera específica, en la realización de la construcción acorde al cronograma y alcance requerido (metraje necesario del túnel). En el caso que se hubiera aplicado la metodología del valor ganado (situación propuesta) se lograría concluir el proyecto en el tiempo planeado. Esto se evidencia en los indicadores del mes 12, donde se alcanza un índice de desempeño del cronograma de 0.99 y un índice de desempeño de costo de 1.07. Además, esta metodología permite un buen control de los avances, y brinda herramientas para la gestión en caso de presentarse algunos inconvenientes.

Ahora se presentan las conclusiones en base a los objetivos específicos.

- En el corte inicial de la etapa de ejecución (mes 6) se cuenta con los siguientes indicadores: un índice de desempeño del cronograma (SPI) de 0.76, lo que implica retrasos de acuerdo a lo previsto; un índice de desempeño del costo (CPI) de 1.07 que señala un costo aproximadamente equivalente a lo programado. Dado que el presupuesto a la conclusión (BAC) es de \$.4'123,486 se tiene que los indicadores de proyección resultantes son: una “estimación para completar” (ETC) de \$2'433,537 y una “estimación a la conclusión” (EAC) de \$3'853,336 y una “variación a la conclusión” (VAC) de \$270,150.
- En el corte final de la etapa de ejecución (mes 12) se cuenta con los siguientes indicadores: índice de desempeño del cronograma (SPI) de 0.85; es decir, se está retrasado respecto al cronograma; un índice de desempeño del costo (CPI) de 1.07

que sostiene un costo aproximadamente equivalente al planificado. Dado que el “presupuesto a la conclusión” (BAC) es de \$.4'123,486 se tiene que los indicadores de proyección resultantes son: una “estimación para completar” (ETC) de \$821,158.60 y una “estimación a la conclusión” (EAC) de \$3'859,379.72 y una “variación a la conclusión” (VAC) de \$264,106.28.

- Finalmente, en el caso ideal, situación propuesta que toma de decisiones estratégicas en la ejecución del proyecto basadas en la metodología del valor ganado, se logra una mayor eficiencia. De manera hipotética, se muestran los indicadores del mes doce: el índice de desempeño del cronograma (SPI) de 0.99 que se acerca más a uno debido a la mejora de la gestión es posible que la ejecución marche de manera similar al cronograma propuesto; a su vez un índice de desempeño del costo (CPI) de 1.07 sostiene un costo menor al planificado y un presupuesto a la conclusión (BAC) de \$.3'540,924.27. También dentro de los indicadores de proyección se halló una “estimación para completar” (ETC) de \$275,909.35, una “estimación a la conclusión” (EAC) de \$3'314,130.65 y una “variación a la conclusión” (VAC) de \$226,793.62, que evidencian menor trabajo operativo a realizarse y de igual manera, menor variación respecto a la situación final del proyecto. Todos estos indicadores de desempeño son mejores a los mostrados en el desarrollo real de los trabajos realizados en la obra.

6. RECOMENDACIONES

En la presente sección se muestran las recomendaciones relacionadas a la investigación que se ha realizado de la construcción del Túnel de Integración Esperanza, estas se detallan a continuación:

- Se recomienda realizar una correcta identificación de los interesados del proyecto para poder planificar, gestionar y monitorear eficientemente su involucramiento a fin de lograr el apoyo necesario de estos para la ejecución del proyecto.
- Se recomienda recopilar todos los requisitos a detalle para definir correctamente el plan de gestión del alcance; el cual debe de tener definido el alcance del proyecto, el alcance del producto, las asunciones y exclusiones. Asimismo, la creación de una EDT facilitará la validación y control del alcance durante la ejecución del proyecto.
- Para elaborar correctamente el plan de gestión del cronograma se debe definir las actividades a realizar, su secuencia y estimar la duración de estas; con lo cual, se puede desarrollar y controlar eficientemente el cronograma. Es necesario establecer las unidades de medida, el nivel de precisión y los valores de los umbrales de control, así como precisar la “línea base del cronograma”.
- Para elaborar el plan de gestión de costos se recomienda estimar ascendientemente los costos tomando como base el EDT elaborado previamente. Se determina el presupuesto usando la herramienta de “agregación de costos” en base a la estimación previa, considerando una reserva de contingencia y una reserva de gestión, lo cual resulta en una “línea base de costos”. Para el control de costos, cronograma y alcance hay que utilizar la metodología del valor ganado y

representación gráfica “Curva S”. Asimismo, es necesario definir los umbrales a control y los informes a emplear para realizar el seguimiento.

- Se recomienda realizar una “estructura de desglose de recursos” la cual se basa en la “estructura de desglose de trabajo” (EDT), para poder realizar un seguimiento de los recursos utilizados en las actividades del proyecto. Asimismo, se recomienda realizar capacitaciones, evaluaciones individuales y de equipo, reuniones y un sistema de reconocimiento y recompensa para mejorar el desempeño del equipo.
- Se recomienda realizar un análisis cuantitativo y cualitativo de los riesgos identificados; así como un sistema que permita implementar y monitorear estos a fin de evitar cambios drásticos en alcance, cronograma y costos, sin comprometer la calidad. Estos riesgos pueden ser falla en la disponibilidad mecánica de los equipos, problemas geomecánicos no previstos, problemas logísticos, entre otros.
- Se recomienda definir las métricas de calidad y umbrales de control de las actividades del proyecto, así como el uso de métodos de mejora de la calidad (tales como el diagrama de Ishikawa, inspección y pruebas) para obtener informes de calidad y medidas de control en caso sea necesario.
- Se recomienda establecer una matriz de comunicaciones que permita definir las responsabilidades de preparación, envío y retroalimentación de informes, así como el plazo definido para estas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta Barrantes, C. A. (2018). *Guía de recomendaciones para la residencia y supervisión externa de obras de la UNAM*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- America Economía. (5 de 3 de 2019). *America Economía*. Recuperado el 5 de 3 de 2019, de <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/peru-preve-iniciar-este-ano-la-construccion-de-seis-proyectos-mineros-por>
- BCRP. (2019). *Notas de Estudio del BCRP N° 14-20, Febrero 2019*. Lima: <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Notas-Estudios/2019/nota-de-estudios-14-2019.pdf>.
- Cardona Escobar, J., Moreno García, J., & Salinas Naranjo, J. (2015). *Análisis Técnico de las variables que se deben controlar para la construcción de obras civiles con calidad*. Medellín: Universidad de Medellín.
- Chrinos Verano, R. A. (2017). *Diseño Geotécnico del 1Km de túnel para la línea 2 de la red básica del metro Lima- Callao*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- De la Torre Ugarte, J. (2017). *Manual de gestión para proyectos de ingeniería y construcción*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Diario La Región. (18 de 4 de 2017). *La Región*. Recuperado el 5 de 3 de 2019, de <https://diariolaregion.com/web/unap-elabora-instrumentos-de-planificacion-efectiva-para-la-acreditacion-y-autoevaluacion-de-programas-de-estudio/>

Diario punto y coma. (11 de 12 de 2017). *Punto y coma*. Recuperado el 5 de 3 de 2019, de <http://www.puntoycoma.pe/economia/como-lograr-un-proyecto-exitoso-hoy-en-el-peru/>

Doumith, A., Militarcu, C., & Pierre, C. (2016). Time, Cost and Quality Management Trilogy and its Impact on Lebanese Construction Projects Success. *Applied Mechanics and Materials*, 217-222.

Encinas Ormachea, R. (2009). *Planeamiento y control del proyecto minero San Cristobal aplicando el metodo de analisis del Valor Ganado*. Lima: Universidad Nacional de Ingenieria.

EOM Grupo. (2018). *EOM Grupo*. Recuperado el 18 de 1 de 2019, de <http://www.eomgrupo.com/proyectos-experiencia-list.php?codigop=9>

Espejo Fernandez, A., & Veliz Flores, J. (2013). *Aplicación de la extensión para la construcción de la guía del PMBOK - tercera edición, en la gerencia de proyecto de una empresa de relaves en la unidad operativa Arcata-Arequipa*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Garcia Garrido, S. (2011). *La contratación del mantenimiento industrial: Procesos de externalización contratos y empresas de mantenimiento*. Madrid, España: Díaz de Santos.

Gitman, L., & Zutter, C. (2016). *Principios de Administración Financiera*. Mexico: Pearson.

Gonzales Fajardo, J., Zaragoza Grife, J., & Diaz Ramirez, J. (2004). Un sistema de planeación para proyectos de construcción con base en actividades a partir de un presupuesto de precios unitarios. *Ingeniería*, 81-90.

- Gonzales Gaya, C., Domingo Navas, R., & Sebastian Perez, M. (2013). *Técnicas de la mejora de la calidad*. Madrid, España: UNED Cuadernos.
- Guillerhua Perea, G., Huachaca Talaverano, D., & Pingo Román, J. (2017). *Propuesta para llevar el control de costos y tiempo a nivel de gerencia en obras de edificación durante la etapa de ejecución, según el método del Valor Ganado*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Herrenknecht. (2018). *Herrenknecht Tunneling Systems*. Recuperado el 31 de 3 de 2019, de <https://www.herrenknecht.com/en/products/>
- HMD Proyect Managers. (27 de 1 de 2017). *HMD Proyect Managers*. Recuperado el 18 de 1 de 2019, de <https://uv-mdap.com/blog/integracion-del-alcance-el-cronograma-y-el-coste-analisis-del-valor-ganado/>
- Isacas, E., Intriago, M., Ordoñez, H., Salazar, E., & Sanchez, W. (2018). *Trends and Advances in Information Systems and Technologies, Volumen*. Estados Unidos: Springer.
- López Jimeno, C. (2012). *Manual de excavación de túneles con rozadoras*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- MAELSA . (2014). *Mallas Electrosoldadas SAC*. Recuperado el 28 de 3 de 2019, de <http://www.mallasmaelsa.com/malla-minera.html>
- Maidl, B., Herrenknecht, M., Maidl, U., & Wehrmeyer, G. (2012). *Mechanised Shield Tunelling*. Berlin: Gerhard WEHRMEYER.
- Martner, G. (2004). *Planificación y presupuesto por programas*. Mexico D.F.: Siglo veintinuo.

