

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS,  
GEOLOGÍA Y CIVIL**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA DE MINAS**



**Evaluación técnica y económica para elegir un sistema de  
transporte de mineral entre las unidades mineras Atacocha -  
El Porvenir CÍA. Milpo Andina Perú S.A.C.**

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas**

**Presentado por:  
Mardonio Quillama Almidón**

**Asesor  
Dr. Ing. Jaime Huamán Montes**

**AYACUCHO - PERÚ  
2019**

Dedico el presente a mis padres Nildo Roberto y Nora Felicitas, a mis hermanos Marcos, Nancy, Flora, Miguel, Esther y Jainor quienes fueron apoyo incondicional en todo momento.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios por darme salud y la dicha de tener a mi linda familia; de la misma manera agradezco a las empresas mineras SEPROCAL y MCEISA por haberme dado la oportunidad de pertenecer a su empresa y así poder apoyarme con los datos necesarios para la elaboración del presente proyecto; igualmente quiero agradecer a las unidades mineras tanto El Porvenir como Atacocha quienes me acogieron positivamente en todo momento

Agradezco infinitamente a mi alma mater la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por haberme acogido durante esos cinco años en sus aulas, a los maestros de la Escuela de Ingeniería de Minas por impartir los conocimientos para desarrollarme como un profesional de bien para mi familia y el país de igual manera agradezco a mi asesor Ing. Jaime Huamán Montes, finalmente quiero agradecer a mis amigos con quienes compartí conocimientos, momentos y experiencias como estudiante.

## RESUMEN

La tesis se ha desarrollado cumpliendo con la estructura del plan de tesis aprobado y lineamientos de la investigación, teniendo como **objetivo** de estudio determinar un sistema de transporte sustentable tanto técnica y económicamente que permita transportar la producción extra de mineral de las zonas como son: Veta 27, Pradera Basconia, Izamar y San Gerardo, que se encuentran en la zona baja de Santa Bárbara y la zona oeste de Atacocha con dirección a uno de los Ore Pass (OP-5) de interior mina de El Porvenir y luego hacia la Planta Concentradora de la mina El Porvenir; mediante un análisis técnico y económico los cuales se detallan en el presente trabajo. Esto surge a necesidad de incrementar la producción en tonelaje así crecer como empresa y obviamente generar mayor ingreso económico; debido a la infraestructura limitada con la que cuenta Atacocha como pique, instalaciones y principalmente planta de tratamiento en cuanto a sus capacidades se requiere procesar el mineral extra aproximadamente entre 1500 a 2000 toneladas diarias en la planta de tratamiento de El Porvenir.

Respecto al diseño metodológico de acuerdo al propósito de la tesis y teniendo en cuenta la aplicación de los conocimientos, se opta por una investigación aplicada a un nivel descriptivo.

Para lo cual se plantea el problema principal lo siguiente: ¿Cómo influye la evaluación-técnica y económica para la elección de un sistema de transporte de mineral producido en la UM Atacocha hacia la UM El Porvenir? Además, como parte de la solución cabe mencionar que actualmente se tiene concluido el proyecto de construcción del cruce de integración entre ambas unidades en estudio (Atacocha y El Porvenir), se especifica los detalles en el contenido las operaciones unitarias.

Como resultados, al concluir la evaluación integral del presente se opta con un sistema de transporte mediante volquetes como solución al planteamiento del problema, por razones técnicas y operativas del diseño de la mina los cuales se detallan en el contenido del presente.

De acuerdo a la evaluación económica del proyecto, los indicadores económicos resultan favorables, dado que la inversión es pequeña en comparación con los ingresos que se han de generar en caso sea tomada la decisión positivamente.

**Palabras claves:** Evaluación Técnica Económica, Transporte, Mineral.

## ABSTRACT

The thesis has been developed in compliance with the structure of the approved thesis plan and research guidelines, with the objective of studying to determine a sustainable transportation system both technically and economically that allows transporting the extra production of ore from the areas such as: Veta 27, Pradera Basconia, Izamar and San Gerardo, which are located in the lower area of Santa Bárbara and the western area of Atacocha towards one of the Ore Pass (OP-5) of the interior mine of El Porvenir and then to the Plant El Porvenir mine concentrator; through a technical and economic analysis which are detailed in the present work. This arises from the need to increase production in tonnage, thus grow as a company and obviously generate greater economic income; Due to the limited infrastructure that Atacocha has as a pique, facilities and mainly treatment plant in terms of its capacities, it is required to process the extra ore approximately between 1500 to 2000 tons per day at the El Porvenir treatment plant.

Regarding the methodological design according to the purpose of the thesis and taking into account the application of knowledge, an investigation applied at a descriptive level is chosen.

For which the main problem arises the following: how does the economic-technical evaluation influence the choice of a transport system for ore produced in the Atacocha UM towards the El Porvenir UM? In addition, as part of the solution, it is worth mentioning that the project for the construction of the integration cruise between the two units under study (Atacocha and El Porvenir) is currently completed, specifying the contents in the unit operations.

As a result, at the end of the integral evaluation of the present one, a transport system by means of dump trucks is chosen as a solution to the problem, due to technical and operational reasons for the design of the mine which are detailed in the content of the present.

According to the economic evaluation of the project, the economic indicators are favorable, given that the investment is small compared to the income to be generated if the decision is taken positively.

**Key word:** Economic Technical Evaluation, Transportation, Minerals.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

**CAPÍTULO I**..... 4

**ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN** ..... 4

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 4

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA ..... 5

1.2.1. PROBLEMA PRINCIPAL ..... 5

1.2.2. PROBLEMAS SECUNDARIOS ..... 5

1.3. OBJETIVOS ..... 5

1.3.1. OBJETIVOS GENERALES ..... 5

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 5

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA..... 6

1.4.1. JUSTIFICACIÓN ..... 6

1.4.2. IMPORTANCIA ..... 6

1.5. MARCO TEÓRICO ..... 6

1.6. HIPÓTESIS ..... 9

1.6.1. HIPÓTESIS PRINCIPAL..... 9

1.6.2. HIPÓTESIS SECUNDARIAS..... 9

1.7. VARIABLES E INDICADORES ..... 9

1.7.1. VARIABLE DEPENDIENTE..... 9

1.7.2. VARIABLE INDEPENDIENTE ..... 9

1.8. DISEÑO METODOLÓGICO..... 10

**CAPÍTULO II**..... 11

<b>ASPECTOS GENERALES</b> .....	11
2.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD .....	11
2.2. TOPOGRAFÍA Y FISIOGRAFÍA.....	13
2.3. CLIMA Y VEGETACIÓN.....	14
2.4. ANTECEDENTES.....	14
2.5. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA .....	15
<b>CAPÍTULO III</b> .....	17
<b>GEOLOGÍA Y GEOMECÁNICA</b> .....	17
3.1. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA .....	17
3.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL .....	19
3.3. GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	21
3.4. EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL CRUCERO DE INTEGRACIÓN ....	22
3.4.1. SISTEMA DE EVALUACIÓN GEOMECÁNICA.....	22
3.4.2. RESULTADOS DE GEOMECÁNICA .....	27
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	28
<b>EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA</b> .....	28
4.1. SISTEMA DE TRANSPORTE SUBTERRÁNEO .....	28
4.2. EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE .....	29
4.2.1. TRANSPORTE MEDIANTE LOCOMOTORAS Y CARROS MINEROS .....	29
4.2.2. TRANSPORTE MEDIANTE FAJAS.....	30
4.2.3. TRANSPORTE MEDIANTE VOLQUETES .....	31
4.3. CONSTRUCCIÓN DEL CRUCERO .....	33
4.3.1. PERFORACIÓN Y VOLADURA.....	33
4.3.2. LIMPIEZA.....	36
4.3.3. SOSTENIMIENTO.....	37
4.3.4. VENTILACIÓN Y DRENAJE.....	37
4.4. TRANSPORTE MEDIANTE VOLQUETES .....	37

4.4.1.	ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE CON VOLQUETES.....	37
4.4.2.	RENDIMIENTO DEL SISTEMA.....	38
4.4.3.	COSTO UNITARIO DE TRANSPORTE CON VOLQUETES.....	40
4.5.	EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE.....	42
4.5.1.	COSTOS UNITARIOS DE EXCAVACIÓN.....	42
4.5.2.	INVERSIONES.....	46
4.5.3.	CRONOGRAMA.....	47
4.5.4.	FINANCIAMIENTO.....	48
4.6.	INDICADORES ECONÓMICOS FINANCIEROS.....	48
4.6.1.	ESTADO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS Y FLUJO DE CAJA.....	48
4.6.2.	VALOR ACTUAL NETO ECONÓMICO (VANE).....	50
4.6.3.	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).....	51
4.6.4.	PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI).....	52
	<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>54</b>
	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>54</b>
5.1.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	54
5.1.1.	RESULTADOS CON RELACIÓN AL ASPECTO ECONÓMICO.....	54
5.1.2.	RESULTADOS CON RELACIÓN A LOS ASPECTOS TÉCNICOS.....	54
5.1.3.	RESULTADOS CON RELACIÓN A SEGURIDAD.....	55
5.1.4.	RESULTADOS EN RELACIÓN A GEOMECÁNICA.....	55
5.2.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	55
	CONCLUSIONES.....	57
	RECOMENDACIONES.....	58
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
	ANEXOS.....	60

## GLOSARIO

<b>VAN</b>	: Valor Actual Neto.
<b>TIR</b>	: Tasa Interna de Retorno.
<b>PRI</b>	: Periodo de Recuperación de Inversión.
<b>OP</b>	: Ore Pass (Echadero de mineral).
<b>UM</b>	: Unidad Minera.
<b>PQ</b>	: Pique.
<b>RMR</b>	: Rock Mass Rating (Índice de macizo o masa rocosa).
<b>GSI</b>	: Geological Strength Index (Índice Resistencia Geológica).
<b>STOPS</b>	: Tajos o labores de operación de mineral.
<b>SKYPS</b>	: Baldes o Recipiente de sistema de Izaje de mineral en pique.

## **INTRODUCCIÓN**

El Perú considerado país netamente minero por el desarrollo de la misma a lo largo de su extensión territorial en la mayoría de sus regiones. Una de las principales regiones es Pasco catalogada como la Capital Minera del Perú; debido a que, dentro de la jurisdicción de esta, se encuentran varias unidades mineras con varios proyectos de gran importancia y envergadura para el desarrollo de la empresa, región y el país en general. Dentro de las empresas más importantes se encuentra la Compañía Minera Milpo Andina Perú SAC (MAPERÚ SAC), cuenta actualmente con dos unidades mineras principales dentro de esta región central del país que son: UM El Porvenir y UM Atacocha en distritos colindantes y relativamente cercanos entre sí, Yanacancha y San Francisco de Asís respectivamente ambos pertenecientes a la provincia y región Pasco; distanciados aproximadamente de acuerdo a las coordenadas de ubicación geográfica 3.0Km aproximadamente.

La UM Atacocha actualmente presenta deficiencias en sus operaciones principalmente en el transporte de mineral proveniente de subterránea hacia su planta de tratamiento debido a que el pique presenta desperfectos continuamente; adicionalmente, la capacidad de su planta de tratamiento no presta condiciones para ampliar sus instalaciones que requiere para cuando se haga realidad el incremento de producción de mineral de la zona de Basconia, Izamar, San Gerardo y Veta 27 y otros. Debido a la relativa cercanía entre las unidades que conforman el Complejo Pasco surge la propuesta de aprovecharla y ver la posibilidad de beneficiar parte del mineral explotado en la UM Atacocha en la planta de la UM El Porvenir, siendo la distancia más corta para el transporte del mineral un cruce de integración de ambas minas y cabe mencionar que dicho proyecto se concluyó en noviembre del 2017, de la misma manera realizar modificaciones en su Cancha de Relave, Planta de Beneficio de la UM El Porvenir que son los factores a considerar para que el proyecto se haga realidad

El tonelaje del mineral a transportar de la UM Atacocha que de acuerdo a los estudios geológicos y estratégicos sería aproximadamente entre 1500 a 2000 toneladas hacia El

Porvenir a través del crucero de integración llegando en primer lugar hasta uno de sus echaderos principales (OP-05) en el nivel 3370, posteriormente se mantendría el mismo circuito actual hasta planta de tratamiento de UM El Porvenir; para ello requiere de un estudio técnico económico y sea sustentable en ambos aspectos.

De acuerdo a los resultados obtenidos al finalizar la evaluación, el proyecto en el aspecto económico no se presentan inconvenientes, debido a que los indicadores económicos como VAN y TIR resultan favorables, el medio de transporte a implementar es mediante volquetes de 25 toneladas por las dimensiones del equipo y la sección del crucero de integración, por lo cual el proyecto es viable tanto económica como técnicamente para dicho medio de transporte.

## **CAPÍTULO I**

### **ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La industria minera actual en el país es de significativa importancia, debido al aporte que genera al fisco nacional para el desarrollo del mismo gracias a los tributos que se generan por el funcionamiento de las tantas empresas mineras activas dentro del territorio nacional.

Debido al avance tecnológico y la demanda de la competitividad profesional, hoy en día se busca con mayor ímpetu generar mayores utilidades dentro de las operaciones en general, como en la gestión de los mismos. Esto será posible mediante la optimización de los costos y gastos de manera general, es decir, en todas las áreas que conforman cada minera buscando la eficiencia de igual manera en cada etapa de las operaciones.

Milpo Andina Perú SAC (MAPERÚ SAC), una de las principales empresas actualmente operativas en nuestro país, no siendo conformista con su desarrollo actual, plantea seguir mejorando como empresa y ser referente para otras medianas y pequeñas empresas; actualmente hizo realidad la integración subterránea de dos de sus Unidades Mineras como son Atacocha y El Porvenir con finalidad netamente de optimizar sus costos en varios puntos, una de ellas es beneficiar parte de su mineral extra explotado en Atacocha en la planta de tratamiento de El Porvenir debido a la capacidad de tratamiento en la planta procesadora de Atacocha que actualmente son de 4500 toneladas por día, cantidad para lo cual fue diseñada para su funcionamiento normal; debido a ello, pues es necesario transportar el mineral explotado y es justamente este aspecto que se estudiará en el presente trabajo de investigación.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA PRINCIPAL**

Entre mediano y largo plazo se tendrá una producción de 4000 TMD en la UM Atacocha de subterránea y parte de este mineral debe ser transportada hacia la planta de tratamiento de la unidad minera El Porvenir para su beneficio, para lo cual es necesario hacer una evaluación tanto económica y técnica para optar un sistema de transporte rentable. Entonces, se plantea como problema principal la siguiente interrogante:

¿Cómo influye la evaluación técnica y económica para la elección del sistema de transportes del mineral producido en la UM Atacocha hacia la UM El Porvenir?

### **1.2.2. PROBLEMAS SECUNDARIOS**

- ¿Qué factores debemos considerar para elegir un sistema de transporte eficiente del mineral producido en la UM Atacocha hacia el OP-05 de la UM El Porvenir?
- ¿Qué sistema de transportes será adecuado para optimizar la alimentación del mineral producido en la UM Atacocha hacia el OP-05 de la UM El Porvenir?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVOS GENERALES**

Conocer cómo influye la evaluación técnica y económica para la elección del sistema de transportes de mineral producido en la UM Atacocha hacia el OP-05 de la UM EL Porvenir.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los factores a considerar para elegir un sistema eficiente para el transporte de mineral producido en la UM Atacocha hacia el OP-05 de la UM El porvenir.
- Evaluar y determinar un sistema de transporte adecuado para optimizar la alimentación del mineral producido en la UM Atacocha hacia el OP-05 de la UM El Porvenir.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

### **1.4.1. JUSTIFICACIÓN**

El incremento en tonelaje de producción es uno de los objetivos entre mediano a largo plazo Atacocha, crecer como empresa y grupo corporativo en general de igual manera, sin embargo, existen ciertas restricciones para concretar dicho objetivo, Atacocha actualmente presenta inconvenientes con el medio de transporte de su mineral proveniente de subterránea; adicional a ello y más importante restricción que se presenta es la capacidad de su planta concentradora, la cual viene trabajando prácticamente entre 90 a 95% de capacidad nominal y de acuerdo al espacio geográfico que se encuentra sería casi imposible ampliar la capacidad en el mismo lugar donde se encuentra instalada dicha planta; se propuso tratar el mineral extra en la planta de tratamiento del Porvenir obviamente evaluando el medio y ruta de transporte óptimo. Aprovechar la distancia relativamente corta de manera subterránea entre Atacocha y El Porvenir fue mediante la construcción del cruceo 996 y cruceo 934 sur en el nivel 3370 de integración entre ambas unidades en estudio, se hará realidad varios aspectos que se plantearon inicialmente como, por ejemplo, la reducción del personal de supervisión, incrementar sus reservas en la zonas aledañas a los límites entre ambas unidades; el cruceo de integración será aprovechada también para el transporte del mineral de la unidad minera Atacocha hacia la Planta de Tratamiento de la unidad minera El Porvenir; siendo esta ruta la mejor alternativa en lugar de trasladar por superficie u otra ruta alterna.