- Ministerio de Energia y Minas. (2019). *Boletín Estadístico Minero - Febrero 2019*. Lima: <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/VARIABLES/2019/2BEMENE2019.pdf>.
- Munguia Chirinos, J. F. (2017). *Control de proyectos aplicando el análisis de valor ganado en proyectos de construcción*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Natera Hidalgo, R. (2007). *Fiscalidad de los contratos civiles y mercantiles: fundamentos y formularios*. Bilbao, España: CISS.
- Ochoa, R. (2014). Concreto lanzado para tuneles y taludes. *Construcción y tecnología en concreto*, 48-51.
- Padilla Maldonado, J. (2015). *Mejora del control del rendimiento en edificaciones usando el método del valor ganado: caso grupo empresarial de Tarapoto*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Palacios Casas, J. D. (2016). *Supervisión y control de obras de mantenimiento y conservación en el Río Hondo de Naucalpan, México*. Santa Cruz de Acatlan: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Perú 21. (10 de 1 de 2019). *Peru 21*. Recuperado el 8 de 4 de 2019, de <https://peru21.pe/economia/grana-montero-construira-tuneles-proyecto-quellaveco-us-42-9-millones-nndc-452263>
- Pinzon Rincon, J., & Remolina Millan, A. (2017). Evaluación de herramientas para la gerencia de proyectos de construcción basados en los principios PMI. *Prospect*, 51-59.
- PMBOK. (2017). *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. Pennsylvania, EE.UU: Project Management Institute, Inc.

- PMBOK. (2017). *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. Pennsylvania, EE.UU: Project Management Institute, Inc.
- Rey Sacristan, F. (2003). *Técnicas de resolución de problemas*. España: Fundación Confemetal.
- Risco Muñoz, D., & Yupanqui Cruz, J. (2017). *Aplicación de la metodología de gerencia de proyectos enmarcada en el PMBOK V5 a las operaciones de ingeniería y construcción de proyectos de la empresa Viales SAC*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Rodriguez, R. (2011). *Modulo: Distribución de plantas*.
<https://alfredocarneiro.files.wordpress.com/2011/09/tecnicas-gantt-pert-y-cpm.pdf>.
- Romero, E., & Diaz, J. (2010). *El Uso del Diagrama Causa y Efecto en el Análisis de Casos*. Mexico: Centro de Estudios Educativos.
- Rumbo Minero. (10 de 2 de 2019). *Rumbo Minero*. Recuperado el 8 de 4 de 2019, de <http://www.rumbominero.com/noticias/mineria/proyecto-minero-quellaveco-presenta-avance-de-13-5-por-ciento/>
- Seguridad Minera. (23 de 8 de 2012). *Seguridad Minera*. Recuperado el 28 de 3 de 2019, de <http://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/caracteristicas-de-los-pernos-de-roca/>
- Semana Economica. (5 de 3 de 2019). Recuperado el 13 de 3 de 2019, de <http://semanaeconomica.com/article/sectores-y-empresas/mineria/332209-mem-anuncio-construccion-de-seis-proyectos-mineros-por-us3441-millones-en-el-2019/>

Vilcapaza, C. G. (2018). *Aplicacion de la gestion del valor ganado como herramienta de control de proyectos de construccion civil en la Universidad Nacional del Altiplano.*

Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

Villafani, E. (2017). *Aplicación de los lineamientos del Project Management Institute (PMI) en la gerencia de un proyecto de cimentaciones profundas.* Lima: Universidad Nacional

de Ingenieria.



Anexos



Índice de Anexos

Anexo 1: <i>Gestión de requisitos</i>	88
Anexo 2: <i>Sección típica de labores de desarrollo</i>	90
Anexo 3: <i>Estimación de metrajes</i>	91
Anexo 4: <i>Criterios para la aceptación del cliente</i>	92
Anexo 5: <i>Listado de entregables</i>	94
Anexo 6: <i>Declaraciones de alcance para aceptación de la propuesta</i>	95
Anexo 7: <i>Caracterización geológica del proyecto</i>	98
Anexo 8: <i>Presupuesto del túnel integración esperanza de MKN a MKS</i>	101
Anexo 9: <i>Presupuesto asignado para gastos generales del proyecto</i>	102
Anexo 10: <i>Personal asignado a la realización del proyecto</i>	103
Anexo 11: <i>Desarrollo de utilización de equipos</i>	104
Anexo 12: <i>Equipos necesarios para la obra y su costo mensual</i>	105
Anexo 13: <i>Programación de avances</i>	106
Anexo 14: <i>Acta de entrega del proyecto</i>	108
Anexo 15: <i>Perfil del proyecto presentado por la empresa JRC Ing.</i>	111
Anexo 16: <i>Instalaciones de servicios</i>	113
Anexo 17: <i>Índice del informe de construcción del túnel de integración Esperanza de MKS a MKN presentado por la empresa JRC Ing.</i>	116
Anexo 18: <i>Índice del plan de gestión del proyecto Brocal presentado por la empresa JRC Ing.</i>	118
Anexo 19: <i>Desarrollo de la curva S inicial</i>	121
Anexo 20: <i>Cálculo de indicadores de situación inicial</i>	122
Anexo 21: <i>Cálculos al mes 6</i>	124
Anexo 22: <i>Desarrollo de la curva S final</i>	125
Anexo 23: <i>Cálculo de indicadores de situación final</i>	127
Anexo 24: <i>Cálculos al mes 12(curva final)</i>	131
Anexo 25: <i>Desarrollo de la curva S propuesto</i>	132
Anexo 26: <i>Cálculo de indicadores de situación propuesta</i>	133
Anexo 27: <i>Cálculos al mes 12(curva propuesta)</i>	137

Anexo 1: *Gestión de requisitos*

Se determina que la empresa El Brocal proporcionará con energía eléctrica a una distancia no mayor a 100 metros del punto de entrega desde el frente de perforación y se deberá tomar en consideración los siguientes aspectos:

- Instalaciones eléctricas. A partir del punto de entrega todos los equipos eléctricos para la maniobra son proporcionados por la empresa contratista la cual posee responsabilidad sobre su mantenimiento y reparación.
- Servicios auxiliares. Se deberá colocar por parte de la empresa contratista: tuberías de aire de 4" de diámetro, tuberías de agua de 4" de diámetro, ventiladores secundarios, mangas de ventilación y cáncamos.
- Sección transversal de las excavaciones: La empresa deberá excavar las labores con un sobre-rotura máxima de 8% la cual se calculará con el área de la sección programada y el área de la sección ejecutada.
- Excavación del material: Se debe considerar la distancia de limpieza máxima con Scoop es de 150 metros, la extracción de se efectuará con volquetes de 15m³ y la extracción de numeral por ton/km a un máximo de 7km.
- Control topográfico: La empresa El Brocal proporcionará al contratista especializado, el proyecto en formato digital y físico donde se debe especificar la longitud, sección, gradiente, dirección y los demás aspectos necesarios. Se menciona que la empresa contratista deberá contar con un topógrafo para las labores del marcado, medición y control de los avances de las excavaciones.
- Ventilación: La ventilación complementaria deberá ser efectuada mediante ventiladores auxiliares, se contará con mangas de ventilación de 36° que deberán estar a un máximo

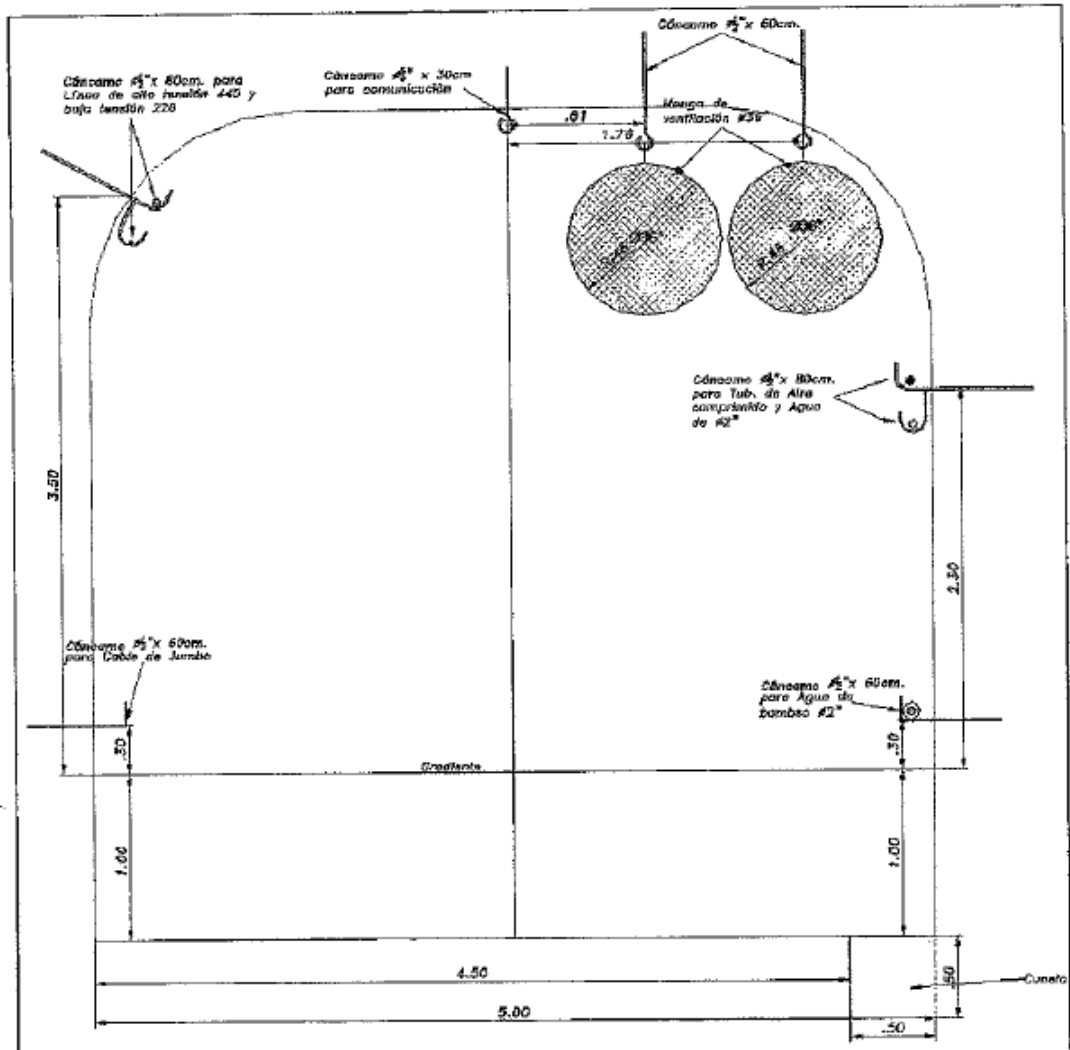
de 15 metros desde el frente de perforación. Cabe resaltar que la empresa contratista deberá contar con sus propios ventiladores auxiliares.

- Iluminación de las excavaciones: Las lámparas mineras estarán a cargo de la empresa contratista.
- Mantenimiento de vías: La responsabilidad del orden y limpieza para el tránsito es responsabilidad de la empresa contratista.



Anexo 2: Sección típica de labores de desarrollo

Figura A1. Sección típica de labores de desarrollo



Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

MCMXVII

Anexo 3: Estimación de metrajes

Tabla A1. Estimación de metrajes

ITEM	LABOR	REFERENCIA	NIVEL	UND	CANT	SECCION	TIPO	VOL DESMONTE	OBS
1.0	TUNEL ESPERANZA	RP 538N	4040.0	MT	1,387.0	5.00 X 5.00	H	34,675.0	TUNEL DE INTEGRACIÓN CON MARCA PUNTA NORTE
2.0	XC 930N	TUNEL ESP	4040.0	MT	34.0	5.00 X 5.00	H	850.0	CRUCERO PARA CHIMENEA VCR - EXTRACCIÓN DE AIRE VICIADO
3.0	CA-1	TUNEL ESP	4040.0	MT	20.0	5.00 X 5.00	H	500.0	CAMARA DE CARGUIO
4.0	CA-1A	TUNEL ESP	4040.0	MT	20.0	5.00 X 5.00	H	500.0	CAMARA DE ACUMULACIÓN
5.0	CA-2	TUNEL ESP	4040.0	MT	20.0	5.00 X 5.00	H	500.0	CAMARA DE CARGUIO
6.0	CA-2A	TUNEL ESP	4040.0	MT	20.0	5.00 X 5.00	H	500.0	CAMARA DE ACUMULACIÓN
7.0	CA-3	TUNEL ESP	4040.0	MT	20.0	5.00 X 5.00	H	500.0	CAMARA DE CARGUIO
8.0	CA-3A	TUNEL ESP	4040.0	MT	20.0	5.00 X 5.00	H	500.0	CAMARA DE ACUMULACIÓN
9.0	CA-4	TUNEL ESP	4040.0	MT	20.0	5.00 X 5.00	H	500.0	CAMARA DE CARGUIO
10.0	CA-4A	TUNEL ESP	4040.0	MT	20.0	5.00 X 5.00	H	500.0	CAMARA DE ACUMULACIÓN
11.0	CA-5	TUNEL ESP	4040.0	MT	20.0	5.00 X 5.00	H	500.0	CAMARA DE CARGUIO
12.0	CA-5A	TUNEL ESP	4040.0	MT	20.0	5.00 X 5.00	H	500.0	CAMARA DE ACUMULACIÓN
13.0	CA-6	TUNEL ESP	4040.0	MT	20.0	5.00 X 5.00	H	500.0	CAMARA DE CARGUIO
14.0	CA-6A	TUNEL ESP	4040.0	MT	20.0	5.00 X 5.00	H	500.0	CAMARA DE ACUMULACIÓN
15.0	XC 876N	TUNEL ESP	4035.0	MT	88.5	5.00 X 5.00	H	2,212.5	CRUCERO PARA COMUNICAR PIE DEL RAISE BORER #15
16.0	BP 760W	RP 314N	4147.0	MT	103.5	5.00 X 5.00	H	2,587.5	BY PASS PARA TRAMO HORIZONTAL DE CIMBRAS
17.0	RP 777		4138.0	MT	488.9	5.00 X 5.00	H	12,221.3	RAMPA PARALELA AL ACCESO PRINCIPAL - GEMELA
18.0	CA-1	RP 777	4138.0	MT	15.0	5.00 X 5.00	H	375.0	CAMARA DE CARGUIO
19.0	CA-1A	RP 777	4138.0	MT	15.0	5.00 X 5.00	H	375.0	CAMARA DE ACUMULACIÓN
20.0	CA-2	RP 777	4138.0	MT	15.0	5.00 X 5.00	H	375.0	CAMARA DE CARGUIO
21.0	CA-2A	RP 777	4138.0	MT	15.0	5.00 X 5.00	H	375.0	CAMARA DE ACUMULACIÓN
22.0	BP 602W		4138.0	MT	24.0	5.00 X 5.00	H	600.0	LABOR PARA TENER DOS FRENTES DE ATAQUE A LA RAMPA PRINCIPAL
23.0	REFUGIOS			MT	70.0	2.00 X 2.00	H	280.0	REFUGIO PARA PERSONAL, RP 660. RP SUPERFICIE, BY PASS
24.0	SUB ESTACION			MT	90.0	5.00 X 5.00	H	2,250.0	CAMARAS PARA SUBESTACION ELECTRICA - 6 UND @ 15 MT C/U
25.0	RB-15	TUNEL ESP	4042.0	MT	109.0	3.00 X 3.00	V	770.5	CONTINUIDAD DEL RAISE BORER #15 - PROFUNDIZACIÓN
26.0	VCR 657	CA-1	4045.0	MT	38.0	3.00 X 3.00	V	342.0	CHIMENEA VCR PARA VENTILACIÓN - EXTRACCIÓN DE AIRE VICIADO
27.0	DESQUINCHE			MT	1,240.0	1.00 X 5.00			AMPLIACIÓN DE SECCION PARA INGRESOS DE EQUIPOS DE MAYOR DIMENSIÓN
28.0	DESQUINCHE			M³	9,350.0			9,350.0	AMPLIACIÓN DE SECCION PARA INGRESOS DE EQUIPOS DE MAYOR DIMENSIÓN

TOTAL AVANCE HORIZONTAL 2,585.9 mt

TOTAL AVANCE VERTICAL 147.0 mt

TOTAL DE M³ - EXTRACCIÓN DESMONTE 73,638.7

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

Anexo 4: Criterios para la aceptación del cliente

A continuación, se muestran los criterios que fueron determinantes para la aceptación del servicio por parte del cliente, lo cual se plasma en las siguientes líneas.

- Todas las actividades deberán cumplir con las mejores prácticas para el servicio. JRC Ingeniería y Construcción ejecutará los servicios de acuerdo con las especificaciones técnicas de EL BROCAL y de aquellas que corresponda, y con las normas legales vigentes que le sean aplicables y cumplirá estrictamente con los estándares de seguridad, medio ambiente, relaciones sociales y comunitarias de EL BROCAL.
- Cumplir con el Plan de extracción y de existir incumplimiento, EL BROCAL aplicará una penalidad no menor del 3% de la valorización presentada en el periodo.
- Tajos en Realce: el porcentaje de sobre y subrotura hacia los hastiales permisible es de 15%; el porcentaje de sobre y subrotura hacia el techo permisible es del 10%.
- Tajos Pasante: el porcentaje de sobre y subrotura hacia los hastiales permisible es de 10%.
- Tajos en general: hacia los extremos de los tajos el porcentaje de sobre y sub-rotura permisible es de 0.60m.
- Para el sostenimiento con shotcrete vía húmeda de espesor de 1.5" a 2" la dosificación:

Tabla A2. Criterios para la aceptación del cliente

Cemento	Kg/m ³	425
Arena para shotcrete	Kg/m ³	1602
Fibra de acero	Kg/m ³	30
Hiper-plastificante	Kg/m ³	3.3
Estabilizador	Kg/m ³	0
Agua	Kg/m ³	190

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

- Los pernos Splitset o hidrabolt serán colocados de manera puntual o sistemática de acuerdo a las recomendaciones geo- mecánicas.



Anexo 5: Listado de entregables

También es parte de esta sección, presentar la programación de los entregables y algunos de los entendimientos a los que se han llegado. A continuación, se establece cuales entregables del proyecto han sido aceptados:

Tabla A3. Listado de entregables

Entregable	Aceptación (Si/No)	Observaciones
Construcción del Túnel Esperanza Excavación	Si	N/A
Estándar del Proyecto de Integración Túnel Esperanza	Si	N/A
Sostenimiento del Proyecto de Integración Túnel Esperanza	Si	N/A

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

Para cada entregable aceptado se da por entendido que:

- El entregable ha cumplido los criterios de aceptación establecidos en la documentación de requerimientos y definición de alcance.
- Se ha verificado que los entregables cumplen los requerimientos.
- Se ha validado el cumplimiento de los requerimientos funcionales.

Anexo 6: *Declaraciones de alcance para aceptación de la propuesta*

Es importante mencionar la declaración de los alcances que posee el proyecto, de acuerdo con las negociaciones y especificaciones que se lograron con el cliente; esta información es provista por la siguiente tabla.