### **1.4.2. IMPORTANCIA**

El Transporte de mineral de la UM Atacocha hacia la UM El Porvenir incrementará la utilidad de la Compañía Milpo Andina Perú SAC debido al incremento de producción en Atacocha, aumentando así, sus utilidades y fomentando el desarrollo minero en la región y el país obviamente.

## **1.5. MARCO TEÓRICO**

El transporte de mineral por la ruta de menor distancia es más económico, debido a ello se aprovechará el laboreo de integración que ya está ejecutando actualmente. Esto

pues, conlleva a mejorar las utilidades de la empresa mediante la implementación de un sistema de transporte de mineral subterráneo, por la menor distancia que existe a diferencia que por superficie.

**a. Bases Teóricas:** teorías propias de transporte

- **Sistema de transportes Trackless:**

El sistema trackless está referido a la minería mecanizada o también denominada moderna que consiste principalmente al uso de equipos pesados sobre neumáticos o llantas los cuales pues facilitan demasiado el ciclo operacional de manera general como son los equipos de carguío o limpieza, acarreo (Volquetes, Carros Mineros o Dumpers, otros), perforación, voladura, desate y sostenimiento.

- **Transporte continuo:**

El transporte continuo enfoca el acarreo del material explotado o extraído con el proceso de voladura al final de ciclo de minado; básicamente continuo hace referencia de que existe un sistema de transporte único, es decir, solamente a un tipo de equipo o medio de transporte ya sea volquetes, locomotoras, fajas u otros; pero aplicando solo uno de ellos haciendo uso únicamente uno de los sistemas de transporte desde un punto inicial hasta un punto donde finalmente será depositado o desechado. Como ejemplo se tiene el acarreo de desmonte que se genera en el área de desarrollo mina, el material se traslada hacia superficie casi en su totalidad debido a que se viene mejorando la presa de relave con dicho material.

- **Transporte discontinuo:**

Para el transporte de mineral en la mina Atacocha desde un punto inicial que son los Stops (Tajos) en interior mina hasta la planta de tratamiento es necesario utilizar un sistema de transporte discontinuo; esto se refiere a que necesariamente se debe utilizar diferentes sistemas de transporte secuencial que hará posible el traslado del mineral de manera rápida y lógicamente económica. Para el caso de la mina Atacocha el sistema de transporte actualmente incluye: Volquetes, Skyps, Locomotoras y finalmente Fajas Transportadoras. De la misma manera para el caso de la mina El Porvenir; el transporte es discontinuo haciendo uso de diversos sistemas o medios de transporte como sigue: Dumpers y/o Volquetes, Locomotoras, Skyps y finalmente Fajas Transportadoras que hacen que llegue el mineral hasta la planta de tratamiento.

## **b. Marco Conceptual**

### **- Explotación de minas (subterránea y superficial):**

El término de Explotación de Minas de manera general involucra cada una de las operaciones unitarias que conforman el ciclo operacional que como objetivo principal en toda industria minera es el aprovechar el recurso natural no renovable que son los minerales tanto metálicos como los no metálicos. Para la clasificación y/o determinación del modo de explotación, es decir, sea subterránea o superficial depende de varios factores tanto de la empresa en tema de financiamiento y ritmo de producción al que desea operar, características del depósito mineral en calidad, cantidad, tipo de minerales aprovechables o rentables y los contaminantes entre otros aspectos.

### **- Maquinaria minera:**

Actualmente las operaciones mineras son altamente mecanizadas desde las pequeñas mineras hasta la gran minería principalmente; obviamente existe la minería artesanal en un porcentaje pequeño. Gracias al desarrollo de la tecnología en los últimos 20 años se inició la mecanización de las minas lo cual pues las maquinarias y equipos mineros sustituyen la mano de obra con dos finalidades específicas y muy importantes: lo primero por un tema de seguridad para los colaboradores quienes se exponían a los peligros de manera directa, por otro lado para mejorar su ritmo de extracción de sus minerales, es decir, las toneladas diarias y anuales se incrementaron significativamente para generar mayores ingresos para las mismas empresa como para el país en general.

### **- Equipos mineros de bajo perfil**

Para la apertura de labores tanto de desarrollo y explotación se debe tener previamente un planeamiento de acuerdo a la geomecánica del macizo en el que se encuentre la zona mineralizada; durante el proceso de apertura de cada laboreo se desestabiliza el terreno en cuanto a sus tensiones naturales que actúan en su auto soporte, para ellos se debe diseñar accesos de secciones casi exactas para los equipos que se utilizan cada etapa del ciclo de minado; a razón de ello se diseñaron equipos y maquinarias de bajo perfil para trabajos netamente en minería subterránea por las mismas razones que se explicó, en su mayoría los equipos son de estas características el chasis de estos están muy cerca del nivel del piso por donde transitan y es a estos equipos que se les considera de bajo perfil.

## **1.6. HIPÓTESIS**

### **1.6.1. HIPÓTESIS PRINCIPAL**

La evaluación técnica y económica influye directamente para la elección del sistema de transportes de mineral producido en la UM Atacocha hacia el OP-05 de la UM El Porvenir.

### **1.6.2. HIPÓTESIS SECUNDARIAS**

- Existen factores que influyen para elegir un sistema de transportes eficiente del mineral producido en la UM Atacocha hacia el OP-05 de la UM El Porvenir.
- Existen sistemas de transportes de mineral adecuado para optimizar la alimentación del mineral producido en la UM Atacocha hacia el OP-05 de la UM El Porvenir.

## **1.7. VARIABLES E INDICADORES**

### **1.7.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

- Evaluación técnica y económica para elegir un sistema de transporte del mineral.

#### **Indicadores:**

- Costo por tonelada transportada (US\$/TM)
- Toneladas hora transportadas (TM/HORA)
- Tasa interna de retorno (TIR)
- Valor actual neto económico (VANE)

### **1.7.2. VARIABLE INDEPENDIENTE**

- Las unidades mineras Atacocha – El Porvenir CÍA. Milpo Andina Perú S.A.C.

#### **Indicadores:**

- Metros avanzados por mes (ml/día)
- Cantidad de vehículos o volquetes (N° vehículos)
- Capacidad de los volquetes (TM)

## **1.8. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **a. Tipo de investigación**

De acuerdo a los propósitos de la tesis y teniendo en cuenta la aplicación de los conocimientos para la solución de planteado, se adoptará la “Investigación Aplicada”.

### **b. Nivel de investigación**

El nivel de investigación es el descriptivo. “la investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere”.

## **CAPÍTULO II**

### **ASPECTOS GENERALES**

#### **2.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD**

La unidad minera Atacocha está ubicada en el flanco oriental de la Cordillera de los Andes, en el paraje de Atacocha, distrito de San Francisco de Yarusyacán, provincia de Pasco, Departamento de Pasco. Atacocha es un yacimiento ubicado a 15 km. al noreste de la ciudad de Cerro de Pasco, a una altitud media de 4,050 msnm. La planta concentradora de Chicrín está a una altitud de 3,600 msnm y es accesible por la carretera central Lima-Huánuco altura del kilómetro 324. El acceso a la mina Atacocha desde Chicrín, es una trocha carrozable de 7 Km. de longitud que cubre un desnivel de 450 metros. Los poblados importantes se encuentran en las márgenes del río Huallaga, como: Chicrín, Quinua, Yanapampa, Cajamarquilla, Ticlacayán y Malauchaca.



**UBICACIÓN DEL PROYECTO**

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS GEOLOGÍA Y CIVIL ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS		
	<b>UBICACIÓN MINA</b>	PLANO N°:	FUENTE: TESIS (ARANA ZÁRATE)
	<b>ATACOCHA</b>	<b>1</b>	DISEÑO: BACH. QUILLAMA ALMIDÓN, MARDONIO
	ESC : S/E		REVISADO: ING. HUAMÁN MONTES
FECHA : ABRIL 2019		APROBADO: BACH. QUILLAMA ALMIDÓN, MARDONIO	

**Fuente:** Tesis Arana Zárate.

## 2.2. TOPOGRAFÍA Y FISIOGRAFÍA

La unidad minera Atacocha está ubicada en la Sierra Central del Perú, en la Cordillera Occidental, muy cerca al Nudo de Pasco y a la Meseta de Bombón. Dentro del área de influencia del emplazamiento minero existen hasta tres zonas morfológicas muy distintas entre sí, la superficie Puna, la zona Cordillerana y la zona de Valles Periglaciales. El relieve es accidentado, con valles profundos, de gran longitud, angostos y con vertientes de fuerte inclinación. El relieve se encuentra interrumpido por algunos cauces de ríos de pendientes moderadas y algunos picos dispersos. Los valles principales tienen una inclinación generalizada de sur a norte, convergiendo hacia ellos los valles afluentes. La topografía se caracteriza por relieves fuertemente ascendentes, que llegan hasta los 4,500 msnm de altitud. El área de estudio posee desniveles topográficos progresivos que varían de 200 a más de 400 metros, los cuales condicionan el desarrollo de laderas con pendientes muy variables desde 2 a 4% y planicies ubicadas al fondo de la quebrada, hasta laderas escarpadas ubicadas en las partes altas.

El área en estudio se encuentra rodeada por el Río Tingo hacia el oeste y por el Río Huallaga hacia el este, limitando por el norte con la comunidad de Yarusyacán y por el sur con la unidad minera de Milpo. El pico más alto de la zona es el Pumaratanga, el cual tiene una elevación de 4,560 msnm. A lo largo del cañón del río Huallaga, sus flancos presentan taludes de 60° y 70° de pendiente. La elevación de los depósitos de relaves de Chicrín es de 3,530 msnm y del depósito de relaves de Malauchaca es de 3,350 msnm. La concentradora se encuentra en la confluencia de la quebrada de Atacocha con el río Huallaga en una pequeña terraza producto de las deyecciones de la quebrada. Está flanqueada por faldas abruptas de los cerros rocosos. La zona del campamento de Atacocha tiene relieve con pendientes suaves a moderadas. El campamento se ubica en una hoyada con un desfogue natural por donde fluyen aguas de lluvia hacia la quebrada de Atacocha llegando finalmente al río Huallaga. La zona de Chicrín a orillas del río Huallaga, tiene también flancos de gran pendiente estando los campamentos y demás infraestructura en una franja delgada de la terraza aluvio-coluvial de dicho río. En esta zona también se ubica la central hidroeléctrica Marcopampa.

### **2.3. CLIMA Y VEGETACIÓN**

En las altas cumbres y punas del departamento de Pasco, el clima es frío y seco, pero lluvioso. En las noches, durante todo el año, se presentan mínimas temperaturas que alternan con días soleados que pueden superar los 15°C. Por ejemplo, en Cerro de Pasco, que está encima de los 4.300 metros, el clima es frío y moderadamente lluvioso, con una media anual de temperatura máxima de 12,4°C, mínima de -0,6°C y una precipitación media acumulada anual de 1.182,7 mm. En las altas punas se producen también precipitaciones sólidas en forma de nieve o granizo. Entre los meses de julio y octubre caen fuertes granizadas y nevadas, en especial en los Andes limítrofes con Lima, donde existen nieves perpetuas y se forman glaciares.

La flora y la fauna de Pasco varían en función de las distintas regiones naturales presentes en su territorio. Éstas van desde las punas hasta la selva baja, pasando por todas las regiones intermedias. Esta diversidad de ambientes crea una gran variedad de ecosistemas que hacen del departamento una importante reserva natural, la que debe ser protegida para evitar su depredación. En las zonas altoandinas existen gramíneas y rodales de queñuales, pero en mayor variedad se encuentra el ichu, planta que sirve como forraje para los animales y también como combustible después de su secado.

### **2.4. ANTECEDENTES**

Atacocha es un yacimiento con más de 70 años de trabajo, la mineralización del área ha sido conocida desde los tiempos coloniales, se conoce que la explotación inicio a partir de 1910. Compañía Minera Atacocha S.A.A. fue fundada el 8 de febrero de 1936 por los españoles Francisco Gallo Diez y Pedro Montori, siendo el organizador de la 15 empresa el ingeniero Edgardo Portaro.

En el primer año de operaciones, las actividades se concentraron en el socavón San Ramón en el Nivel 4000 con el fin de prepararlo para ser utilizado como nivel de extracción de la mina. Los trabajos de explotación desarrollados en vetas a partir del Nivel 4000 permitieron comprobar que estas vetas representaban los límites de un cuerpo mineralizado único. En 1952, se terminó la construcción del Nivel 3600 con una longitud de 2700 m el mismo que al concluirse permitió tener un nuevo nivel principal de acceso y transporte a las labores subterráneas, a la vez que facilitó la extracción y transporte del mineral a la nueva Planta Concentradora N° 2 ubicada también en Chicrín.

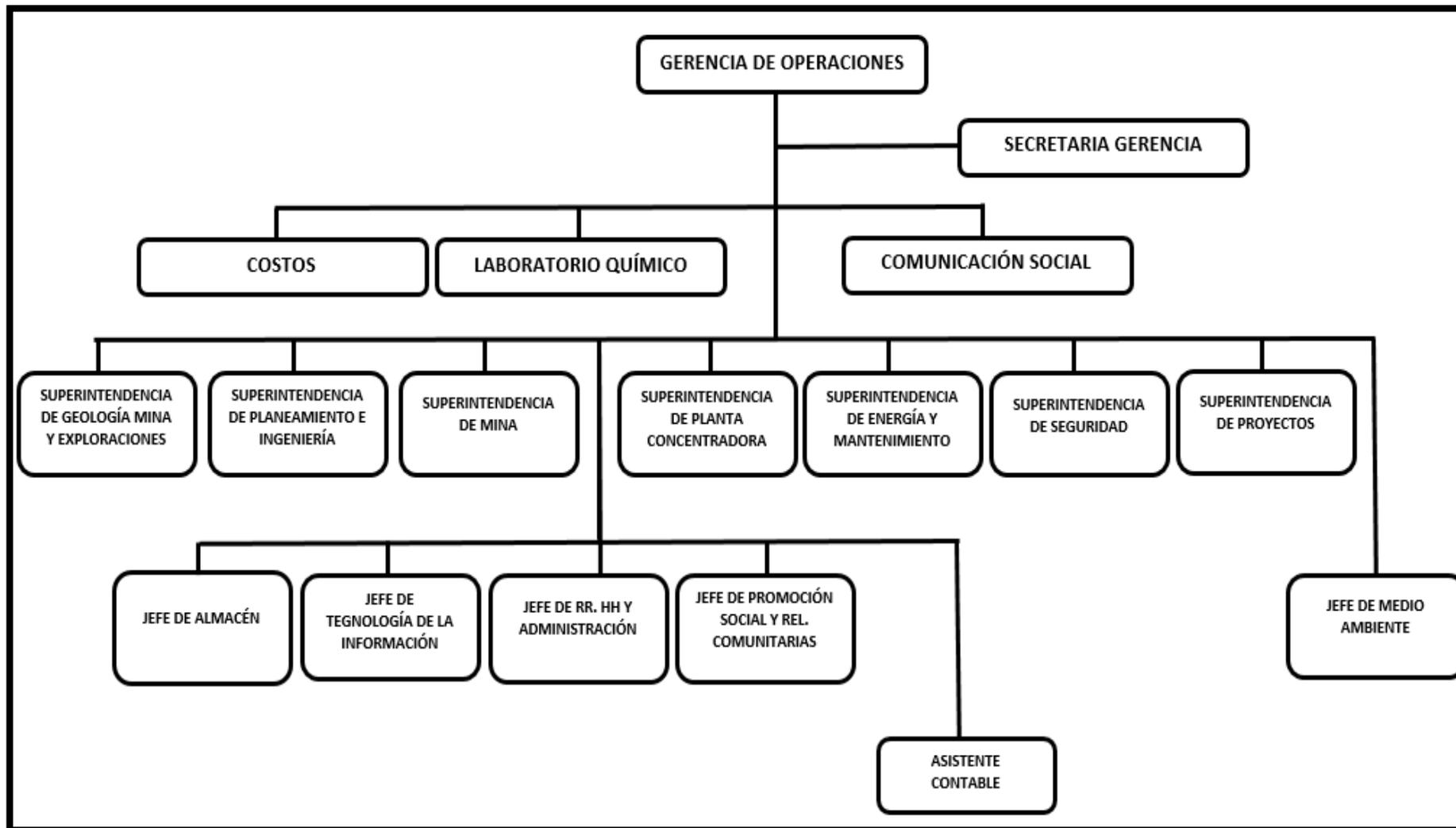
En sus inicios, los trabajos de explotación se hacían por el método de SQUART SET, pero en la actualidad es íntegramente por CORTE Y RELLENO ASCENDENTE MECANIZADO con perforación horizontal en Breasting. El 29 de octubre del año 2008, Votorantim Andina Perú S.A.C., empresa subsidiaria del Grupo VOTORANTIM, llegó a un acuerdo de compra con accionistas de la Compañía para la adquisición de acciones de la Clase A que representan el 84,54% de esta clase de acciones de la Compañía. El precio acordado fue de 0,5126 dólares por acción.

Finalmente, el 10 de noviembre del año 2008, Compañía Minera Milpo S.A.A. se convirtió en titular indirecto de 233 788,781 acciones que representan el 69,75% de las acciones Clase A del capital social de la Compañía, al haber asumido la condición de titular del 100% de las acciones de Votorantim Andina Perú S.A.C. Desde el 10 de noviembre del 2008, Atacocha forma parte del Grupo Milpo, al poseer este último el 100% de las acciones de Votorantim Andina Perú S.A.C., quién a su vez posee el 69,75% de las acciones comunes Clase A de Compañía Minera Atacocha S.A.A.

En 72 años de explotación y operación del yacimiento por la Compañía Minera Atacocha se han descubierto 22 780 740 TM de mineral, habiéndose tenido que realizar 212 km de labores horizontales y verticales. A la toma de posesión de Atacocha por parte de Milpo, a mediados de noviembre del 2008, los recursos y reservas de mineral al 31 de mayo del 2008, de acuerdo a la información entregada por Atacocha son 3 604 991 17 toneladas secas, con las siguientes leyes: Plomo 1,19 %, Zinc 5,76 %; Plata 2,17 oz/TM; Oro 0,007 oz/TM y Cobre: 0,33 %.

La compañía Milpo Andina Perú S.A.C accionista mayoritario de igual manera en la unidad El Porvenir, con objetivos de continuar creciendo como empresa conforma el complejo Pasco mediante la integración de ambas unidades de manera subterránea que ya se tiene concluida desde fines de año del 2017.

## **2.5. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA**



**Figura 1:** Organigrama de la UM Atacocha.

**Fuente:** Oficinas Mina- Atacocha.

## **CAPÍTULO III**

### **GEOLOGÍA Y GEOMECÁNICA**

El área de influencia del grupo MAPERÚ SAC, se encuentra en los andes centrales de las montañas que conforman el nudo de Pasco. Con una altitud máxima y mínima de 4600 y 4100 m.s.n.m. respectivamente, siendo la cumbre más alta el cerro Pumaratanga. Las calizas pucará son las más antiguas expuestas en el área de la mina, tanto en superficie como en los trabajos de subsuelo.

#### **3.1. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA**

La Columna Estratigráfica del distrito minero de Milpo, comprende las formaciones descritas por Jhonson y Stone quienes estudiaron detalladamente la estratigrafía de esta región.

**- Grupo Mitu (Pérmico)**

Compuesto por areniscas cuarcíferas y conglomerados.

**- Grupo Pucará o Paria (Triásico Superior-Jurásico)**

El grupo Pucará se encuentra representado por las calizas del mismo nombre genérico que se da en los sedimentos calcáreos del triásico Superior-Jurásico.

Está constituido por estratos de calizas casi verticales de rumbo N30°W y un buzamiento 85°NE, con potencias de cajas que varían desde 10 a 20 centímetros hasta 50 y 60 centímetros, de colores grises y pardo negruzco, con horizontes fosilíferos de ammonites en la base, con lamelibranquios y turrítelas en el techo. Esta caliza tiene además como características la presencia de módulos sílicos de 20 centímetros de diámetro en promedio. Su grosor en el área es de más o menos 1,300 metros.

- **Formación Goyllarisquizga (Cretáceo)**

Sobre las calizas Pucará y en discordancia angular yacen las areniscas y cuarcitas de grano fino a medio con estratificación cruzada del Grupo Goyllarisquizga del Cretáceo Inferior (M. Laughlin), que están intercaladas en la base con pequeños lechos de carbón y estratos delgados de lutitas de color verde y marrón rojizo, hacia el techo intercalaciones de basaltos, con potencias de uno a varios metros.

Al rumbo es similar al de la caliza Pucará y su buzamiento es de 45°NE. Su potencia media es de 200 a 280 metros.

- **Grupo Machay (Cretáceo Medio)**

El nombre Machay proviene del vocablo quechua que significa “cavernas”, características de estas calizas.

Yacen en conformidad sobre las areniscas Goyllarisquizga, se le asigna el Cretáceo Medio, con estratos delgados de 10 a 20 centímetros de potencia, de colores grises a gris parduzco, en la parte media contiene calizas de color gris claros con horizontes de caliza carbonosos, lutáceas y margosas masiva con restos de fósiles, se les atribuye potencia aproximada de 250 metros en la zona.

- **Basalto de Capas Rojas**

Sobre las calizas Machay se encuentra una secuencia intercalada de lutitas, lodolitas, areniscas, roo grisáceo, gris verdoso, en estratos delgados pequeñas capas de calizas de color amarillo, tufos de derrames basálticos de color rojo-violáceo.

- **Depósitos Cuaternarios**

Estos depósitos están formados por morrenas y material fluvio-glaciar, producto de una erosión glaciar moderada y de la intensa erosión actual.

Los depósitos cubren las laderas de los cerros, los fondos de los valles, no son tan extensas, pero cubren extensas áreas.

- **Rocas Intrusivas**

Según Lacy (1949), en el centro del Perú, en general se reconocen dos fases de actividad ígnea Terciaria. Una preliminar explosiva y una segunda fase intrusiva constituida por una gama de dioritas cuarcíferas, monzonitas cuarcíferas, etc., a los cuales la mineralización de los sulfuros está relacionada.

### 3.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Los procesos tectónicos reales han sido experimentalmente limitados en el laboratorio por muchos investigadores. Experimentos (con especímenes formalizados, normalizados y limitados por obstáculos), destinados a obtener plegamientos y fracturamiento (fracturas y fallas), han determinado una relación estricta entre ambos. La relación sinéctica del plegamiento con el fallamiento inverso es seguido por el desarrollo de fallamiento de cizalla y de rumbo en las fases finales del plegamiento (D. Sittler, L.U., 1962) a deformaciones de las rocas en el distrito minero de Milpo corresponde a estructuras que encajan en el “Estilo Andino”. Deformación que ha sido originada por fuerzas compresivas que en conjunto determinaron el plegamiento, levantamiento, fallamiento e intrusión del geosinclinal andino durante el fin del Cretáceo al fin de Terciario (Megard, F. 1968).

Los Movimientos Andinos (Megard) en su primera fase (Orogénesis Laramidiana) desarrollaron estructuras de “Direcciones Andinas” NW-SE la misma que fue reactivada por los posteriores.

#### - **Estructuras Locales**

El área del yacimiento de Milpo, se caracteriza estructuralmente por; un sinclinal de rumbo Norte – Sur aproximadamente, cuyo eje está buzando hacia el Oeste y una falla regional longitudinal Milpo – Atacocha de rumbo Norte – Sur, el fallamiento secundario es intenso, fallas que han sido reconocidas en trabajos de subsuelo de la mina, como también algunas han sido mapeadas en superficie.

#### - **Plegamientos**

La estructura más importante que se observa en varios kilómetros, es el sinclinal fallado en su flanco este (Falla Atacocha), tiene un rumbo N-S promedio y su buzamiento es ligeramente al Oeste.

Los estratos que se encuentran al Este de la Mina tiene un rumbo N30°W con 85°NE de buzamiento.

#### - **Fallamientos**

Regionalmente aflora una zona de falla que se extiende a varios kilómetros al Norte y Sur, su posición está bien marcada topográficamente; ha sido reconocido en subsuelo (galería 0128W y galería 0162W), es inverso, es decir se ha hundido el

piso con respecto al techo. Esta falla denominada “Falla Atacocha”, puede ser pre mineral.

### LEYENDA

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES SEDIMENTARIAS, VOLCANICAS METAMORFICAS		UNIDADES INTRUSIVAS	
			SIMBOLOS	DESCRIPCION	SIMBOLOS	HIPABASALES
CENEZOICA	NEOGENO	Mioceno	Nm-r	Volcanico Rumllaca		
	PALEOGENO				Po-rda	Riodacita
MESOICA	CRETACEO	Superior	KP-ca	Formación Casapalca		
		Inferior	KI-ch	Formación Cholle		
			KI-g	Grupo Goyllarisqulzga		
	JURASSICO	Inferior	TrJ-pa	Grupo Pucara		
			J-a	Grupo Pucara		
			J-c	Grupo Pucara		
			Tr-ch	Grupo Pucara		
PALEOZOICA	PERMICO	Superior	Ps-m	Grupo Mitu		
	DEVONIANO	Superior	SD-ms	Grupo Excelsior		
	NEOPROTEZOICO		Pe-cm			

**Figura 2:** Cuadro estratigráfico de Atacocha.

**Fuente:** Área de Geología - Atacocha.

### 3.3. GEOLOGÍA ECONÓMICA

En relación a las estructuras mineralizadas, Atacocha presenta diversidad de acuerdo a profundidad respecto a superficie y fracturas o fallas que se encuentre; principalmente constituido con vetas angostas hasta potencias de 5 metros, cuerpos mineralizados en forma de bloques tabulares los cuales favorecen el proceso de explotación y recuperación casi total.

#### **Yacimiento**

La mineralización en el distrito minero de Milpo UM Atacocha se presenta hacia el lado Este, un sistema de cuerpos irregulares y hacia el Oeste un sistema de vetas.

Las vetas tienen un rumbo aproximadamente perpendicular a la falla Atacocha; el buzamiento de las vetas es de 60° a 80° NW, siendo las vetas principales de este sistema de N°6 y N°7.

Los minerales que se presentan, en el sistema de vetas, son minerales de plata, plomo y zinc. La mineralización es el relleno de fracturas por soluciones hidrotermales.

La mineralización de los cuerpos irregulares se encuentra en el lado Este a la falla Atacocha en el contacto de las calizas Pucará con el intrusivo Milpo. En las zonas de skarn mayormente. Los minerales que se presentan son de pirita, galena (con valores de plata) y calcopirita, este último es de porcentaje muy bajo. La mineralización fue remplazada por soluciones hidrotermales, que reemplazaron a las calizas y al skarn en los contactos caliza intrusivo.

#### **- Tipos de yacimientos**

Los tipos de yacimientos o cuerpos mineralizados están determinados por la forma y composición de las intrusiones dioríticas, está relacionado genéticamente a los cuerpos mineralizados, los diques están relacionados con la vetas, los sills tienen algo de mineralización, generalmente se encuentra en forma de lentes pequeños constituidos por blenda y galena, esta última enriquecida en plata denominándose galena argentífera, haciéndose presente también la pirita, calcita y el cuarzo en proporciones menores.

Minerales de mena presentes en las estructuras se detalla a continuación:

- Galena  $PbS_2$
- Esfalerita  $ZnS$

- Tetraedrita  $(\text{Cu,Fe})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$

Minerales de ganga presentes en las estructuras se detalla a continuación:

- Cuarzo  $\text{SiO}_2$
- Pirita  $\text{FeS}_2$

### **3.4. EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL CRUCERO DE INTEGRACIÓN**

El estudio geomecánico se desarrolló a lo largo del proceso constructivo del cruce de integración entre ambas unidades mineras, la finalidad netamente garantizar la estabilidad debido a la profundidad que se encuentra dicho laboreo respecto a superficie que son aproximadamente 850 metros de encampane. Las condiciones geomecánicas se hacen desfavorables, lo cual implica una potencial inestabilidad en dicha labor, en ese sentido fue necesario realizar voladuras controladas tanto en techos como hastiales, por tal efecto se optó por la aplicación del “Smooth Blasting” o voladura controlada.

La evaluación geomecánica obviamente influye de manera significativa para poder hacer realidad dicho laboreo como un proyecto que será utilizado como una labor permanente, luego de las evaluaciones en aspecto geomecánico y aprovechando algunos datos del área de geología obtenidos por algunos taladros diamantinos ejecutados en direcciones cercanas al proyecto se detalla a continuación el análisis geomecánico.

#### **3.4.1. SISTEMA DE EVALUACIÓN GEOMECÁNICA**

La caracterización geomecánica aplicada en la mina Atacocha, está basada en la aplicación del GSI (Índice de Resistencia Geológica), el cual además es aplicado en las diferentes labores de operaciones actualmente. De acuerdo a la zonificación geomecánica.

Las características geomecánicas de acuerdo a la tabla GSI del macizo rocoso en el cruce de integración predominante es de tipo MF/R Moderadamente Fracturado Regular (roca de mediana calidad geotécnica); en cuanto a los factores influyentes prácticamente no son de consideración a excepción de manera puntual que se presentó las orientaciones de las discontinuidades, lo que indica en cuanto a clasificación geomecánica de Bieniawski o RMR (Rock

Mass Rating) con un mínimo de 52 de RMR de valoración entre un rango superior 60 de valoración.

Los detalles de acuerdo la tabla GSI (Índice de Resistencia Geológica) se muestra a continuación.

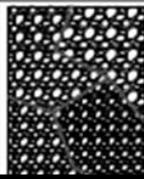
<b>RECOMENDACIÓN DEL TIPO DE SOSTENIMIENTO EN FUNCIÓN DEL ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA (GSI)</b> <b>MINA ATACOCHA</b> <b>LABORES PERMANENTES (DE 4.6 x 4.0 m A 7.0 x 7.0 m)</b>					
<b>LABORES PERMANENTES (DE 4.6 x 4.0 m A 7.0 x 7.0 m)</b>  Perno Helioidal/ Hydrabolt sistemático 1.6m x 1.6m  Malla a 1.6 m del piso + Perno helioidal/ Tipo swelllex  Shotorete 2" øT + P. Helioidal/ Tipo swelllex sist. a 1.6m x 1.6m  Shotorete 3" øT + P. Helioidal/ Tipo swelllex sist. a 1.2m x 1.2m  Shot. 2" + Malla + P. Helioidal/ Tipo swelllex + Shot. 1"  Cimbras metálicas		<b>CONDICIÓN SUPERFICIAL</b> <b>BUENA (MUY RESISTENTE LEVEMENTE ALTERADA)</b> DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACIÓN, LIGER. ABIERTA (Rc 100 A 250 MPa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA) <b>REGULAR (RESISTENTE Y LEVEMENTE ALTERADA)</b> DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTA (Rc 50 A 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA) <b>POBRE (MODERAD. RESISTENTE Y MODERAD. ALTERADA)</b> SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRIACIONES, MUY ALTERADA, RELLENO BITUMINOSO O CON FRAGMENTOS DE ROCA, (Rc 25 A 50 MPa) (INDENTA SUPERFICIALMENTE) <b>MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA)</b> SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRIACIONES, MUY ALTERADA, RELLENO ARCILLOSO O CON FRAGMENTOS DE ROCA, (Rc <5 MPa) (SE DISGREGA CON GOLPE DE PICOTA)			
<b>LABORES TEMPORALES (DE 4.6 x 4.0 m A 10.0 x 6.0 m)</b>  Perno Split set sistemático 1.6m x 1.6m  Malla a 1.6 m del piso + Perno Split set  Shotorete 2" øT + P. Split set sistemático a 1.6m x 1.6m  Shotorete 3" øT + P. Split set sistemático a 1.2m x 1.2m  Shot. 2" + Malla + P. Split set + Shot. 1"  Cuadros de madera/ Aros noruegos					
<b>CONDICIÓN ESTRUCTURAL</b>					
	<b>MODERADAMENTE FRACTURADA (F)</b> MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. RQD 50-75 (6 A 12 FRACTURAS POR METRO)	70 F/B	F/R	—	—
	<b>MUY FRACTURADA (MF)</b> MODERADAMENTE TRABADA PARCIALMENTE DISTURBADA BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (RQD 25-50) (12 A 20 FRACTURAS POR METRO)	60 MF/B	50 MF/R	MF/P	—
	<b>INTENSAMENTE FRACTURADA (IF)</b> PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (RQD 0-25) (MAS DE 20 FRACTURAS POR METRO)	—	40 IF/R	30 IF/P	IF/MP
	<b>TRITURADA O BRECHADA (T)</b> MACIZO ROCOSO EXTREMADAMENTE FRACTURADO CON BLOQUES ANGULOSOS Y REDONDEADOS CON ALTO CONTENIDO DE FINOS. (RQD = 0)	—	—	20 T/P	T/MP

Figura 3: Tabla de Índice de Resistencia Geológica (GSI) 1-2.