Tabla A4. Declaración de Alcance

DECLARACION DEL ALCANCE					
Objetivo del Proyecto	<p>Servir de infraestructura básica para las operaciones mineras en la Mina, preparar la mina, delimitar el cuerpo mineralizado y cuantificar las reservas y recursos.</p> <p>Cumplir con los cronogramas establecidos por parte del cliente</p>				
Descripción del Alcance del Producto	<p>El Proyecto pertenece a Sociedad Minera El Brocal S.A. El Proyecto se encuentra ubicado en el distrito de Tinyahuarco, provincia de Pasco, departamento de Pasco a 4,500 msnm; contempla la ejecución de labores de desarrollo, preparación y explotación.</p> <p>El proyecto, en resumen, comprende la ejecución de las actividades siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Labores Horizontales: rampas, galerías, cruceros, cortadas, etc. • Labores Verticales: chimeneas de ventilación, chimeneas de operación, etc. • Sostenimiento: instalación de mallas, pernos helicoidales y shotcrete. • Servicios Auxiliares: bombeo, sostenimiento, extracción y acarreo, construcción de cuneta, etc. • Explotación de tajos (perforación, voladura, limpieza y acarreo de mineral). 				
	<table border="1"> <tr> <td>Cruceros /galerías.</td> <td>Ejecución de cruceros y/o galerías de sección 3.9 x3.7m, 4.0x4.0m. 4.0x 4.5m. Avances exploratorio</td> </tr> <tr> <td>Rampas.</td> <td>Ejecución de rampas de sección 4.5x4.5m. Esta rampa es de profundización que nos permitirá establecer nuevos niveles.</td> </tr> </table>	Cruceros /galerías.	Ejecución de cruceros y/o galerías de sección 3.9 x3.7m, 4.0x4.0m. 4.0x 4.5m. Avances exploratorio	Rampas.	Ejecución de rampas de sección 4.5x4.5m. Esta rampa es de profundización que nos permitirá establecer nuevos niveles.
Cruceros /galerías.	Ejecución de cruceros y/o galerías de sección 3.9 x3.7m, 4.0x4.0m. 4.0x 4.5m. Avances exploratorio				
Rampas.	Ejecución de rampas de sección 4.5x4.5m. Esta rampa es de profundización que nos permitirá establecer nuevos niveles.				

Entregables del Proyecto	Chimeneas.	Ejecución de chimeneas convencionales de sección 2.1x2.1m. y 3.0x3.0m. Exploración en mineral.
	Otras Labores.	Estas comprenden la ejecución de refugios, estocadas, cámaras, subestaciones, pozas de bombeo, etc., a pedido del cliente.
	Instalación de Servicios.	Estas comprenden la instalación de mangas de ventilación, luminarias, tuberías a pedido del cliente
	Movimiento de Material	Comprende el doble manipuleo de material, limpieza con scoop, etc.
	Mantenimiento de Vías y de Labores	Estas comprenden el mantenimiento de cruceros / galerías, rampas y vías en general, a pedido del cliente.
	Sostenimiento.	Estas comprenden las actividades de sostenimiento de shotcrete 1.5" y 2", instalación de pernos, Split set, Phyton, cimbras, etc. a pedido del cliente.
	Proyecto Túnel Esperanza	Proyecto de túnel de una sección de 5.00 x 5.00 mts, programa de avance por MKPS y MKPN, avance total del túnel es 1386 mts y su avance programado con todos sus derivados de 2287 mts
Asunciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se asume que el cliente alcanzará con anticipación un programa de los avances mensuales y tonelaje de explotación para la planificación de los recursos para dichas actividades. 2. Se asume que el cliente proveerá de energía, aire comprimido, agua para el normal desenvolvimiento del proyecto. 3. Se asume que el cliente proveerá de algunos suministros básicos como explosivos, combustible, cimbras, ventiladores, tuberías, rieles. 4. Se asume que los demás suministros serán adquiridos por JRC, siendo reconocidos los gastos de envío previa presentación de factura por el cliente. 5. Se asume que el cliente proveerá de zonas para la instalación de nuestros locales de trabajo. 6. Se asume que el cliente dará facilidades de modificar el horario de disparo, previa coordinación con ambas partes. 7. Se asume que el cliente proveerá un sistema de comunicación 	

	<p>eficiente.</p> <p>8. Se asume que el cliente reconocerá el improductivo producto de paralizaciones, huelgas y otros no relacionados con la actividad de JRC.</p>
Restricciones del Proyecto	<p>1. Lejanía del proyecto con respecto a la sede central.</p> <p>2. En épocas de lluvias se suelen interrumpir los accesos.</p> <p>3. Abastecimiento de JRC de suministros y repuestos.</p>
Límites del Proyecto	<p>1. No se considera la actividad de explotación minera</p>

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)



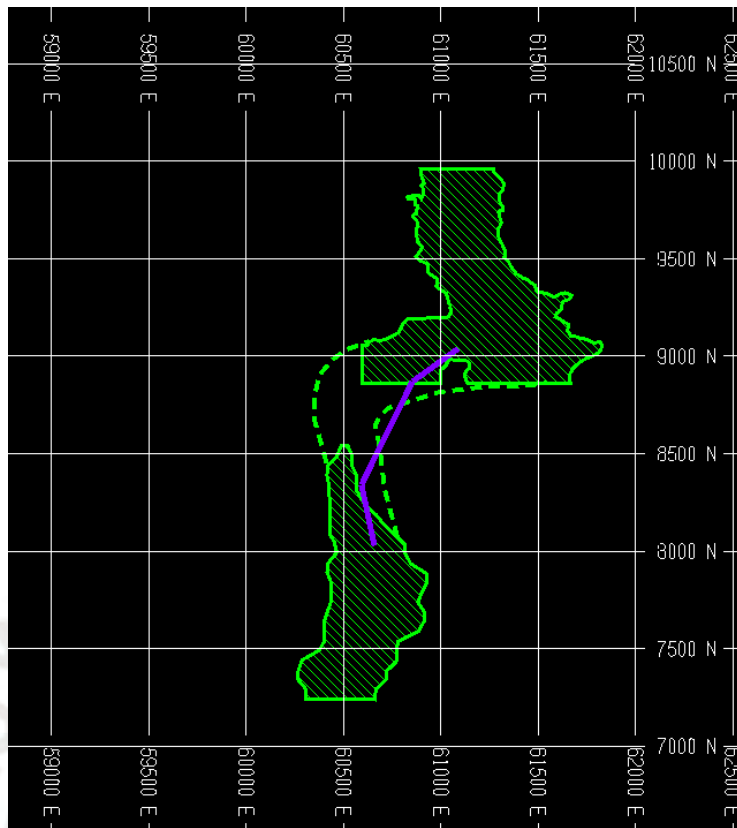
Anexo 7: Caracterización geológica del proyecto

En cuanto a la litología del eje de la galería, se tiene que empezando del lado de MPW se empezará en roca caliza brechada silicificada muy competente la cual podría tener una longitud aproximada de 190 m, luego se prevé que se tendrá un tramo de 280 m de vulcanoclásticos que es una roca de moderada a poco competente, luego se proyecta que se tendrá un tramo de 320 m de roca dacita moderadamente argilizada, luego se podría tener un tramo de caliza de unos 170 m que es una roca generalmente competente, y Finalmente, se tendrá un conglomerado por un tramo de 246 m que en general es una roca medianamente competente.

En cuanto a la mineralización, empezando del lado de MPW, se tendrá un tramo inicial mineralizado de unos 450 m, considerando que la proyección mineralizada hacia MPN es factible, luego se prevé que se tendrá un tramo estéril de unos 250 m, ya que la galería saldría de la zona mineralizada y Finalmente, hacia el lado de Marcapunta Norte se podría cortar algunos mantos delgados mineralizados muy irregulares. Para esta información se muestran las siguientes imágenes:

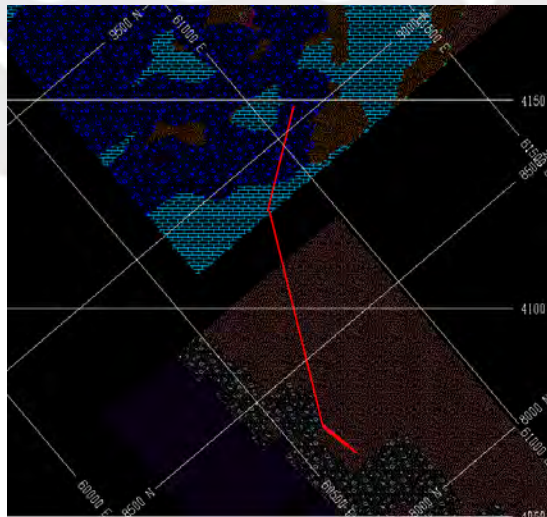
Vista en Planta de las áreas mineralizadas MPN y MPW:

Figura A2. Vista de planta de áreas mineralizadas



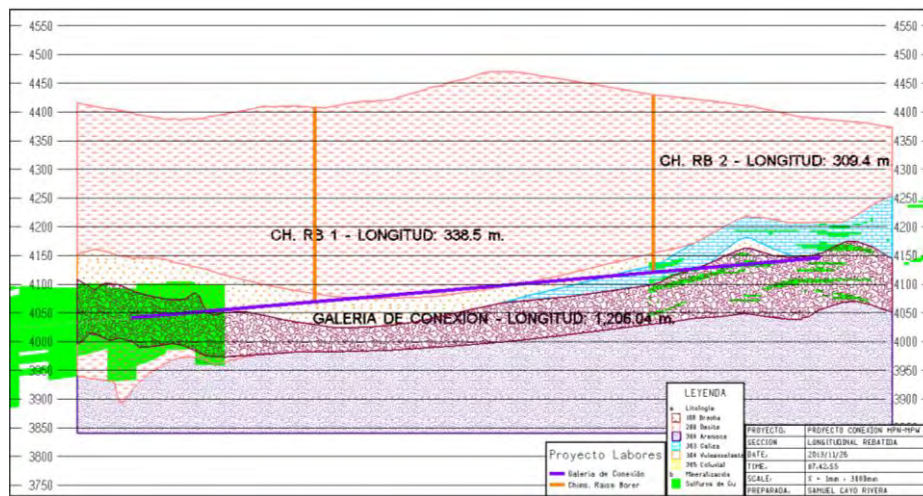
Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

Figura A3. Vista en Planta de la litología MPN y MPW



Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

Figura A4. Sección Geológica Longitudinal del Proyecto de Conexión MPN - MPW



Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

Conclusiones geo- mecánicas:

- La zona del proyecto de comunicación de Marcapunta norte y Marcapunta oeste va a estar emplazadas litológicamente en conglomerado, caliza, dacita y vulcanoclastos.
- Los resultados de la clasificación geomecánica de la masa rocosa, efectuando el criterio de Bieniawski (1989), han indicado que el 60% de la masa rocosa es de calidad Regular B (IIIB), 30% de calidad Mala A (IVA), 10% de calidad Mala B (IVB) y 10% de calidad Muy Mala (V).

Anexo 8: Presupuesto del túnel integración esperanza de MKN a MKS

Tabla A5. Presupuesto del túnel integración esperanza de MKN a MKS

PRESUPUESTO - PROYECTO TUNEL DE INTEGRACION ESPERANZA DE MKN A MKS					
Inversión del proyecto					
	UM	Cantida d	Precios (US\$)	Sub total (US\$)	T.C. 3.3
Proyecto Túnel de Integración Esperanza	m	2,586		US\$	2,495,983
MKS					
- Rp (-) GAL 675 N (RP 538) MKS, (IVA-IVB)	m	1,111	879.76	976,984	
- Rp (-) GAL 675 N (RP 538) MKS, (V)	m	44	1,412.39	62,394	
- CAMARAS 4.5 x 4.5 (IVA-IVB)	m	885	685.59	606,985	
- CAMARAS 4.5 x 4.5 (V)	m	40	1,033.33	41,333	
- REFUGIOS 2.0 x 2.0	m	50	223.43	11,172	
- DESQUINCHE	m3	15,550	20.15	313,333	
MKN					
- Rp(+) GAL 9022 W NV. 4032 MKN, (IVA-IVB)	m	38	842.44	31,827	
- Rp(+) GAL 9022 W NV. 4032 MKN, (V)	m	195	1,335.56	260,435	
- CAMARAS 4.5 x 4.5 (IVA-IVB)	m	104	685.59	70,958	
- CAMARAS 4.5 x 4.5 (V)	m	100	1,033.33	103,333	
- REFUGIOS 2.0 x 2.0	m	20	223.43	4,469	
- DESQUINCHE	m3	633	20.15	12,761	
Sostenimiento Según Recomendación				US\$	1,263,607
- Shotcrete (m2)	m2	31,761	23.24	738,132	
- Pernos (und)	perno	18,716	10.87	203,444	
- Cimbras (und)	cimbra	503	640.63	322,031	
Servicios				US\$	363,896
- Extracción m3	m3	95,008	2.65	251,896	
- Ventilador 60,000 CFM (4)	mes	10	11,200	112,000	
Inversión total del proyecto (US\$)				US\$	4,123,486

Anexo 9: Presupuesto asignado para gastos generales del proyecto

Tabla A6. Personal asignado a la realización del proyecto y su costo

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	INCID.	PRECIO UNITARIO	TARIFA EN US\$
1.00	SUPERVISIÓN TÉCNICA DE LA SEDE					
1.01	Gerente de obra	MES	1	0.10	7,181.82	718.18
1.02	Jefe de guardia	MES	3	0.10	3,830.30	1,149.09
1.05	Supervisor de seguridad	MES	3	1.00	1,675.76	5,027.27
1.14	Jefe de guardia	MES	3	1.00	1,915.15	5,745.45
SUB TOTAL						12,640.00
2.00	PERSONAL ADMINISTRATIVO					
2.03	Asistente de administración	MES	1	0.50	1,436.36	718.18
SUB TOTAL						718.18
3.00	PERSONAL EN MINA					
3.01	Topógrafos	MES	2	1.00	1,915.15	3,830.30
3.02	Ayudante topógrafos	MES	2	1.00	718.18	1,436.36
3.04	Choferes de camión de servicios	MES	3	0.50	622.42	933.64
3.05	Choferes de camionetas	MES	3	0.50	622.42	933.64
3.07	Mecánico 1 Jumbo	MES	3	1.00	718.18	2,154.55
3.08	Mecánico 1 Scoop	MES	3	1.00	718.18	2,154.55
SUB TOTAL						11,443.03
4.00	GASTOS VARIOS MINA					
4.01	Servicio técnico equipo (personal Mantenimiento)	MES	0.00	0.00	0.00	0.00
4.02	Alimentación de personal	MES	19.9	1.00	139.39	2,773.94
4.03	Lavandería	MES	19.9	2.00	2.00	79.60
SUB TOTAL						2,853.54
5.00	MOVILIDAD SEDE					
5.01	Camión de servicios	MES	1.00	1.00	3,750.00	3,750.00
5.02	Camión de servicios - Cisterna Combustible	MES	0.00	1.00	0.00	0.00
5.03	Camioneta de supervisión	MES	1.00	1.00	2,920.00	2,920.00
5.04	Movilidad de personal (Bus)	MES	0.00	1.00	0.00	0.00
SUB TOTAL						6,670.00
GASTO TOTAL POR MES (US\$)						34,324.75

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

Anexo 10: Personal asignado a la realización del proyecto

Tabla A7. Personal asignado a la realización del proyecto en cantidades

PROYECTO TÚNEL ESPERANZA	A	B	C	
Jefe de Operaciones / Jefe de Sección	1		1	2
Supervisor de Mina	1	1	1	3
Inspector de Seguridad SSMA - MKPS	1	1	1	3
Conductor de Camioncito	1	1	1	3
Conductor de Camioneta	1	1	1	3
OPERADOR DE EQUIPO DE PERFORACIÓN Y SOSTENIMIENTO	2	2	2	6
OPERADOR DE EQUIPO UTILITARIO	1	1	1	3
OPERADOR DE EQUIPO LANZADOR DE SHOTCRETE	1	1	1	3
AYUDANTE DE EQUIPO DE PERFORACIÓN Y SOSTENIMIENTO	2	2	2	6
OPERADOR DE EQUIPO DE CARGUIO DE BAJO PERFIL	2	2	2	6
MAESTRO CARGADOR DE EXPLOSIVOS	2	2	2	6
AYUDANTE DE EQUIPO DE PERFORACIÓN Y SOSTENIMIENTO	1	1	1	3
MAESTRO DE SOSTENIMIENTO	1	1	1	3
AYUDANTE DE SOSTENIMIENTO	3	3	3	9
TOTAL MKPS				59

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

Anexo 11: *Desarrollo de utilización de equipos*

Tabla A8. Desarrollo de utilización de equipos

Equipos	EQUIPOS Rp(-)	EQUIPOS Rp(+)	Total
	17	04	21
Flota	11	04	15
JUMBO 14 ' (1 brazo)	01	01	02
JUMBO 14 ' (2 brazo)	00	00	00
SCOOP 6.0 YD3	01	01	02
SCOOP 9.4 YD3		00	00
Alpha 20		01	01
Mixer 1		01	01
Telehandler		01	01
Empernador		01	01
Volquete 20 ton		02	02
Bomba Sumergible 8hp	01		01
Ventilador 60000cfm	02	02	04
Otros	06	00	06
Compresor 1200 cfm	01		01
Jetanol	02		02
Camioneta	01		01
Camion	01		01
Estación total	01		01
Lamparas	63		63



Anexo 12: Equipos necesarios para la obra y su costo mensual

Tabla A9. Equipos necesarios para la obra y su costo mensual

EQUIPOS Rp (-) MKPS	Cantidad (unid)	Alquiler mensual (\$)	Total mensual
Jumbo 14 ' (1 brazo)	1	\$ 8,130.00	\$ 8,130.00
Scoop 6.0 YD3	1	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00
Lanzador de Concreto Alpha 20	1	\$ 2,700.00	\$ 2,700.00
Mezcaldor de Concreto Mixer	1	\$ 800.00	\$ 800.00
Telehandler	1	\$ 15,000.00	\$ 15,000.00
Empernador	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
Volquete de 20 ton	2	\$ 7,000.00	\$ 14,000.00
Bomba Sumergible 8hp	1	\$ 500.00	\$ 500.00
Ventilador 60000cfm	2	\$ 2,776.05	\$ 5,552.10
Ventilador 30000cfm	2	\$ 2,312.43	\$ 4,624.86
Compresor 1400 cfm	1	\$ 1,850.40	\$ 1,850.40
Camioneta	1	\$ 800.00	\$ 800.00
Camión	1	\$ 7,500.00	\$ 7,500.00
Estación total	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
EQUIPOS Rp (+) MKPN			
JUMBO 14 ' (1 brazo)	1	\$ 8,130.00	\$ 8,130.00
SCOOP 6.0 YD3	1	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00
Ventilador 60000cfm	2	\$ 2,776.05	\$ 5,552.10
Lámparas	63	\$ 150.00	\$ 9,450.00
Total de alquiler mensual			\$ 104,589.46

Fuente: Empresa JRC Ingeniería y Construcción S.A.C. (2016)

Anexo 13: Programación de avances

Tabla A.10. Programación de avances
PROGRAMA DE PRODUCCIÓN, AVANCES Y RELLENO - BROCAL 2017

EXPLOTACIÓN

Concepto	Unidad	ene-17 Budget	feb-17 Budget	mar-17 Budget	abr-17 Budget	may-17 Budget	jun-17 Budget	jul-17 Budget	ago-17 Budget	sep-17 Budget	oct-17 Budget	nov-17 Budget	dic-17 Budget	2017
SLS	TMH	186,795	166,922	188,396	174,865	184,615	168,954	190,126	220,643	280,094	321,659	328,005	335,009	2,746,081
Preparación	TMH	48,616	45,325	47,074	48,791	46,845	62,918	62,939	69,120	72,580	71,212	69,369	72,104	716,893
Extracción Total	TMH	235,410	212,248	235,470	223,656	231,460	231,871	253,065	289,763	352,674	392,871	397,374	407,113	3,462,974