Fuente: Área de Geomecánica – Atacocha.

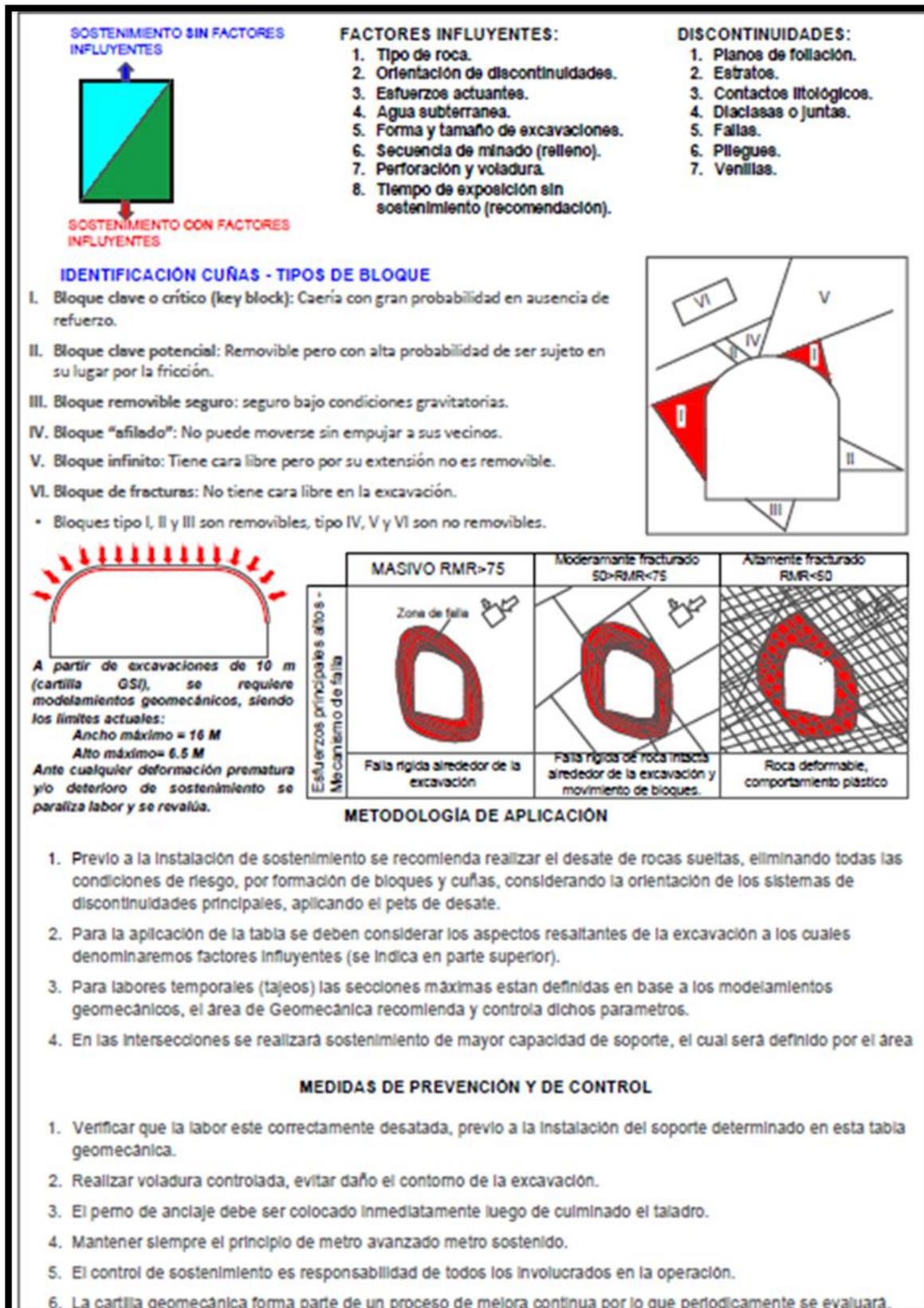


Figura 4: Tabla de Índice de Resistencia Geológica (GSI) 2-2.

Fuente: Área de Geomecánica – Atacocha.

De acuerdo al análisis mediante las tablas GSI mostradas anteriormente se concluye que el tipo de sostenimiento que deben usarse en la excavación de manera predominante es con Shotcrete 2” más pernos helicoidales espaciados 1.6 m por 1.6 m intercalados en forma de rombo tanto hastiales como techo del laboreo; cabe mencionar que puntualmente se realizó sostenimiento con Shotcrete 3” más perno helicoidal sistemático de 1.20 por 1.20 m de espaciamiento cuando el terreno presentaba mayor alteración y mayores factores influyentes principalmente las orientaciones de las discontinuidades.

Considerando el valor del RMR para el valor más bajo que es 52 la abertura máxima permisible resulta.

- Se determina el Q de Barton a partir de la siguiente relación:

$$Q = e^{\frac{RMR-44}{9}}$$

Donde Q resulta:

$$Q = 2.44$$

Conociendo el valor de  $Q$ , se requiere determinar la Abertura Máxima sin Sostenimiento mediante la siguiente ecuación:

$$Claro (m) = 2 \times ESR \times Q^{0.4}$$

Donde:

ESR	Tipo de excavación
3 - 5	Excavaciones mineras temporales
1.6	Excavaciones mineras permanentes
2 - 3	Excavaciones verticales
1.3	Túneles carreteros y ferroviarios
1.0	Casas de fuerza y túneles acueductos
0.8	Estaciones de energía nuclear

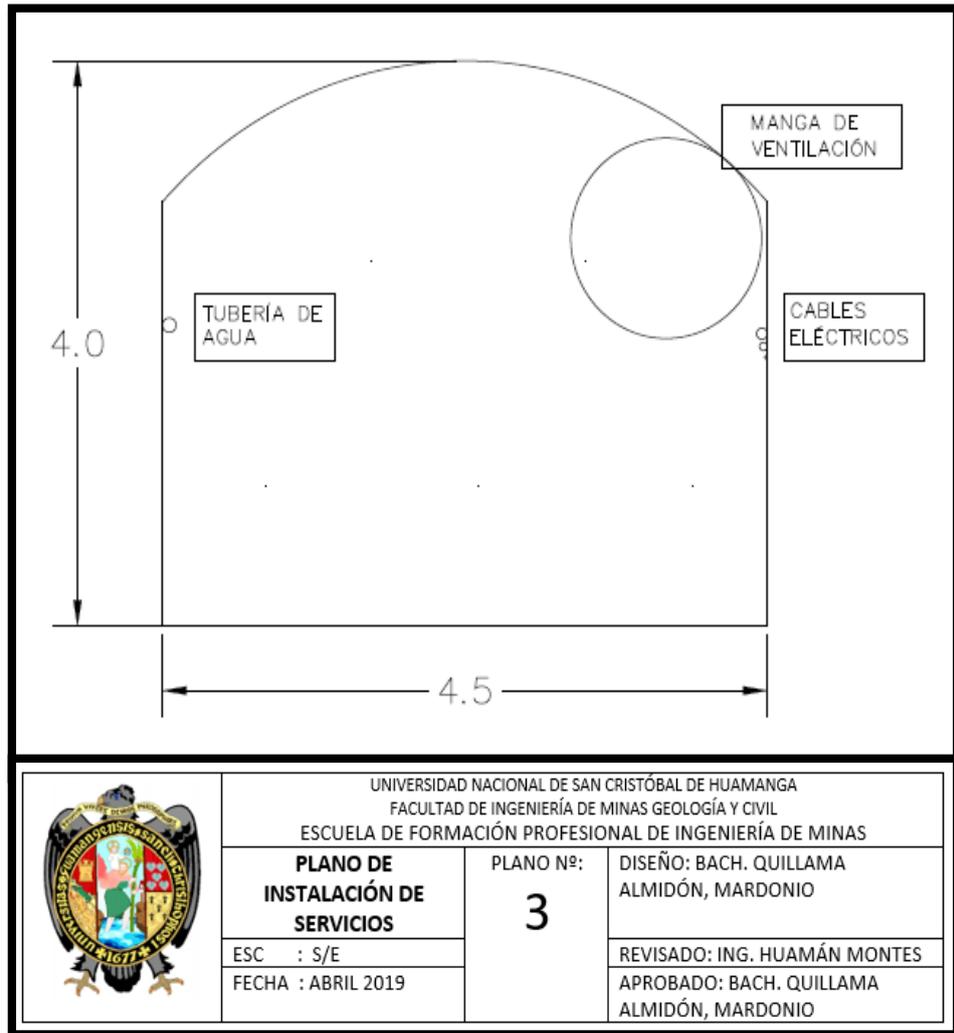
**Figura 5:** Factor de Reducción de Esfuerzos (ESR) de acuerdo al tipo de excavación para Q de Barton.

Por ser nuestro análisis para una **labor permanente** entonces corresponde una valoración de **ESR = 1.6** según la tabla anterior.

Entonces reemplazando los datos obtenidos hasta el momento se tiene que, la abertura máxima o claro máximo (m):

$$\text{Claro (m)} = 2 \times 1.6 \times 2.44^{0.4} = 4.57 \text{ m}$$

En consecuencia, el ancho del crucero de **4.50 m** elegido es correcto de acuerdo a la evaluación geomecánica.



**Figura 6:** Plano sección transversal crucero de integración Atacocha - El Porvenir.

**Fuente:** Área de Planeamiento – Atacocha.

El croquis anterior representa a una sección transversal del crucero de integración de ambas unidades mineras en estudio; el plano en una vista en planta se contempla en el acápite de anexos al final del presente.

El tiempo de auto soporte para la abertura (4.5 m) varía de acuerdo al RMR del macizo rocoso; sin embargo, se realiza los análisis de acuerdo a la criticidad, es decir, se está extremando al tipo de roca más desfavorable que tiene **RMR**

= 52 de valoración. A manera de ejemplo se presenta los siguientes datos de la misma sección máxima (4.5m) pero a los valores mínimo y máximo de RMR=52 y RMR=70 respectivamente luego de la interpretación del Ábaco de Tiempo de sostén y claros sin ademe, para las diferentes calidades de roca en el sistema del CSIR según Bieniawski.

ABERTURA (m)	RMR	TIEMPO
4.50	52	135 hr =5.83 días
4.50	70	14000 hr =1.58 años

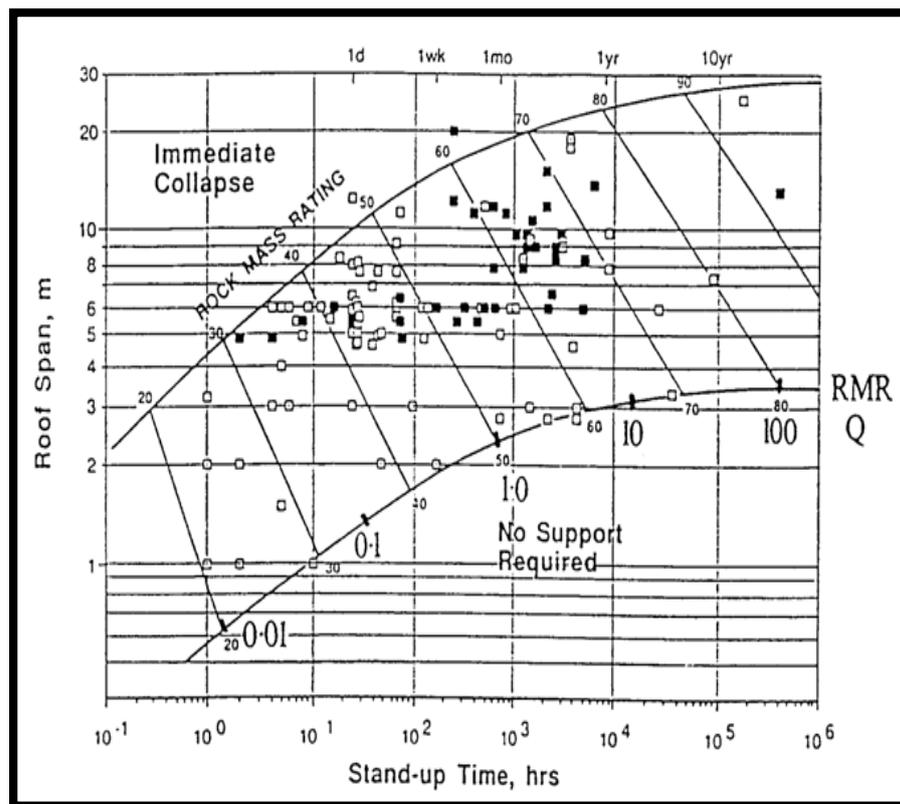


Figura 7: Ábaco de Tiempo de sostén y claros sin ademe según Bieniawski.

Fuente: E. Hoek & E.T. Brown.

### 3.4.2. RESULTADOS DE GEOMECÁNICA

En conclusión, los tramos de roca con RMR = 52 deberán ser reforzados con pernos helicoidales sistemáticos espaciados a 1.6 m en forma de rombo tanto en hastiales como también en techos más Shotcrete de 2” y puntualmente en donde los factores influyentes se encuentran presentes como ya se mencionó la orientación de las discontinuidades principalmente se debe de reducir la malla de espaciamiento hasta 1.20 metros más 3” de espesor del Shotcrete.

## **CAPÍTULO IV**

### **EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA**

Actualmente el sistema de transporte utilizado en ambas unidades mineras es mediante la combinación de dos o más sistemas de acuerdo a la zona y desnivel, distancia a transportar. Dentro de las operaciones unitarias que corresponden al ciclo de minado, en toda industria minera el transporte y acarreo del material explotado requiere ser desplazado desde un punto inicial hacia algún destino, esto dependiendo si es material económico (mineral) o no (desmante) bien hacia las plantas de tratamiento o hacia los echaderos de desmante respectivamente; en ese sentido, debido a la necesidad que se presentará entre mediano y largo plazo en la UM Atacocha de transportar parte del mineral desde sus labores de explotación hacia uno de sus echaderos en interior mina de la UM El Porvenir se realiza el análisis técnico económico en el transporte de mineral para dicho tramo.

#### **4.1. SISTEMA DE TRANSPORTE SUBTERRÁNEO**

Los sistemas actualmente empleados para el transporte de mineral en Atacocha son de manera secuencial mediante la combinación de más de dos medios de transporte:

- Mediante locomotoras y carros mineros
- Mediante volquetes
- Mediante fajas transportadoras
- Izaje

Para la elección de uno de los medios de transporte se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Volumen de producción
- Distancia
- Costo
- Vida de la mina

- Topografía

En función a ellos se determinará el más conveniente en términos de costos y operacionalmente.

## **4.2. EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE**

Actualmente existen varios medios de transporte de material en mina principalmente en las mineras mecanizadas, debido a su diseño de sus labores, profundización de sus operaciones, otros; es posible incluso optar por la combinación de dos o más sistemas de transporte para lograr la eficiencia y rentabilidad que busca toda empresa.

Para el proyecto en evaluación, se requiere optar un sistema de transporte únicamente para el tramo que está en evaluación, es decir, desde las cámaras de carguío en las zonas mineralizadas de la UM Atacocha ubicadas en el nivel 3300 (zona actual de las operaciones) hacia el echadero de mineral más cercano de la UM El Porvenir que es el OP-05 ubicado en el nivel 3370 obviamente que sea eficiente y rentable; la evaluación se realiza solamente para dicho tramo debido a que actualmente ya se cuenta definido su sistema de transporte en la UM El Porvenir a partir de sus OP principales hacia su planta de tratamiento que consiste, transportar mediante carros mineros hacia una tolva principal del cual se iza el mineral por el pique principal de extracción que es el PQ Picasso.

Se analiza cada uno de los sistemas de transporte a continuación identificando las ventajas y desventajas en cada uno de ellos y finalmente optar el más conveniente de acuerdo a la evaluación técnica y económica.

### **4.2.1. TRANSPORTE MEDIANTE LOCOMOTORAS Y CARROS MINEROS**

Este sistema es aplicable en distancias largas y casi horizontales con pendiente máxima de 1%, debiendo las locomotoras operar con la instalación a Trolley y los carros ser tipo Gramby para lograrse mayor producción debido a que trabajan en grupos de carros mineros de hasta 8 unidades dependiendo de la capacidad de la locomotora y acarreado hasta 7 toneladas cada carro minero; es decir, es posible en cada ciclo o viaje transportar 56 toneladas en condiciones normales.