AVANCE LINEAL

Concepto	Unidad	ene-17 Budget	feb-17 Budget	mar-17 Budget	abr-17 Budget	may-17 Budget	jun-17 Budget	jul-17 Budget	ago-17 Budget	sep-17 Budget	oct-17 Budget	nov-17 Budget	dic-17 Budget	2017
Desarrollo Total	m	284	284	284	334	337	329	379	379	356	376	359	374	4,075
Desarrollo Horizontal	m	254	254	254	289	292	284	319	319	296	316	299	314	3,490
Galería	m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rampa	m	165	165	165	190	190	190	220	220	210	220	210	220	2,365
Refugio	m	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	48
Cámara	m	85	85	85	95	98	90	95	95	82	92	85	90	1,077
Desarrollo Vertical	m	30	30	30	45	45	45	60	60	60	60	60	60	585
Chimenea	m	30	30	30	45	45	45	60	60	60	60	60	60	585
RB	m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Preparación Total	m	1,519	1,424	1,532	1,554	1,625	1,672	1,808	1,878	2,092	2,073	2,114	2,158	21,451
Preparación Horizontal	m	1,398	1,310	1,410	1,431	1,495	1,538	1,663	1,728	1,925	1,908	1,945	1,986	19,736
Galería	m	1,337	1,253	1,348	1,354	1,430	1,471	1,591	1,653	1,841	1,825	1,860	1,899	18,863
Slot	m	61	57	61	77	65	67	72	75	84	83	85	86	873
Preparación Vertical	m	122	114	123	123	130	134	145	150	167	166	169	173	1,715
Chimenea (VCR)	m	122	114	123	123	130	134	145	150	167	166	169	173	1,715
Avance de Labores	m	1,803	1,708	1,816	1,888	1,962	2,001	2,187	2,257	2,448	2,449	2,473	2,532	25,526
Avance Horizontal	m	1,652	1,564	1,664	1,720	1,787	1,822	1,982	2,047	2,221	2,224	2,244	2,300	23,226
Avance Vertical	m	152	144	153	168	175	179	205	210	227	226	229	233	2,300

RELLENO

Concepto	Unidad	ene-17 Budget	feb-17 Budget	mar-17 Budget	abr-17 Budget	may-17 Budget	jun-17 Budget	jul-17 Budget	ago-17 Budget	sep-17 Budget	oct-17 Budget	nov-17 Budget	dic-17 Budget	2017
Relleno Detritico	m3	14,593	13,041	14,718	13,661	14,423	13,199	14,854	17,238	27,445	27,692	27,692	27,692	226,250

Anexo 14: Acta de entrega del proyecto

1. Introducción

Mediante el presente documento se realiza la entrega de la Construcción del Túnel de Integración Esperanza, que comunica la mina Marca Punta Norte con la Mina Marca Punta Sur. El proyecto consta del Túnel de Integración, Cámaras y el ByPass; el túnel se llegó a comunicar el día 28 de agosto del 2017, en el ByPass se replanteó el proyecto llegándose a concluir el ByPass el 20 de noviembre del 2017. Posteriormente se realizó desquinches para ampliación de sección en Gal 660N, Rp 314 y Rp 538 con un total **899.48 m³** hasta el 25 de diciembre del 2017 culminándose los trabajos. Se detalla los metros realizados en el proyecto:

Tabla A12. Seguimiento mensual al proyecto

DESCRIPCIÓN	Nov. 2016	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Nov. 2017	Acumulado
EJECUTADO (m)	74.4	221.8	190.4	225.0	261.7	212.2	146.2	222.7	243.3	174.7	101.4	56.7	52.3	2,182.8
PROGRAMADO (m)	160.0	213.0	214.0	309.0	313.0	330.5	173.0	230.0	218.0	209.0	110.0	60.0	53.0	2,592.5
% CUMPLIMIENTO	47%	104%	89.0%	73%	84%	64%	85%	97%	112%	84%	92%	95%	99%	84%

2. Información del proyecto

Tabla A13. Información del proyecto

Datos	
Proyecto	Construcción del Túnel de Integración Esperanza de MKN a MKS
Fecha de preparación	Noviembre del 2016 - Agosto del 2017
Cliente	Sociedad Minera El Brocal
Empresa Ejecutora	JRC Ingeniería Y Construcción

3. Razón de entrega

Por medio de la presente, se da entrega formal al proyecto, por las razones especificadas en la siguiente tabla. Marcar con una “X” la razón de cierre:

Tabla A14. Razón de entrega

Entrega de todos los productos de conformidad con los requerimientos del cliente	X
Entrega parcial de productos y cancelación de otros de conformidad con los requerimientos del cliente	
Cancelación de todos los productos asociados con el proyecto	

4. Aceptación de los productos o entregables

A continuación, se establece cuales entregables del proyecto han sido aceptados:

Tabla A15. Aceptación de los productos o entregables

Entregable	Aceptación (Si/No)	Observaciones
Construcción del Túnel Esperanza Excavación	Si	N/A
Estándar del Proyecto de Integración Túnel Esperanza	Si	N/A
Sostenimiento del Proyecto de Integración Túnel Esperanza	Si	N/A

Para cada entregable aceptado, se da por entendido que:

- El entregable ha cumplido los criterios de aceptación establecidos en la documentación de requerimientos y definición de alcance.
- Se ha verificado que los entregables cumplen los requerimientos.

- Se ha validado el cumplimiento de los requerimientos funcionales.

5. Firmas de elaboración, revisión y aprobación

José Arias Campos

Felix Francia Mendoza

Súper Intendente Mina –SMEB

Gerente de Obra JRC



Anexo 15: Perfil del proyecto presentado por la empresa JRC Ing.

Resumen

- El siguiente informe tiene la finalidad de describir de manera preliminar los costos y el tiempo que duraría la ejecución del Proyecto de Galería Conexión entre las dos áreas mineralizadas Marcapunta Norte y Marcapunta Oeste que forman parte de una sola Unidad Minera.
- La longitud de la rampa de comunicación es de 1387 metros. Se estima realizar este proyecto en 10 meses con un costo total de 4,123,486 US\$; esto considera el costo de explosivos, perforación, voladura, sostenimiento de labor y limpieza.
- La finalidad principal de este cruce es la comunicación entre las dos áreas mineralizadas, fortalecer la documentación presentada para la ampliación del permiso de producción para la mina Marcapunta Norte - Sur; por un tema de seguridad, poder acceder a una ruta de escape más en ambas zonas, ventilación, podría también usarse para transporte y finalmente, como galería de exploración para ver si las 02 áreas mineralizadas tienen una conexión, con lo cual se ganarían recursos minerales.

INTRODUCCIÓN.

El yacimiento de Colquijirca, cuyo titular minero es Sociedad Minera El Brocal S.A.A., tiene 02 zonas mineralizadas con cobre, separadas quizá porque aún no se ha completado la exploración sistemática de toda el área con potencial mineralógico de cobre. Este es el caso de las áreas mineralizadas conocidas como Marcapunta Norte y Marcapunta Oeste, ubicadas precisamente al Norte y Oeste respectivamente, del Cerro Marcapunta, pero que en la práctica podría tratarse de un solo cuerpo mineralizado. En el caso de Marcapunta Norte el área mineralizada está en explotación mediante minado subterráneo; y en el caso de

Marcapunta Oeste se tienen varias labores subterráneas exploratorias, pero aún no está en explotación.

Brocal tiene la intención de integrar estas 02 áreas mineralizadas, para poder iniciar la explotación de Marcapunta Oeste, para lo cual se ha proyectado ejecutar una galería de conexión entre ambas áreas, la cual tendría varios usos: transporte, ventilación, acceso, servicios, entre otros. Esta galería de conexión tendría también la finalidad de explorar el área intermedia entre Marcapunta Norte y Marcapunta Oeste, ya que existen evidencias que indican la persistencia de la mineralización entre ambas áreas, con lo cual se podría incrementar los recursos minerales.

Dada la longitud de la galería de 1206.04 m, se ha proyectado también la ejecución de 02 chimeneas Raise Borer de 338.5 m y 309.4 m, respectivamente, para fines de ventilación y eventualmente podrían tener otros usos.

Para ejecutar este proyecto, se va a efectuar una licitación, para lo cual se invitará a por lo menos 04 3mpresas postoras, de las cuales se elegirá la más conveniente para la empresa.

Anexo 16: *Instalaciones de servicios*

Instalación de Servicios

Para el Proyecto Túnel de Integración Esperanza se requiero las siguientes instalaciones de servicio:

- Agua Industrial.
- Aire Comprimido.
- Energía Eléctrica 440V y 420V
- Ventilación Forzada.
- Sistema de Bombeo.

Agua Industrial.

El Proyecto tuvo dos Frentes de avance por lo que el abastecimiento del mismo fue de dos diferentes tomas, por Marca Punta Sur el abastecimiento fue del agua producido de interior mina el cual canalizado por tuberías de 4" de diámetro fueron direccionados a las labores de avance; Por la Mina Marca Punta Norte El abastecimiento fue des aguas acidas en superficie (RB5), direccionado al RB09 que ingresa a mina y desde ese punto canalizado a las labores de avance.

Aire Comprimido.

El aire comprimido se utilizó para el lanzamiento de concreto, este aire comprimido fue generado por compresores instalados en los dos sectores de la mina. El detalle del mismo se especifica en el Ítem 4.1 del presente informe.

COMPRESORA	:	Marca Atlas Copco
Modelo	:	XATS 900E
Caudal	:	900 CFM
Presión de trabajo	:	8 bares
Tipo Portátil montado	:	en 4 ruedas
Motor eléctrico de	:	200 HP
Trabajo con	:	440 voltios
Salida de	:	4 pulgadas

Energía Eléctrica.