Este sistema no se puede aplicar en razón de que el nivel de transporte en la Mina Atacocha se halla en el nivel 3300 y en El Porvenir en el nivel 3370 y

existe un desnivel de 70 metros y la locomotora opera en gradiente positiva en 0.5 % y por lo tanto en una distancia de 2,000 m. solo subiría 10 m.

a) Ventajas

- Costo de transporte por cada tonelada mínimo (0.40 \$/Ton)
- Velocidad de transporte promedio de 08 Km/hr
- Ritmo de transporte por ciclo 56 Ton/ciclo

b) Desventajas

- Requiere instalación de infraestructura a lo largo de la ruta de transporte tanto Cauville como Trolley.
- No es posible aplicar este sistema en pendiente superior a 3%.
- Requiere espacio de manera permanente para sus instalaciones de infraestructura.



**Figura 8:** Instalación Línea Trolley y Cauville para transporte mediante locomotoras.

#### 4.2.2. TRANSPORTE MEDIANTE FAJAS

Es uno de los sistemas baratos de transporte, el inconveniente para optar este medio es que requiere de infraestructura continua a lo largo del crucero de integración, el desnivel que se tiene en la ruta no sería un inconveniente puesto que las fajas normalmente trabajan en pendientes de hasta 18%, en caso se optara las fajas además de acondicionar la infraestructura en todo el trayecto limitaríamos el acceso de vehículos o equipos puedan transitar por dicho crucero, como se mencionó la integración no fue netamente ejecutada como

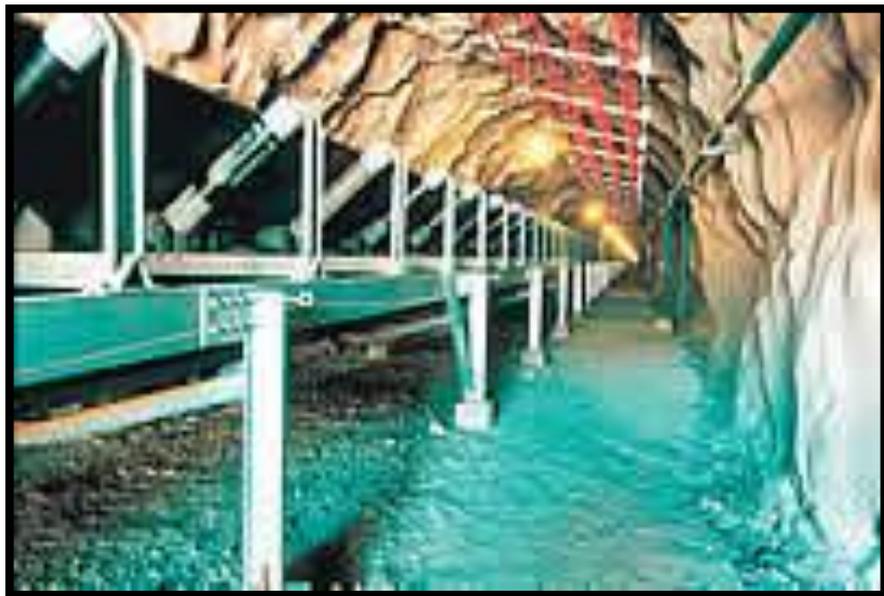
una ruta de transporte, sino, otras como ya se explicó anteriormente. Por el momento la empresa no considera este medio de transporte.

a) Ventajas

- Costo de transporte por tonelada mínimo (0.60 \$/Ton)
- Velocidad de transporte promedio de 10 a 12 Km/hr
- Aplicable a condiciones de desnivel hasta 18% normalmente para material granulado.

b) Desventajas

- Requiere infraestructura continua mediante postes, rodillos y/o polines, motores y netamente las fajas.
- Por ser un sistema continuo, si se presenta algún desperfecto paraliza toda la extracción.
- Requiere de igual manera un espacio fijo de aproximadamente 2.5m de ancho a lo largo del crucero de integración.



**Figura 9:** Representación fotográfica de instalaciones para transporte mediante fajas.

#### 4.2.3. TRANSPORTE MEDIANTE VOLQUETES

Este sistema es el más factible que se adecua a las condiciones subterráneas tanto de la mina Atacocha como El Porvenir pendiente, sinuosidades de la ruta en algunos puntos, no restringe el tránsito de equipos y vehículos en la ruta de traslado, otros.

a) Ventajas

- Medio de transporte aplicable hasta 15% de pendiente con normalidad.
- No requiere instalación alguna en la ruta de transporte.
- Fácilmente manejable en caso haya desperfectos con algún equipo de la flota.
- Rendimiento de transporte por ciclo de hasta 25 Ton/viaje (6 equipos)

b) Desventajas

- Respecto a seguridad emanación de monóxido, ruido, equipo pesado en movimiento.
- Costo de transporte para la distancia en estudio aproximadamente 0.87 \$/Ton.
- Velocidad variable en función a las condiciones de vías y tráfico en la ruta de transporte.

Luego de la evaluación técnica procedemos a realizar la evaluación técnica a detalle del proceso constructivo del crucero de integración más el transporte mediante volquetes en los siguientes ítems:

**A. Volumen de mineral a transportarse**

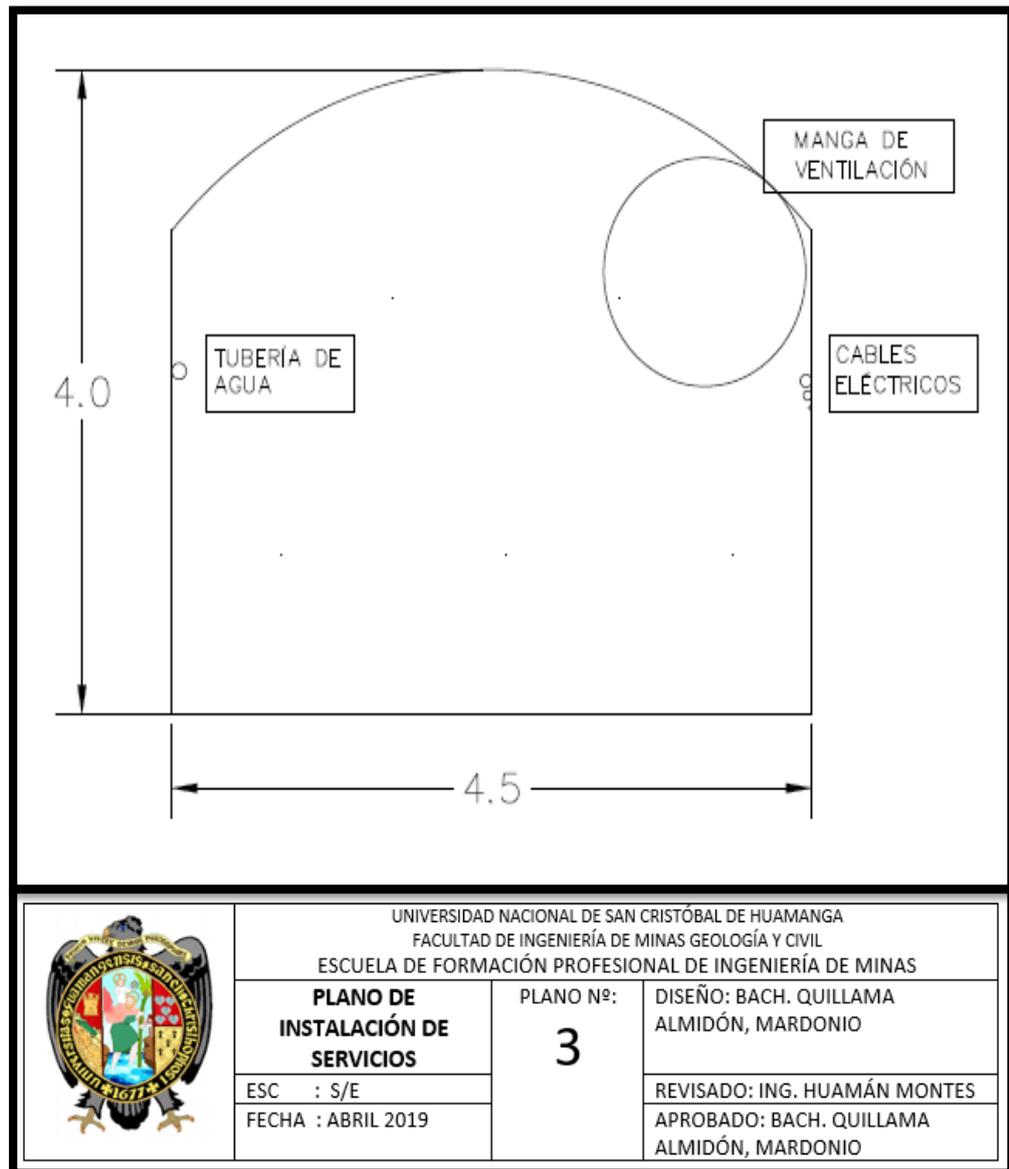
El proyecto propone el transporte de mineral entre las unidades de Atacocha y El Porvenir que tendrá una distancia entre 2000m y 3500m, sección de 4.50 x 4.00 m a lo largo de todo el crucero con una gradiente entre 1% a 12% como máximo en zonas que aproximan un 25 a 30 % de toda la ruta debido al desnivel de 70m entre el punto de carga y descarga con volquetes.

Las variables tomadas en cuenta para el cálculo fueron las siguientes:

- Producción diaria de mineral a trasladar = 2000 TMD
- Producción por guardia: 1000 TM
- 8 horas/ guardia de operación efectiva.

**B. Diseño de crucero de integración Atacocha y el Porvenir**

El crucero de integración tiene un ancho de 4.50 m. y un alto de 4.00 m. y fue excavado mayoritariamente en roca de RMR entre 52 a 70 de valoración, es decir, calidad regular a buena.



**Figura 10:** Sección Transversal del crucero de integración Atacocha - El Porvenir.

### 4.3. CONSTRUCCIÓN DEL CRUCERO

La construcción del laboreo de integración entre las unidades mineras involucró necesariamente el ciclo completo de las operaciones unitarias, es decir: Perforación, Voladura, Limpieza, Desate, Sostenimiento (avance y sacrificio), Ventilación; con supervisión periódica antes de cada proceso y/o etapa del ciclo de minado.

#### 4.3.1. PERFORACIÓN Y VOLADURA

**a. Número de taladros (N):**

Sección de crucero:

$$A1 = 3.42 \text{ m}^2$$

$$A2 = 13.00 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total} = 16.42 \text{ m}^2$$

$$P = \sqrt{16.42 \times 4} = 16.21$$

Para nuestro caso  $C = 2$      $dt = 0.55 \text{ m}$ .

$$Nt = \frac{16.21}{0.55} + (2 \times 16.42) = 62.31 \text{ taladros}$$

$$N = k (F \times S)^{0.5}$$

Donde N: número de taladros cargados

K: coeficiente del valor de  $\Phi$  del ángulo de fricción.

K = 2.00 para  $\Phi$  alto

K = 2.70 para  $\Phi$  bajo

S: área de la sección ( $\text{m}^2$ )

F: factor de resistencia

F	GRADO DE DUREZA
20	Muy dura
15	Dura
10 – 8	Semidura - suave
6 – 4	Muy suave

$$N = 2.21 (20 \times 16.42)^{0.5}$$

$$N = \mathbf{40 \text{ taladros de producción}}$$

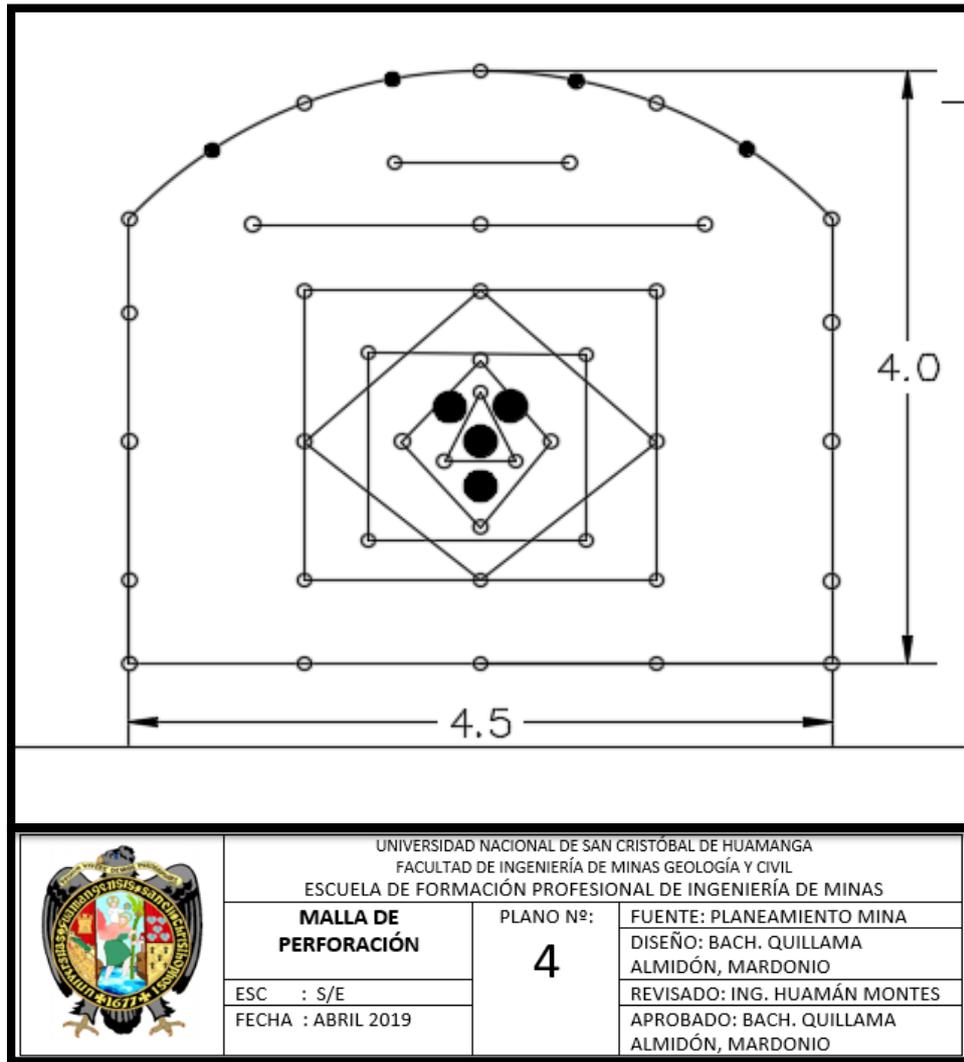


Figura 11: Malla de perforación del cruce de integración Atacocha - El Porvenir.

**b. La cantidad de explosivo (Qt):**

Longitud taladro = 14' = 4.26 m.

Qe específica (Kg/m):

$$Qe = \rho \times D \times e^2 \times 0.507$$

El tipo de explosivo a utilizarse es: Emulsión como Cebo (iniciador)

Peso cartucho = 280 gr.

Total, peso emulsión = 0.28 Kg x 40 = 11.2 Kg.

Examon p en carga de columna.

Donde:

$\rho$  = densidad del explosivo, Examon = 0.82 gr/cm<sup>3</sup>

De = diámetro taladro (pulg) = 45 m.m. = 1.77"

Qe = 0.82 x 1.77<sup>2</sup> x 0.507 = 1.30 Kg/m

Longitud taladro efectiva = 3.80 m.

Longitud carga =  $0.67 \times L \Rightarrow 0.67 \times 3.80 \text{ m.} = 2.55 \text{ m.}$

Carga por taladro =  $2.55 \text{ m.} \times 1.30 \text{ Kg/m} = 3.31 \text{ Kg}$

Carga total frente =  $3.31 \text{ Kg} \times 40 \text{ tal} = 132.4 \text{ Kg.}$

Cantidad se tiene que distribuir como se indica a continuación:

**Tabla 4.1**  
*Distribución de carga explosiva*

SECUENCIA	TALADRO	CANTIDAD	EMULSIÓN	EXAMON	T. EXAM.
Nº	DESCRIPCIÓN	TALADROS	KG/TAL.	KG/TAL	KG
1	Corte/Arranque	3	0.28	3.31	9.93
2	1ra. Ayuda	4	0.28	3.31	13.24
3	2da. Ayuda	4	0.28	3.31	13.24
4	3ra. Ayuda	4	0.28	3.31	13.24
5	4ta. Ayuda	4	0.28	3.31	13.24
6	Hastiales	6	0.28	2.5	15
7	Ayuda corona	3	0.28	3.31	9.93
8	Sobre ayuda	2	0.28	3.31	6.62
9	Corona	5	1.58	0.00	0.00
10	Arrastre	5	2.8	0.00	0.00
11	Cuneta	1	0.28	0.00	0.00
	<b>TOTAL:</b>	<b>41</b>			
	Alivio (corte)	4			
	Alivio (corona)	4			

**c. Factor de carga:**

Área = 16.42 m<sup>2</sup>

Volumen = 16.42 m<sup>2</sup> x 3.8 m. = 62.39 m<sup>3</sup>

Explosivo a utilizarse por disparo = 2.8 + 132.4 = 135.2 Kg

$F_c = \frac{\text{Kg explosivo}}{\text{Volumen}} = \frac{135.2}{62.39} = 2.17 \text{ Kg/m}^3$

$F_c = 2.17 \text{ Kg/m}^3$

**4.3.2. LIMPIEZA**

La limpieza del material producto de la voladura será mediante un Scooptram de 6 yd<sup>3</sup> modelo R1600G el cual facilita y agiliza las operaciones para el cumplimiento de los programas y realizar las voladuras incluso en ciclo completo por cada guardia.

### 4.3.3. SOSTENIMIENTO

El tipo de sostenimiento estará acondicionado por el tipo de terreno a encontrarse, para la roca tipo I se utilizará pernos mecánicos (Split Set y Pernos Helicoidales), para el tipo II Shotcrete de  $e=2''$  más pernos Helicoidales de manera sistemática con espaciamiento de malla o cocada 1.6 como ya se especifica en el capítulo anterior de acuerdo a la evaluación geomecánica con el apoyo de un equipo Small Bolter 88 (equipo instalador de pernos).

### 4.3.4. VENTILACIÓN Y DRENAJE

La ventilación durante la etapa constructiva será realizada por una ventiladora de 60,000 CFM que satisfaga los requerimientos de aire para el personal, dilución de gases producto de la voladura y para los equipos Diésel que trabajan durante el proceso constructivo del crucero de integración. En el nivel 3370 y en tramo del crucero no se observa la presencia de agua; sin embargo, para prevenir se dispondrá de una bomba de alivio de 15 HP y el agua discurrirá por la cuneta ya generada de acuerdo al avance en positivo.

## 4.4. TRANSPORTE MEDIANTE VOLQUETES

### 4.4.1. ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE CON VOLQUETES

El transporte mediante volquetes se realizará desde los cuerpos mineralizados como son Veta 27, Praderas Basconia, San Gerardo, Izamar, otros de Atacocha todos ubicados en el nivel 3300 a través del crucero 934 en una longitud de 885.04 m. de aquí se continuará mediante una rampa recta con 12% de gradiente de longitud de 210.5 m. que es el límite entre la Mina Atacocha y El Porvenir de este punto se continuará por el crucero 996 que espacialmente corresponde a territorio de la mina El Porvenir cuya longitud es de 904.46 m. hasta llegar al echadero (Ore Pass 05).

**Tabla 4.2**  
*Análisis de distancia*

NIVEL	RECORRIDO DEL VOLQUETE (Constante)	DISTANCIA (m)
3300	CX-934 de 4.5 x 4m. de 1%	885,04
3300-3370	Rampa (+) 4.5 x 4 m. de 12%	210,50
3370	CX-996 de 4.5 x 4m. de 1%	904,46
3370	Echadero N° 05	
	Total	2,000

Esta distancia es la que se mantendrá constante sin considerar los avances ejecutados mensualmente y las distancias que existen entre los puntos de carguío, es decir, desde las cámaras de acumulación de mineral cercanas a los tajos de explotación hacia el punto inicial del cruce de integración como es el cruce 934, sin embargo, se considera para los cálculos una distancia de 2.5Km metros como valor mínimo y un máximo de 4 Km por si se presenta algún inconveniente en la ruta normal de tránsito de recorrido de volquetes. En ese sentido consideramos el valor extremo superior para los cálculos de flota de equipos, rendimientos, otros.

De acuerdo a la sección del cruce por donde será transportado el mineral, se recomienda utilizar los camiones de hasta 25 toneladas de capacidad; dentro del mercado el más recomendable para la actualidad por factores operacionales, repuestos y resistencia a las condiciones de interior mina y seguridad serían los volquetes FMX 480 I-Shift o mecánicos de la marca Volvo.

#### 4.4.2. RENDIMIENTO DEL SISTEMA

##### a. Producción teórica (Pt):

La producción teórica está definida como el volumen o peso producido por la unidad de operación:

$$Pt \text{ (Ton/hr)} = Q(\text{Ton/viaje}) \times C(\text{viajes/hr})$$

**Q:** capacidad nominal equipo (TM)

**C:** tiempo de ciclo de acarreo (min).

$$C = T_v + T_f \times \%E_f$$

**T<sub>v</sub>** = Tiempo variable (ida más retorno) en función del tráfico vehicular y condiciones de vía.

**T<sub>f</sub>** = Tiempo fijo (de giro, posicionamiento de carga y descarga, pesada balanza con carga y sin carga se considera demoras).

Tiempos de demora (T<sub>b</sub>):

Pesado de balanza (min.) = 1.50

Destare balanza (min.) = 1.50

Total (min.) = 3.00

Resumen tiempos acarreo volquetes considerados para 4Km de distancia de acarreo:

**Tabla 4.3**  
*Análisis de tiempo*

DESCRIPCIÓN	DURACIÓN
Tiempo de acarreo (Ta) minutos	26
Tiempo de retorno (Tr) minutos	22
Tiempo de giro (Tg), minutos	2
Tiempo de carga (Td), minutos	4
Tiempo de descarga (Tc), minutos	3
Tiempo de demora (Td), minutos	3
Total en minutos	60 minutos

Tiempos variables  $T_v = T_a + T_r$

$$T_v = T_a + T_r = 26 + 22 = \mathbf{48 \text{ min}}$$

Tiempos fijos  $T_f = T_g + T_c + T_d + T_b$

$$T_f = 2 + 4 + 3 + 3 = \mathbf{12 \text{ min}}$$

$$\mathbf{\text{Tiempo Ciclo (Tc) = 60 min}}$$

**b. Productividad teórica volquete:**

Capacidad nominal volquete = 25 Ton/Viaje

Ciclo total = 60 min.

$$N^\circ \text{ Ciclos/hr} = 60/T_c = 60/60 = 1$$

Producción teórica TM/hr = 25 TM/ciclo x 1 ciclo/hr = 25 Ton/hr.

Los datos antes mostrados son en condiciones normales, es decir, sin considerar inconvenientes en el proceso o transcurso del acarreo; se muestra a continuación datos considerando un factor de eficiencia.

**c. Productividad máxima de acarreo:**

Productividad máxima de acarreo

$$\frac{TM}{hr} = \frac{60 * e * Q}{T_c}$$

Dónde: e = eficiencia de trabajo (retrasos variables en %) = 85 %

Q = Capacidad nominal volquete (Q) = 25 TM

Tc = Tiempo Ciclo

Productividad Máxima acarreo

$$\frac{TM}{hr} = \frac{60 * 0.85 * 25}{60} = 21.25$$

$$\frac{TM}{hr} = \mathbf{21.25}$$

**d. Flota de volquetes (N° Vq):**

Transporte por guardia de mineral = 1000 Ton/Gdia.

Producción diaria volquetes = 21.25 Ton/hr x 8 hr/Gdia = 170 Ton/Gdia.

$$N^{\circ}Vq = \frac{1000}{170} = 5.88$$

$$N^{\circ}Vq = 6 \text{ Volquetes}$$

**4.4.3. COSTO UNITARIO DE TRANSPORTE CON VOLQUETES**

Cálculo del Costo horario de propiedad y operación del volquete

**a. Costo de adquisición**

Volquete de 25 TM (14 m<sup>3</sup>)

- Precio de compra CIF = \$ 190,000
- Flete, almacenaje y otros (3% del P.comp.) = \$ 5,700
- Precio puesto en mina = \$ 195,700
- Menos precio de llantas = \$ 2,400
- Valor neto de depreciación: = \$ 193,300

**b. Costo de propiedad**

- Número de horas trabajadas por el volquete/año:  
16 hr/día x 6 días/semana x 48 semanas/año = 4,608 hr/año
- Años de depreciación:

Vida útil del volquete (Vu)= 13,000 horas

$$Vu = \frac{13000}{4608} = 2.82 = > 3 \text{ años}$$

Costo de depreciación horaria (Cd):

$$Cd = \frac{\$ 193300}{13000} = 14.87\$/hr$$

Costo de inversión horaria (Ci):

$$Ci = \frac{PVq \cdot \text{Interes} \cdot \text{factor Inversión}}{\text{Horas operación por año}}$$

Interés = 12% => 0.12

Factor de inversión (Fi)

$$Fi = \frac{n+1}{2n} = \frac{3+1}{2 \cdot 3} = 0.67$$

$$Ci = \frac{195700 * 0.12 * 0.67}{4608} = 3.41\$/hr$$

- Costo total de propiedad \$/hr = \$ 14.87 + \$ 3.41 = **18.28 \$/hr.**

### c. Costo de operación

- Costo de combustible: 6 glns/hr x 4.5 \$/galón = 27 \$/hr.
- Mantenimiento preventivo: incluye costo de Aceites, lubricantes, filtros (25% costo comb.) = 6.75 \$/hr.
- Costo de reparación: basado en un porcentaje del precio

$$= \frac{\$195\,700 * 100\%}{13000} = 15.05\$/hr$$

- Costo de llantas

$$= \frac{-\$2400 + (\$1440 * 3)}{1000hr + (1000hr * 3)} = 1.68\$/hr$$

- Costo de mano de obra (del operador):  
Jornal = 26 \$/dia /8 horas = 3.25 \$/hr.  
Leyes sociales (60%) = 15.60 \$/hr/8 = 1.95 \$/hr.
- Total costo de operación / hora = 55.38 \$/hr.
- Total costo propiedad = 18.28 \$/hr.

**Total = 73.66 \$/hr.**

El ciclo de transporte del volquete dura 60 minutos que es 1.0 horas y por lo tanto el costo de transporte es: 1.0 hr x 73.66 \$/hr = 73.66 \$ (23.65 \$/km) y en toneladas resulta = 73.66 (\$/hr) / 21.25 (Ton/hr) = **3.4 \$/Ton.**

Significa que a compañía le costaría **3.4 \$/Ton.** trasladar el mineral desde Atacocha hacia el echadero de mineral N° 05 de El Porvenir en caso adquiriera los equipos de acarreo para el transporte del mineral que se proyecta, es decir si compra los volquetes.

Sin embargo, actualmente existen empresas terceras que prestan servicios de acarreo netamente y haciendo comparativo los costos de traslado del material, estos resultan más económicos puesto que estas empresas ya cuentan con equipos y resulta más conveniente trabajar con ellos y así evitar inversiones de

adquisición de equipos nuevos y adicional a ello solamente se fiscaliza el trabajo de los terceros en caso haya inconvenientes.

A continuación, se muestra una tabla de resumen de precios unitarios de una empresa tercera que actualmente presta sus servicios en la mina Atacocha en función a \$/Ton-Km.

**Tabla 4.4**  
*Precios unitarios de empresa de volquete*

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN TRANSPORTE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>
<b>1</b>	0.00 Km <= d <= 0.50 Km	\$/Ton-Km	3.02
<b>2</b>	0.51 Km <= d <= 1.00 Km	\$/Ton-Km	1.79
<b>3</b>	1.01 Km <= d <= 1.50 Km	\$/Ton-Km	1.37
<b>4</b>	1.51 Km <= d <= 2.00 Km	\$/Ton-Km	1.17
<b>5</b>	2.01 Km <= d <= 2.50 Km	\$/Ton-Km	1.05
<b>6</b>	2.51 Km <= d <= 3.00 Km	\$/Ton-Km	0.97
<b>7</b>	3.01 Km <= d <= 3.50 Km	\$/Ton-Km	0.91
<b>8</b>	3.51 Km <= d <= 4.00 Km	\$/Ton-Km	0.87
<b>9</b>	4.01 Km <= d <= 4.50 Km	\$/Ton-Km	0.83
<b>10</b>	4.51 Km <= d <= 5.00 Km	\$/Ton-Km	0.80
<b>11</b>	5.01 Km <= d <= 5.50 Km	\$/Ton-Km	0.78
<b>12</b>	5.51 Km <= d <= 6.00 Km	\$/Ton-Km	0.63

Analizando los costos de transporte por tonelada transportada en el caso de 4 Km de distancia en promedio es más conveniente optar por la prestación de servicios de una empresa tercera, evidentemente como compañía los objetivos son optimizar los costos al mínimo con los mismos o mejores beneficios de calidad y cantidad.

#### **4.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE**

##### **4.5.1. COSTOS UNITARIOS DE EXCAVACIÓN**

La construcción de los cruceros y rampa, comprende los trabajos de excavación y sostenimiento del mismo. En los cuadros siguientes se detalla los costos unitarios de construcción.

**Tabla 4.5**

*Costo de excavación del Crucero sSección 4.50 x 4.00 m.*

<b>ROCA : Dura</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO US \$</b>	<b>PARCIAL US\$</b>	<b>TOTAL US\$</b>
<b>1 MANO DE OBRA:</b>					
Operadores	H.H	8	2.70		
Bodeguero	H.H	4	2.50		
Supervisión	H.H	2	3.00		
Leyes sociales (65%)			5.33		13.53
<b>2 EXPLOSIVOS Y MECHAS</b>					
Examón	Kg	132.00	1.06	139.92	
Exaneles	Und	41.00	1.20	49.20	
Cordón detonante 3P	M	20.00	0.28	5.60	
Fulminante simple N° 8	Und	1.00	0.40	0.40	
Guía de seguridad	M	0.90	0.16	0.14	208.48
<b>3 EQUIPOS DE PERFORACIÓN</b>					
Jumbo de 02 brazos	H.M	3.00	90.00	270.00	
Barrenos de 14'	m.	168.00	0.13	21.84	
Broca de 45 y 104 mm. de ø	m.	12.60	0.15	1.89	
Energía eléctrica	KWH	4.00	2.20	8.80	302.53
<b>4 EQUIPO DE LIMPIEZA</b>					
Scooptram de 6 yd <sup>2</sup>	H.M	3.00	80.00	240.00	240.00
<b>5 EQUIPO DE SEGURIDAD</b>					
Implementos de seguridad		6.00	1.00	6.00	6.00
<b>6 HERRAMIENTAS</b>					
Herramientas diversas(5% MO)				0.68	0.68
<b>COSTO DIRECTO:</b>					757.68
<b>GASTOS GENERALES 30%</b>					227.30
<b>UTILIDAD 10%</b>					75.77
<b>COSTO TOTAL:</b>					1,060.76
<b>METROS AVANZADOS</b>					1.60
<b>COSTO POR METRO DE AVANCE (\$/m.)</b>					<b>662.97</b>

**Tabla 4.6**

*Costo de instalación de Perno Helicoidal: 23 mm. x 2.1 m.*

DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	PRECIO US\$	PARCIAL US\$	TOTAL US\$
<b>1 MANO DE OBRA</b>					
Operador	H.H	0.35	3.00	0.77	
Ayudante	H.H	0.35	2.70	0.63	
Bodeguero	H.H	0.20	2.50	0.36	
Supervisor	H:H	0.10	3.00	0.25	
Leyes sociales (60%)				1.31	3.32
<b>2 MATERIALES:</b>					
Perno Helicoidales de 7 pies	U	1.00	10.00	10.00	10.00
<b>3 EQUIPO DE SEGURIDAD:</b>					
Implementos de seguridad		4.00	1.00	4.00	4.00
<b>4 HERRAMIENTAS:</b>					
Herramientas diversas(5% MO)			0.17	0.17	0.17
<b>5 EQUIPOS:</b>					
Small Bolter	H.M	0.30	10.00	3.00	
Barreno de 8 pies	Mts.	1.80	0.12	0.22	
Adaptador Perno Helicoidal	Mts.	0.10	0.10	0.01	3.23
COSTO DIRECTO:					20.72
GASTOS GENERALES 30%					6.21
UTILIDAD 10%					2.07
<b>COSTO TOTAL:</b>					<b>29.00</b>

**Tabla 4.7**  
*Costo de colocación de Shotcrete e=2''*

DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
			US \$	US\$	US\$
<b>1 MANO DE OBRA</b>					
Operador del Alpha	H.H	4	3.00	8.80	
Ayudante 01	H.H	4	2.50	8.80	
Ayudante 02	H.H	4	2.50	7.20	
Operador de Mixcret	H.H	4	3.00	8.80	
Bodeguero	H:H	3	2.50	7.50	
Leyes sociales (65%)				26.72	67.82
<b>2 MATERIALES:</b>					
Cemento portland	Bolsa	50	8.00	400.00	
Agregado	M3	5	21.00	105.00	
Acelerante de fragua	Glns	20	6.00	120.00	
Calibradores	Und	70	0.25	17.50	642.50
<b>3 EQUIPO DE SEGURIDAD:</b>					
Implementos de seguridad		5	1.00	5.00	5.00
<b>4 HERRAMIENTAS:</b>					
Herramientas diversas(5% MO)				3.39	3.39
<b>5 EQUIPOS:</b>					
Equipo Lanzador	H.M	3	7.00	21.00	
Mixcret	H.M	1	50.00	50.00	
Cuba Madrina	H.M	2	8.00	16.00	
Tanque de acelerante	H.M	3	0.50	1.50	88.50
COSTO DIRECTO:					718.71
GASTOS GENERALES 30%					215.61
UTILIDAD 10%					71.87
SUB TOTAL US\$					1,006.19
RENDIMIENTO M2					52.00
<b>COSTO TOTAL US \$/M2</b>					<b>19.35</b>

#### 4.5.2. INVERSIONES

La inversión requerida para la ejecución de los cruceros y rampa para el proyecto de transporte con volquetes entre la Mina Atacocha y Mina El Porvenir es de US \$ 1'728,139.5 que se detalla en la Tabla 4.8.