Fuentes de Energía:

Se tuvo tres fuentes de energía para la ejecución total del proyecto túnel Esperanza.

A. La subestación móvil de 500 KVA de la rampa 538 que se ubica a 150 metros de la galería de ingreso 660 norte donde inició el proyecto por lado sur, de éste punto se alimentó en 440 voltios hasta los 250 metros donde se ejecutó un crucero para la nueva subestación de 1MVA.

B. La subestación de túnel Esperanza nuevo de 1 MVA la cual se enlazó en media tensión desde la subestación móvil y luego en baja tensión desde este punto hacia adelante.

C. La subestación de la galería 9005 del nivel 4072 sirvió para abrir el acceso hacia el túnel a través de la galería 890 negativo hasta el encuentro del túnel esperanza en el punto de cambio de ángulo, de la cual se alimentó hacia Marca Punta, Sur y hacia 4032. Esta alimentación se hizo con un calibre de cable 3x120 mm².

D. La subestación de la galería 8950 nivel 4072, cuando se hizo la reubicación de la subestación de la galería 9005, luego se alimenta de ésta para continuar con los trabajos del túnel Esperanza.

E. La subestación de la rampa 1345-4. De este punto se alimentó en 440 voltios para inicio del túnel en este nivel 4032, tanto para equipo de perforación, así como para los ventiladores.

Luego de haber culminado la comunicación y habiendo comunicado por parte de brocal que ya no había actividades, Mantenimiento eléctrico Brocal desactiva la subestación del túnel Esperanza que luego de haber hecho esta actividad, posteriormente comunican que hay otros trabajos pendiente por lo que se tuvo que alimentar en baja tensión nuevamente tanto por Marca Punta Sur y la comunicación rampa 890 nivel 4072 que hasta hoy existe.

Ventilación Forzada.

El sistema de ventilación del túnel fue enlazado con el sistema de ventilación principal de la Mina Marca Punta Norte Y Sur, realizándose solo la instalación de ventiladores de 60 000 CFM y ventiladores enseriados de 30 000 CFM por ambos frentes de avance del Proyecto.

Sistema de Bombeo.

El sistema de bombeo por la Mina Marca Punta Sur se realizó por gravedad direccionándose al sistema principal de bombeo del sector sur.

El sistema de bombeo por la Mina Marca Punta Norte se realizó con una bomba de 48 HP con el cual se direccionó al sistema principal de bombeo del sector Norte.

Fuente: Empresa JRC Ing. (2019)



Anexo 17: Índice del informe de construcción del túnel de integración Esperanza de MKS a
MKN presentado por la empresa JRC Ing.

1. Índice	2
2. Generalidades	3
2.1. Acta de Recepción Definitiva de Obra	3
2.2. Documentos contractuales	4
2.3. Plan de Calidad	4
2.4. Certificado de construcción y Garantía de Obra	11
3. Memoria Descriptiva	15
3.1. Alcance del Proyecto	15
3.2. Solicitudes de cambio	19
3.3. Excavaciones y Acarreo	19
3.4. Sostenimiento de labores	33
3.5. Instalaciones de Servicio	38
3.6. Alquiler de Equipos y Materiales	40
4. Especificaciones Técnicas	44
4.1. Protocolo de Equipos	44
4.2. Informe de inspecciones, auditorias, no conformidades	45
4.3. Procedimientos aplicables (constructivos)	45
5. Estandar de sostenimiento y ficha tecnica de Materiales	46
5.1. Estándares de sostenimiento (shotcrete, pernos, Mallas y cimbras)	46
5.2. Ficha técnica de materiales de sostenimiento	46
6. Planos	46
6.1. Planos Red Line	46

6.2. Planos As built de excavaciones	46
6.3. Planos As built de sostenimiento	46
6.4. Planos As built de Instalaciones de servicios (agua, aire y energía)	46
7. Anexos	47
7.1 Acta de Entrega del Proyecto	47
7.2 Carta de Intención de Contrato	47
7.3 Política de Seguridad Y Salud Ocupacional	47
7.4 Certificación TRINORMA.	47
7.5 Informe Geo-mecánico N° 034	47
7.6 Estándar de Sección Típica de Labor	47
7.7 Resistencia del Shotcrete, Recomendación Geo-mecánica	47
7.8 Estándar de SSEE Eléctrica	47
7.9 Especificaciones Técnicas de Equipos	47
7.10 Informe de Inspecciones, Auditorías, No conformidades	47
7.11 Procedimientos Aplicables	47
7.12 Protocolos De Calidad Del Sostenimiento	47
7.13 Certificados de calidad de los materiales de sostenimiento	47

Anexo 18: *Índice del plan de gestión del proyecto Brocal presentado por la empresa JRC*
Ing.

I. INTRODUCCION.....	4
II. GESTION DE LA INTEGRACION DEL PROYECTO.....	4
2.1. Objetivo del Proyecto.....	4
2.2. Descripción General del Proyecto.....	4
2.3. Gerencia del Proyecto.	5
2.4. Gerencia del Obra.....	8
III. GESTION DEL ALCANCE DEL PROYECTO.....	10
3.1. Plan de Gestión del Alcance.....	10
3.2. Plan de Gestión de Requisitos.....	12
3.3. Registro de Requisitos.....	13
3.4. Enunciado del Alcance del Proyecto.....	13
3.5. Estructura Detallada del trabajo – EDT.	14
3.6. Línea Base del Alcance.....	14
3.7. Criterios de aceptación del cliente.....	14
IV. GESTION DEL TIEMPO DEL PROYECTO.....	16
4.1. Plan de Gestión del Cronograma.....	16
4.2. Lista de Actividades.....	17
4.3. Recursos de las actividades.....	18
4.4. Cronograma del Proyecto.....	18
4.5. Línea Base del cronograma.....	18

V. GESTION DE LOS COSTOS DEL PROYECTO.....	19
5.1. Plan de Gestión de Costos.....	19
5.2. Estimación de Costos de las Actividades.....	20
5.3. Línea base de Costos.....	20
VI. GESTION DEL SISTEMA INTEGRADO CSSMA.....	21
6.1. Plan de Gestión de Calidad.....	21
6.2. Métricas de Calidad e Índices de Desempeño.....	22
6.3. Plan de Gestión de los Riesgos.....	22
6.4. Registro de Riesgos.....	24
6.5. Registro de riesgos Cuantificados.....	24
VII. GESTION DE LOS RECURSOS HUMANOS.....	25
7.1. Plan de Gestión del Recurso Humano.....	25
7.2. Roles y Responsabilidades.....	26
7.3. Organigrama del Proyecto.....	26
VIII. GESTION DE LAS COMUNICACIONES.....	27
8.1. Plan de Gestión de las Comunicaciones.....	27
IX. GESTION DE LAS ADQUISICIONES.....	28
9.1. Plan de Gestión de las Adquisiciones.....	28
X. GESTION DE LAS OPERACIONES.....	30
10.1. Gerencia de Obra.....	30
10.2. Área de Planeamiento / Costos.....	30

10.3. Área de Logística.	30
10.4. Área de Recursos Humanos.	31
10.5. Área de Mantenimiento.	31
10.6. Área de Seguridad.	31
Figura1: Proceso de Planificación	6
Figura 2: Áreas de la Organización	6
Figura 3: Proceso de Seguimiento y Control	7
Figura 4: Proceso de Cierre.....	8
Figura 5: Proceso de Ejecución.....	9
Tabla 1: Plan de Gestión del Alcance	10
Tabla 2: Plan de Gestión de Requisitos.	12
Tabla 3: Declaración del Alcance	13
Tabla 4: Plan de Gestión del Cronograma	16
Tabla 5: Plan de Gestión de los Costos.	19
Tabla 6 : Plan de Gestión de la Calidad	21
Tabla 7: Plan de Gestión de los Riesgos	22
Tabla 8: Plan de Gestión del Recurso Humano	25
Tabla 9: Plan de Gestión de las Comunicaciones	27
Tabla 10: Plan de Gestión de las Adquisiciones.	28

Anexo 19: Desarrollo de la curva S inicial

Tabla A16. Desarrollo de las variables de EVM

VARIABLES	Mes 01	Mes 02	Mes 03	Mes 04	Mes 05	Mes 06	Mes 07	BAC TOTAL
Valor Planificado (PV)	\$152,818.50	\$356,258.14	\$670,649.37	\$1,133,009.40	\$1,494,216.27	\$1,989,558.17	\$2,231,109.80	\$ 4,123,486.00
Valor Ganado (EV)	\$71,060.60	\$282,905.26	\$562,625.30	\$899,295.23	\$1,201,301.10	\$1,519,339.08	\$1,723,471.15	
Costo Actual (AC)	\$67,507.57	\$268,759.99	\$523,050.94	\$837,695.74	\$1,125,320.38	\$1,419,799.98	\$1,614,211.48	

Tabla A17. Proyecciones al mes 06

PROYECCIONES A LA: MES 6			
Estimación para completar	ETC	\$ 2'433,536.93	Desde ahora cuanto costara terminar el proyecto...
Estimación a la conclusión	EAC	\$ 3,853,336.92	Estimación de cuanto costara todo el proyecto...
Variación a la conclusión	VAC	\$ 270,149.08	Cuanta variación esperamos tener al final del proyecto...