**Tabla 4.8**  
*Inversión para excavación labores subterráneas*

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	C.UNITARIO US\$	PARCIAL US\$
Excavación crucero 4.5 x 4.0 m.	Mt.	1,789.50	662.97	1,186,385
Excavación rampa 4.5 x 4.0 m (+)	Mt.	210.50	662.97	139,555
Shotcrete e=2"	m2	400.00	19.35	7,740
Malla metálica	M2	250.00	15.00	3,750
Perno Helicoidal de 2.1 m.	Ud.	5700	29.00	165,300
SUBTOTAL US\$=				1,502,730
Imprevistos (10%)				150,273
Escalamiento 5%				75,136.5
<b>T. Inversiones 1 US \$</b>				<b>1,728,139.5</b>

Cabe mencionar que para los cálculos se consideran el 100% del costo invertido en la construcción del crucero de integración debido a que el objetivo de integrar ambas unidades mineras no fue únicamente trasladar el mineral mediante este, sino, tiene otros fines las cuales ya se mencionaron capítulos antes. Asignamos del total de la inversión ejecutada el 100% para los costos de inversión del proyecto, adicionalmente 125m que serán ejecutados zonas de pase (bahías) para en tránsito normal de los equipos, estas zonas de pase hacen referencia a estocadas para poder ceder el pase a otros equipos y vehículos que hagan uso de dicha ruta y estarán distribuidas o espaciadas aproximadamente cada 300m entre sí, en todo el trayecto los 1780 m que se excavaron en la comunicación netamente; entonces, se ejecutarán 5 estocadas de 25 m cada una (Excavación 1), adicionalmente el acondicionamiento mediante sobre excavaciones y sostenimiento pesado en la cámara de volteo o zona de descarga aproximadamente 30 m con sostenimiento especial por ser labor permanente (Excavación 2).

Con respecto a las inversiones se consideran y detallan a manera de resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 4.9**  
*Resumen de inversiones del proyecto*

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P U (\$)	PARCIAL (\$)
Excavación 1	Metros	125	662.97	82 871.25
Excavación 2	Metros	30	835.05	25 051.50
Excavación Crucero	Metros	1068	662.97	708 051.96
Balanza	Und	01	22 563.23	22 563.23
Camioneta	Und	01	38 452.62	38 452.62
Parrilla	Und	01	15 432.23	15 432.23
Rompe Banco	Und	01	36 265.29	36 265.29
Mod. Planta Conc.				417 442.35
<b>Sub Total</b>				<b>1 346 130.44</b>
Imprevistos (10%)				134 613.04
Escalamiento (5%)				673 065.22
<b>T. Inversiones 2 (US\$)</b>				<b>1 548 050</b>
<b>Total Inversión 1 y 2</b>				<b>3 276 189.50</b>

En relación a las inversiones del proyecto que se propone a implementar corresponde el valor de **US\$ 1 728 139.5** de la **Tabla N° 4.6** más **US\$ 1 548 050** tal como se muestra en la **Tabla 4.7**, respecto al costo de inversión asignado modificación de planta concentradora incluye los cambios a realizar en las capacidades de la faja transportadora en planta netamente, y los consumibles que obligatoriamente han de reponerse con el aumento del volumen y tonelaje de producción; que finalmente resulta un **Inversión Total de US\$ 3 276 189.50**.

#### 4.5.3. CRONOGRAMA

A la construcción de los cruceros y rampa considerando otras actividades e imprevistos será de 10 meses, excavándose por ambos frentes, es decir desde Atacocha y El porvenir. En el diagrama Gantt se muestra el cronograma.

**Tabla 4.10**  
*Cronograma de actividades de excavación*

BIMESTRE		1	2	3	4	5
N°	ACTIVIDAD					
1	Trabajos preliminares: topografía	■				
2	Construcción del crucero XC-934 de 4.5 x 4.0 m.		■			
3	Construcción del crucero XC-996 de 4.5 x 4.00 m.		■			
4	Construcción de rampa de 4.5.0 x 4.0 m.				■	

#### 4.5.4. FINANCIAMIENTO

La inversión de US \$ 1,728,139.5 fueron financiados con recursos propios de la empresa Milpo Andina Perú SAC, como ya se anticipó se asigna el 100% del costo total de la excavación como parte de las inversiones de nuestro proyecto de investigación.

#### 4.6. INDICADORES ECONÓMICOS FINANCIEROS

##### 4.6.1. ESTADO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS Y FLUJO DE CAJA

Para elaborar el cuadro de estado de ganancia y pérdidas se ha considerado el valor del mineral de cabeza de Atacocha en 85.0 \$/TM, un costo de tratamiento más transporte de concentrado de 80.0 \$/TM y una depreciación de activos de 2.0 \$/TM de mineral con los cuales se tiene en la Tabla N° 4.11.

*Tabla N° 4.11*  
*Estados Financieros*

<b>ESTADO DE GANANCIAS Y PERDIDAS</b>								
<b>AÑO</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>TOTAL</b>
Producción Anual TM (*)		540, 000	540,000	540,000	540,000	540,000	540,000	3,240,000
Costo de Mineral Cabeza (**)		45,900,000	45,900,000	45,900,000	45,900,000	45,900,000	45,900,000	275,400,000
Costo Explotación y Tratamiento (***)		40,500,000	40,500,000	40,500,000	40,500,000	40,500,000	40,500,000	243,000,000
UTILIDAD BRUTA		5,400,000	5,400,000	5,400,000	5,400,000	5,400,000	5,400,000	32,400,000
Depreciación		1,080,000	1,080,000	1,080,000	1,080,000	1,080,000	1,080,000	6,480,000
Utilidad antes de impuestos		4,320,000	4,320,000	4,320,000	4,320,000	4,320,000	4,320,000	25,920,000
Impuestos (30%)		1,296,000	1,296,000	1,296,000	1,296,000	1,296,000	1,296,000	7,776,000
UTILIDAD NETA		3,024,000	3,024,000	3,024,000	3,024,000	3,024,000	3,024,000	18,144,000
<b>FLUJO DE CAJA</b>								
<b>INGRESOS</b>								
Utilidad neta		3,024,000	3,024,000	3,024,000	3,024,000	3,024,000	3,024,000	18,144,000
Depreciación		1,080,000	1,080,000	1,080,000	1,080,000	1,080,000	1,080,000	6,480,000
Total ingresos		4,104,000	4,104,000	4,104,000	4,104,000	4,104,000	4,104,000	<b>24,624,000</b>
<b>EGRESOS</b>								
Intereses								
Amortizaciones								
Inversiones	3 276 189.50							
Total egresos		0	0	0	0			
FLUJO NETO	<b>-3 276 189.50</b>	<b>4,104,000</b>	<b>4,104,000</b>	<b>4,104,000</b>	<b>4,104,000</b>	<b>4,104,000</b>	<b>4,104,000</b>	<b>24,624,000</b>

Del cuadro anterior se detallan algunos cálculos:

(\*) **Producción Anual TM:** hace referencia al tonelaje por cada Año, es decir, en cada año cuanto de tonelaje se han de extraer; consideramos tonelaje diario 1500 toneladas, 30 días de operación por mes:

$$\text{Producción (TM)} = 1500\text{TM}/\text{día} * 30\text{día}/\text{mes} * 12\text{mes}/\text{Año}$$

$$\text{Producción TM} = 540\,000\text{TM}/\text{Año}$$

(\*\*) **Costo de mineral de cabeza:** hace referencia al valor de ingreso por las ventas que se obtendrán de acuerdo al tonelaje de extracción, consideramos un valor de cabeza 85\$/TM y la producción Anual 540 000TM/Año:

$$\text{Valor de Producción (\$)} = 540\,000\text{TM} * 85\$/\text{TM}$$

$$\text{Costo de mineral de cabeza (\$)} = 45,900,000\$/\text{Año}$$

(\*\*\*) **Costo de Explotación más Tratamiento:** hace referencia al costo operativo y de tratamiento del mineral explotado, es decir, al costo que se asigna para el proceso desde perforación hasta el tratamiento en planta del mineral que se considera 75\$/TM:

$$\text{Costo de Producción (\$)} = 540\,000\text{TM} * 75\$/\text{TM}$$

$$\text{Costo de Producción (\$)} = 40,500,000\ \$/\text{Año}$$

#### 4.6.2. VALOR ACTUAL NETO ECONÓMICO (VANE)

Para hallar el valor actual del proyecto, se ha tomado los flujos netos de la Tabla N° 4.11 y considerando una tasa de actualización del 30 %, el cálculo del VAN es como sigue:

AÑO	FLUJO NETO US\$	FACTOR ACTUALIZACION 1/(1+i)	FLUJO ACTUALIZADO US \$
0	-3 276 189.50	1.00000	-3 276 189.50
1	4'104,000	0.76923	3,156,919.92
2	4'104,000	0.59172	2,428,418.88
3	4'104,000	0.45517	1,868,017.68
4	4'104,000	0.35013	1,436,933.52
5	4'104,000	0.26932	1,105,289.28
6	4'104,000	0.20717	850,225.68
			7,569,615.46

De manera detallada se muestra a continuación el cálculo del VAN:

$$VAN = -I_0 + \frac{f_1}{(1+i)^{n_1}} + \frac{f_2}{(1+i)^{n_2}} + \frac{f_3}{(1+i)^{n_3}} + \frac{f_4}{(1+i)^{n_4}} + \frac{f_5}{(1+i)^{n_5}} + \frac{f_6}{(1+i)^{n_6}}$$

**Donde:**

$I_0$  : Inversión inicial de proyecto

$f_i$  : Flujo de Efectivo Neto

$i$  : Tasa de descuento (30%)

$n_1$  : Periodo en evaluación (6 periodos)

**Reemplazando se tiene:**

$$VAN = -3\,276\,189.50 + \frac{4'104,000}{(1+0.30)^1} + \frac{4'104,000}{(1+0.30)^2} + \frac{4'104,000}{(1+0.30)^3} + \frac{4'104,000}{(1+0.30)^4} + \frac{4'104,000}{(1+0.30)^5} + \frac{4'104,000}{(1+0.30)^6}$$

$$VAN = +7,569,615.46$$

Como el  $VAN > 1$  se ejecuta el proyecto.

#### 4.6.3. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Para el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) de acuerdo a la formula anterior simplemente consideramos que el Valor Actual Neto es igual a cero (0) y de acuerdo a dicha relación se encuentra a qué tasa de descuento corresponde el valor de TIR que para el cálculo representamos con simbología "R", el desarrollo es el siguiente:

Si  $VAN = 0$ , entonces reemplazando nuestra variable se tiene:

$$0 = -3\,276\,189.50 + \frac{4'104,000}{(1+R)^1} + \frac{4'104,000}{(1+R)^2} + \frac{4'104,000}{(1+R)^3} + \frac{4'104,000}{(1+R)^4} + \frac{4'104,000}{(1+R)^5} + \frac{4'104,000}{(1+R)^6}$$

Despejando nuestra variable  $R=TIR$  se obtiene una tasa interna de retorno de  $TIR = 124 \%$ , por lo que el proyecto es de alta rentabilidad.

Para corroborar los datos obtenidos mediante el cálculo manual, con el apoyo de una tabla Excel se obtienen los siguientes datos del VAN y TIR de acuerdo al resumen del flujo efectivo neto como sigue:

PERIODOS	FLUJO DE EFECTIVO NETO
0	-3276189.5
1	4,104,000
2	4,104,000
3	4,104,000
4	4,104,000
5	4,104,000
6	4,104,000

**VAN**            **\$7,569,639.93**

**TIR**            **124%**

#### 4.6.4. PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI)

Para la estimación del periodo de recuperación de la inversión (PRI) del proyecto realizamos el flujo con apoyo de la tabla anterior del cálculo en Excel, para lo cual seguimos el procedimiento como sigue:

PERIODOS	FLUJO DE EFECTIVO NETO	PERIODO DE RECUPERACIÓN
0	-3276189.5	-3276189.5
1	4,104,000	827,811
2	4,104,000	4,931,811
3	4,104,000	9,035,811
4	4,104,000	13,139,811
5	4,104,000	17,243,811
6	4,104,000	21,347,811

Como se observa de acuerdo a los cálculos de adición en el periodo de recuperación se convierte en positivo en el primer periodo, es decir, en menos del primer periodo (01 año) se llega a recuperar la inversión.

Mediante la siguiente relación se obtiene el valor exacto:

$$PRI = 0 + - \left( \frac{-3276189.5}{4,104,000} \right) = 0.798$$

El valor de 0.798 representa que la inversión se podrá recuperar en 0.798 periodos, sabemos que un periodo representa 01 año (360 días), de acuerdo al porcentaje se tiene:

$$\text{Días} = 0.798 * 360 = 287.28$$

El tiempo necesario para recuperar el capital de acuerdo a la relación de 0.798 periodos corresponde exactamente a 9 meses con 18 días.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **5.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

Los resultados se especifican de acuerdo a los análisis detallados en los capítulos anteriores.

##### **5.1.1. RESULTADOS CON RELACIÓN AL ASPECTO ECONÓMICO**

- El monto de inversión para el proyecto asciende a US \$3'276,189.50 que involucran detalles de acuerdo a las Tablas 4.6 y 4.7
- Respecto al cálculo de los costos por viaje, resulta más conveniente optar por adquirir servicios de una empresa tercera para el transporte de mineral mediante los volquetes en lugar de adquirir equipos por parte de compañía.
- Respecto a los indicadores económicos como son VAN, TIR, PRI sería rentable la inversión a realizarse.

##### **5.1.2. RESULTADOS CON RELACIÓN A LOS ASPECTOS TÉCNICOS**

- No es posible implementar un sistema de transporte mediante locomotoras por el desnivel que se tienen entre punto de carga y descarga.
- La sección del laboreo de integración de las unidades mineras en estudio, es óptima de acuerdo al diseño geomecánico y los equipos que se proponen implementar como medio de transporte.
- Como parte del objetivo del proyecto, ya se tiene concluida la integración de las unidades mineras, teniendo pendiente solamente acondicionar las zonas de pase para el tránsito de los equipos.

### **5.1.3. RESULTADOS CON RELACIÓN A SEGURIDAD**

- Para evitar que se sucedan accidentes durante la construcción de los cruceros y rampa se tomaron en cuenta todas las medidas de seguridad conforme a las normas y leyes establecidas para trabajos de minado subterráneo.
- Se propone el transporte del mineral mediante el crucero de integración subterránea para no afectar el medio ambiente y tener en lo posible el menor contacto con él.
- Se realizará medición constante de la emanación de los gases de combustión de los equipos de acarreo para evitar la contaminación del ambiente de trabajo en general.

### **5.1.4. RESULTADOS EN RELACIÓN A GEOMECÁNICA**

De acuerdo a la evaluación geomecánica en los cruceros y rampa entre las Minas Atacocha y El Porvenir se ha logrado identificar condiciones favorables en la mayoría del trayecto del laboreo, teniendo, como resultados:

- Calidad de roca según Biniawski en el rango de 52 a 70 de valoración de RMR siendo roca favorable en tema de estabilidad para el tema de seguridad tanto durante el proceso constructivo como para la utilización posteriormente.
- Prácticamente todo el trayecto de la construcción de crucero de integración, el sostenimiento fue con pernos helicoidales y Shotcrete 2” para así garantizar una probabilidad casi cero por desprendimiento de roca.
- No se contempla zonas de sobre excavación, con la finalidad de no alterar excesivamente los esfuerzos naturales que actúan a dicha profundidad.