Anexo 20: Cálculo de indicadores de situación inicial

Tabla A18. Cálculo de indicadores de situación inicial

MES 01

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -81,757.90	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.47
Variación de Costo	CV	\$ 3,553.03	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.05

MES 02

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -73,352.88	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.79
Variación de Costo	CV	\$ 14,145.26	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.05

MES 03

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -108,024.06	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.84
Variación de Costo	CV	\$ 39,574.36	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.08

MES 04

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -233,714.17	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.79
Variación de Costo	CV	\$ 61,599.49	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.07

MES 05

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -292,915.17	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.80
Variación de Costo	CV	\$ 75,980.73	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.07

MES 06

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -470,219.09	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.76
Variación de Costo	CV	\$ 99,539.09	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.07

MES 07

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -507,638.65	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.77
Variación de Costo	CV	\$ 109,259.67	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.07



Anexo 21: Cálculos al mes 6

-Estimación para completar (ETC): Costo estimado necesario para concluir el proyecto.

$$ETC = \frac{BAC - EV}{CPI}$$

$$2'433,536.93 = \frac{4'123,486 - 1'519,339.08}{1.07}$$

Dónde:

BAC: Presupuesto a la conclusión

EV: Valor ganado

CPI: Índice de desempeño del costo

-Estimación a la conclusión (EAC): Chosto estimado de todo el proyecto. (monto que se gastó a la fecha más lo proyectado a gastar hasta que acabe el proyecto)

$$EAC = AC + ETC$$

$$3'853,336.92 = 1'419,799.98 + 2'433,536.93$$

Dónde:

AC: Costo actual

ETC: Estimación para completar

-Variación a la conclusión (VAC): Variación entre el presupuesto a la conclusión estimada inicial y el estimado al completar.

$$VAC = BAC - EAC$$

$$270,149.08 = 4'123,486 - 3'853,336.92$$

Dónde:

BAC: Presupuesto a la conclusión

EAC: Estimación a la conclusión

Anexo 22: Desarrollo de la curva S final

Tabla A19. Desarrollo de la curva S del mes 1 al 7

VARIABLES	Mes 01	Mes 02	Mes 03	Mes 04	Mes 05	Mes 06	Mes 07
Valor Planificado (PV)	\$152,818.50	\$356,258.14	\$670,649.37	\$1,133,009.40	\$1,494,216.27	\$1,989,558.17	\$2,231,109.80
Valor Ganado (EV)	\$71,060.60	\$282,905.26	\$562,625.30	\$899,295.23	\$1,201,301.10	\$1,519,339.08	\$1,723,471.15
Costo Actual (AC)	\$67,507.57	\$268,759.99	\$523,050.94	\$837,695.74	\$1,125,320.38	\$1,419,799.98	\$1,614,211.48

Tabla A20. Desarrollo de la curva S del mes 9 al 13

Mes 08	Mes 09	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	BAC
\$2,586,057.97	\$2,922,666.38	\$3,311,774.45	\$3,601,001.60	\$3,824,749.77	\$4,123,486.00	\$ 4,123,486.00
\$2,067,153.58	\$2,442,827.09	\$2,768,076.76	\$3,034,691.60	\$3,246,133.62	\$3,540,924.27	
\$1,941,528.08	\$2,289,373.92	\$2,599,135.51	\$2,846,001.10	\$3,038,221.12	\$3,306,212.63	

Tabla A21. Proyecciones al mes 12

PROYECCIONES A LA: MES 12			
Estimación para completar	ETC	821,158.60	Desde ahora cuanto costara terminar el proyecto
Estimación a la conclusión	EAC	\$ 3,859,379.72	Estimación de cuanto costara todo el proyecto
Variación a la conclusión	VAC	\$ 264,106.28	Cuanta variación esperamos tener al final del proyecto



Anexo 23: Cálculo de indicadores de situación final

MES 01

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -81,757.90	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.47
Variación de Costo	CV	\$ 3,553.03	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.05

MES 02

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -73,352.88	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.79
Variación de Costo	CV	\$ 14,145.26	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.05

MES 03

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -108,024.06	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.84
Variación de Costo	CV	\$ 39,574.36	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.08

MES 04

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -233,714.17	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.79
Variación de Costo	CV	\$ 61,599.49	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.07

MES 05

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -292,915.17	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.80
Variación de Costo	CV	\$ 75,980.73	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.07

MES 06

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -470,219.09	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.76
Variación de Costo	CV	\$ 99,539.09	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.07

MES 07

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -507,638.65	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.77
Variación de Costo	CV	\$ 109,259.67	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.07

MES 08

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -518,904.40	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.80
Variación de Costo	CV	\$ 125,625.50	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.06

MES 09

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -479,839.29	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.84
Variación de Costo	CV	\$ -479,839.29	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.07

MES 10

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -543,697.70	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.84
Variación de Costo	CV	\$ 168,941.25	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.06

MES 11

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -566,310.00	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.84
Variación de Costo	CV	\$ 188,690.49	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.07

MES 12

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -578,616.15	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.85
Variación de Costo	CV	\$ 207,912.50	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.07

MES 13

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -582,561.73	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.86
Variación de Costo	CV	\$ 234,711.65	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.07



Anexo 24: Cálculos al mes 12(curva final)

-Estimación para completar (ETC): Costo estimado necesario para concluir el proyecto.

$$ETC = \frac{BAC - EV}{CPI}$$

$$821,158.60 = \frac{4'123,486 - 3'246,133.62}{1.07}$$

Dónde:

BAC: Presupuesto a la conclusión

EV: Valor ganado

CPI: Índice de desempeño del costo

-Estimación a la conclusión (EAC): Costo estimado de todo el proyecto. (monto que se gastó a la fecha más lo proyectado a gastar hasta que acabe el proyecto)

$$EAC = AC + ETC$$

$$3'859,379.72 = 3'038,221.12 + 821,158.60$$

Dónde:

AC: Costo actual

ETC: Estimación para completar

-Variación a la conclusión (VAC): Variación entre el presupuesto a la conclusión estimada inicial y el estimado a completar

$$VAC = BAC - EAC$$

$$264,106.28 = 4'123,486 - 3'859,379.72$$

Dónde:

BAC: Presupuesto a la conclusión

EAC: Estimación a la conclusión

Anexo 25: Desarrollo de la curva S propuesto

VARIABLES	Mes 01	Mes 02	Mes 03	Mes 04	Mes 05	Mes 06	Mes 07
Valor Planificado (PV)	\$75,129.40	\$256,601.37	\$543,079.36	\$872,267.73	\$1,160,771.62	\$1,490,499.97	\$1,699,937.80
Valor Ganado (EV)	\$71,060.60	\$282,905.26	\$562,625.30	\$899,295.23	\$1,201,301.10	\$1,519,339.08	\$1,723,471.15
Costo Actual (AC)	\$67,507.57	\$268,759.99	\$523,050.94	\$837,695.74	\$1,125,320.38	\$1,419,799.98	\$1,614,211.48

Mes 08	Mes 09	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	BAC
\$2,047,169.71	\$2,383,778.12	\$2,772,886.19	\$3,062,113.33	\$3,285,861.50	\$3,540,924.27	\$ 3,540,924.27
\$2,067,153.58	\$2,442,827.09	\$2,768,076.76	\$3,034,691.60	\$3,246,133.62	\$3,540,924.27	
\$1,941,528.08	\$2,289,373.92	\$2,599,135.51	\$2,846,001.10	\$3,038,221.12	\$3,306,212.63	

PROYECCIONES AL: MES 12			
Estimación para completar	ETC	\$ 275,909.53	Desde ahora cuanto costara terminar el proyecto...
Estimación a la conclusión	EAC	\$ 3,314,130.65	Estimación de cuanto costara todo el proyecto...
Variación a la conclusión	VAC	\$ 226,793.62	Cuanta variación esperamos tener al final del proyecto...

Anexo 26: Cálculo de indicadores de situación propuesta

MES 01

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -4,068.79	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.95
Variación de Costo	CV	\$ 3,553.03	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.05

MES 02

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ 26,303.89	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	1.10
Variación de Costo	CV	\$ 14,145.26	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.05

MES 03

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ 19,545.94	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	1.04
Variación de Costo	CV	\$ 39,574.36	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.08

MES 04

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ 27,027.50	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	1.03
Variación de Costo	CV	\$ 61,599.49	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.07

MES 05

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ 40,529.48	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	1.03
Variación de Costo	CV	\$ 75,980.73	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.07

MES 06

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ 28,839.11	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	1.02
Variación de Costo	CV	\$ 99,539.09	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.07

MES 07

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ 23,533.35	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	1.01
Variación de Costo	CV	\$ 109,259.67	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.07

MES 08

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ 19,983.87	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	1.01
Variación de Costo	CV	\$ 125,625.50	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.06

MES 09

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ 59,048.97	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	1.02
Variación de Costo	CV	\$ 59,048.97	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.07

MES 10

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -4,809.43	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	1.00
Variación de Costo	CV	\$ 168,941.25	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.06

MES 11

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -27,421.74	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.99
Variación de Costo	CV	\$ 188,690.49	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.07

MES 12

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ -39,727.88	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	0.99
Variación de Costo	CV	\$ 207,912.50	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.07

MES 13

VARIACIONES			ÍNDICES		
Variación de Cronograma	SV	\$ 0.00	Ind. Desempeño Cronograma	SPI	1.00
Variación de Costo	CV	\$ 234,711.65	Ind. Desempeño Costo	CPI	1.07



Anexo 27: Cálculos al mes 12(curva propuesta)

-Estimación para completar (ETC): Costo estimado necesario para concluir el proyecto.

$$ETC = \frac{BAC - EV}{CPI}$$

$$275,909.53 = \frac{3'540,924.27 - 3'246,133.62}{1.07}$$

Dónde:

BAC: Presupuesto a la conclusión

EV: Valor ganado

CPI: Índice de desempeño del costo

-Estimación a la conclusión (EAC): Costo estimado de todo el proyecto. (monto que se gastó a la fecha más lo proyectado a gastar hasta que acabe el proyecto)

$$EAC = AC + ETC$$

$$3'314,130.65 = 3'038,221.12 + 275,909.53$$

Dónde:

AC: Costo actual

ETC: Estimación para completar

-Variación a la conclusión (VAC): Variación entre el presupuesto a la conclusión estimado inicial y el estimado al completar.

$$VAC = BAC - EAC$$

$$226,793.62 = 3'540,924.27 - 3'314,130.65$$

Dónde:

BAC: Presupuesto a la conclusión

EAC: Estimación a la conclusión