## **5.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

- El sistema de transporte de mineral mediante volquetes se adecúa a las condiciones existentes en las minas Atacocha y El Porvenir como la alternativa más lógica y económicamente sustentable.
- De acuerdo al volumen de transporte de mineral proveniente de la mina Atacocha la producción mínima de 1,500 TMD incluso llegando a 2000 TMD será posible mediante el uso de 6 volquetes con trabajo de 8.0 horas guardia de manera efectiva.

- Será más conveniente de acuerdo a la evaluación económica optar la prestación de servicios de una empresa tercera, debido a que existen actualmente empresas netamente que se dedican a dicho rubro en la minería subterránea.

## CONCLUSIONES

1. Debido a la diferencia de cotas a lo largo del crucero de integración entre ambas unidades no será posible el transporte del mineral mediante locomotoras.
2. No siendo la única finalidad de transportar el mineral mediante el crucero de integración de las unidades mineras, se decide no instalar un sistema de transporte mediante fajas por la infraestructura que necesita e imposibilitaría el tránsito de equipos por el espacio restante.
3. Respecto a la evaluación técnica se opta por volquetes debido a mejores condiciones en cuanto a capacidad, velocidad y principalmente no requiere infraestructura adicional a los equipos mismos.
4. Respecto a la evaluación económica resulta más conveniente optar por un sistema de locomotoras y fajas, sin embargo, se descarta dichos medios porque requieren infraestructura adicional.
5. Con relación a las características geomecánicas favorables fue posible la construcción del crucero con una sección de 4.50 x 4.0 m.
6. El tiempo de ejecución de proyecto es de 10 meses que comprendió trabajos preliminares y la ejecución del crucero, cabe mencionar que actualmente ya se tiene concluida dicha integración.
7. El proyecto requiere una inversión de US \$ 3'276,189.5 que será financiado con recursos propios de la empresa.
8. De acuerdo a los indicadores económicos el VAN es positivo y TIR es de alta rentabilidad.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda no optar el transporte mediante fajas, de esa manera no se restringe el acceso de equipos y vehículos por el cruce de integración.
2. Se recomienda solicitar el servicio de una empresa tercera para realizar el transporte de manera más económica en lugar de adquirir equipos propios.
3. Se recomienda adquirir 01 equipo de acarreo adicional para Stand By.
4. En vista de los resultados del análisis económico se recomienda encaminar las inversiones en las infraestructuras restantes, como son las zonas de pase y zonas de descarga.
5. Respecto a los equipos de acarreo se recomienda la implementación de equipos de la marca Volvo FMX 480 debido a la resistencia que presentan para las condiciones de las minas subterráneas y facilidad en repuestos.
6. En relación a las rutas de transporte del mineral, se recomienda que se atienda de manera constante los trabajos de mantenimiento de vías, para así garantizar la operatividad de los equipos durante el proceso de acarreo y obviamente cumplir estrictamente los programas de mantenimiento preventivo.
7. Implementar un sistema de monitoreo para los equipos mediante el sistema INTHINC.
8. Se recomienda continuar las exploraciones en la zona de integración para facilitar el transporte e incrementar aún más las reservas minerales.

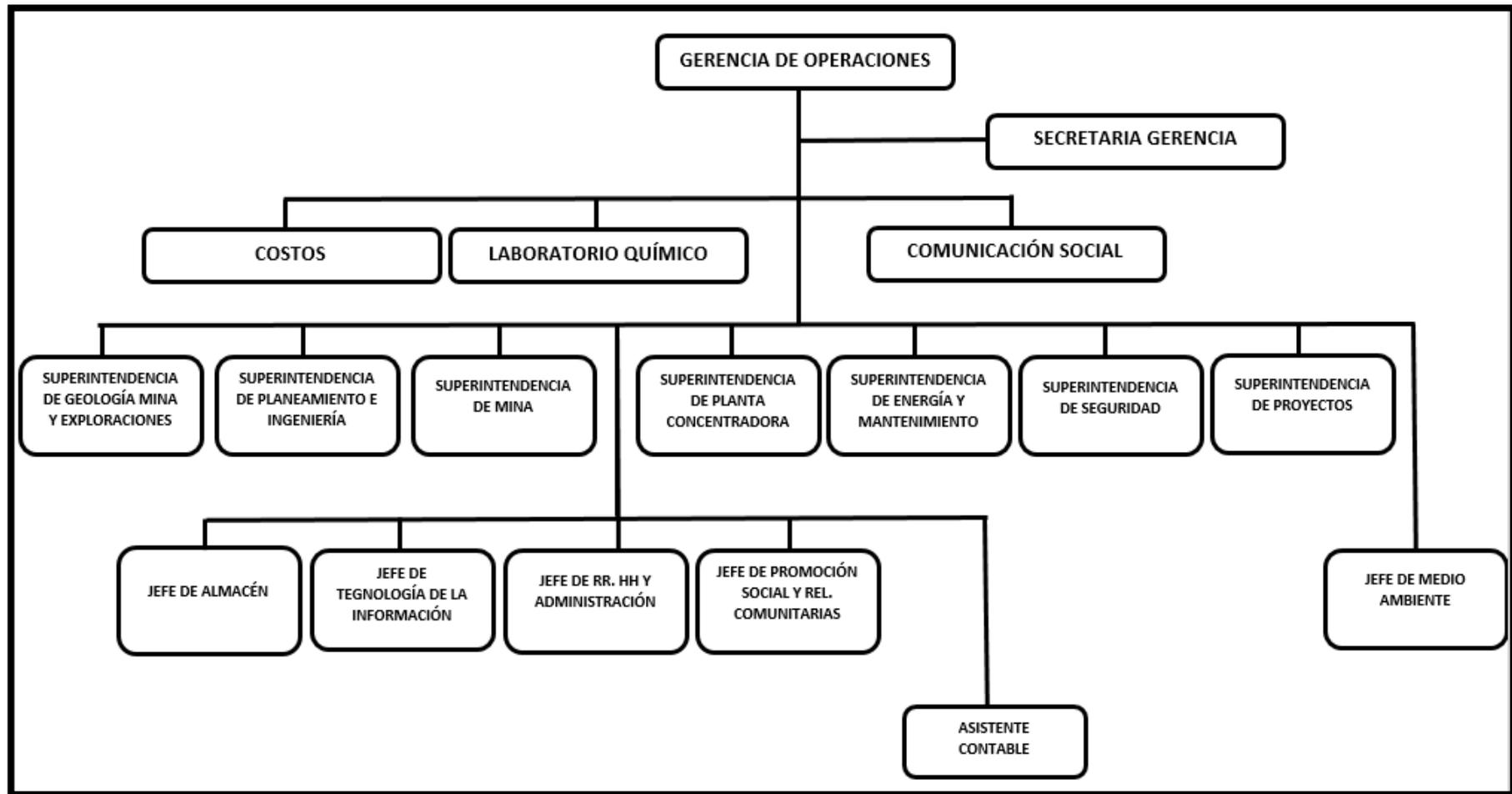
## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Baldeón Q. Zoila (2011). *Gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en Cía. Minera Condestable S.A.* PUCP. Lima.
2. Bustillo Revuelta M (2007). *Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras.* Entorno Gráfico S.L. Madrid.
3. Córdova Rojas D (2001). *Mecánica de rocas para la minería y obras civiles. Curso de actualización.* UNI. Lima.
4. Costes Jean (1970). *Equipos de extracción y preparación de minerales Canteras-graveras-minas.* Editores Técnicos Asociados S. Barcelona.
5. Hernán Junior, Pantaleón Junco; Christian Jhunió, Carbajal Isidro (2017). *Evaluación Geomecánica para el Dimensionamiento, Secuencia de Minado y Relleno de Tajeos de una mina subterránea.* Lima
6. Hooke And Brown (1990). *Excavaciones subterráneas en roca.* Edit. Mc Graw Hill. Nueva York.
7. Huayta Dávalos, Isaac Jorge (2006). *Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos en Atacocha.* Lima.
8. INGEMMET (2010). *Geología del cuadrángulo de Cerro de Pasco.* Lima.
9. Sigvas Sifuentes, Sandra (2013). *Proyecto de Inversión para el Servicio de Alquiler de Montacarga.* UNMSM

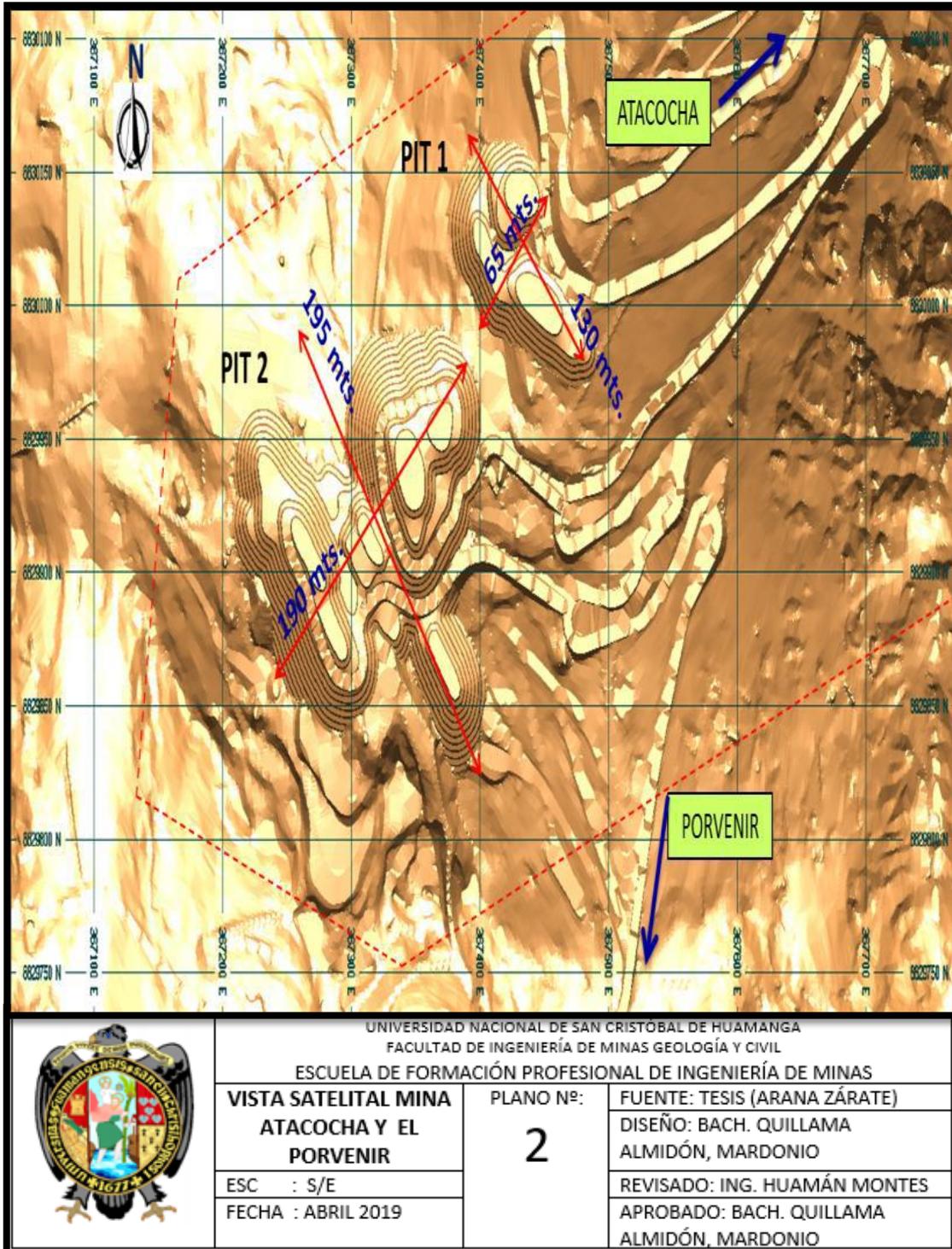
## **ANEXOS**

- 1. Anexo 01** : Organigrama de la Empresa
- 2. Anexo 02** : Vista Satelital de ubicación de Atacocha y El Porvenir
- 3. Anexo 03** : Plano Topográfico zona del OP-05 (SN-996) El Porvenir
- 4. Anexo 04** : Plano Topográfico del cruce de integración (CRO-934).

- ORGANIGRAMA DE EMPRESA

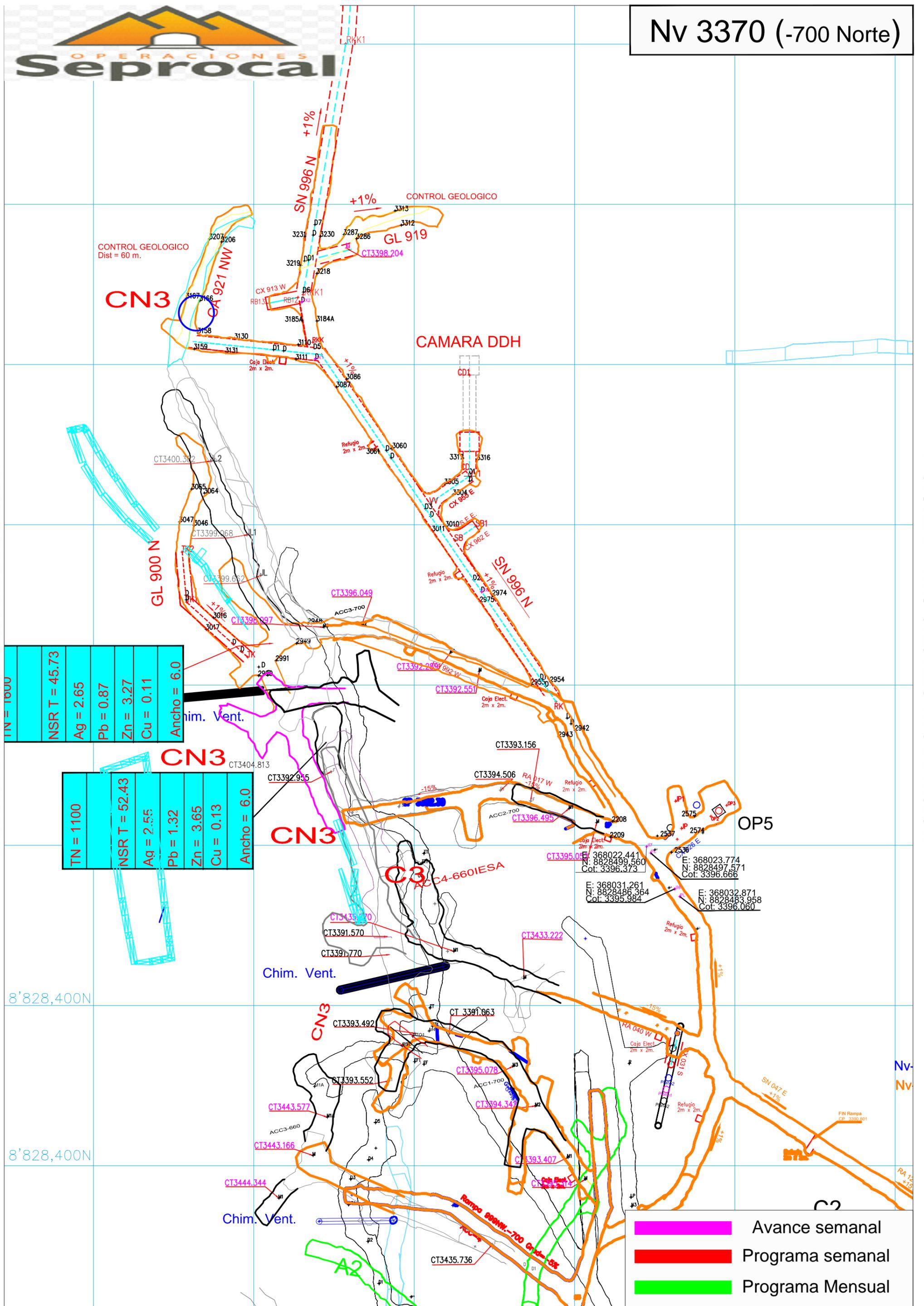


Relativa cercanía entre los proyectos de las minas Atacocha y El Porvenir (Tomado de Tesis de Arana Zárate).





Nv 3370 (-700 Norte)



CONTROL GEOLOGICO  
Dist = 60 m.

CONTROL GEOLOGICO

CN3

CAMARA DDH

GL 900 N

SN 996 N

TN = 1000
NSR T = 45.73
Ag = 2.65
Pb = 0.87
Zn = 3.27
Cu = 0.11
Ancho = 6.0

Chim. Vent.

TN = 1100
NSR T = 52.43
Ag = 2.55
Pb = 1.32
Zn = 3.65
Cu = 0.13
Ancho = 6.0

CN3

CN3

ACC4-660IESA

OP5

8'828,400N

Chim. Vent.

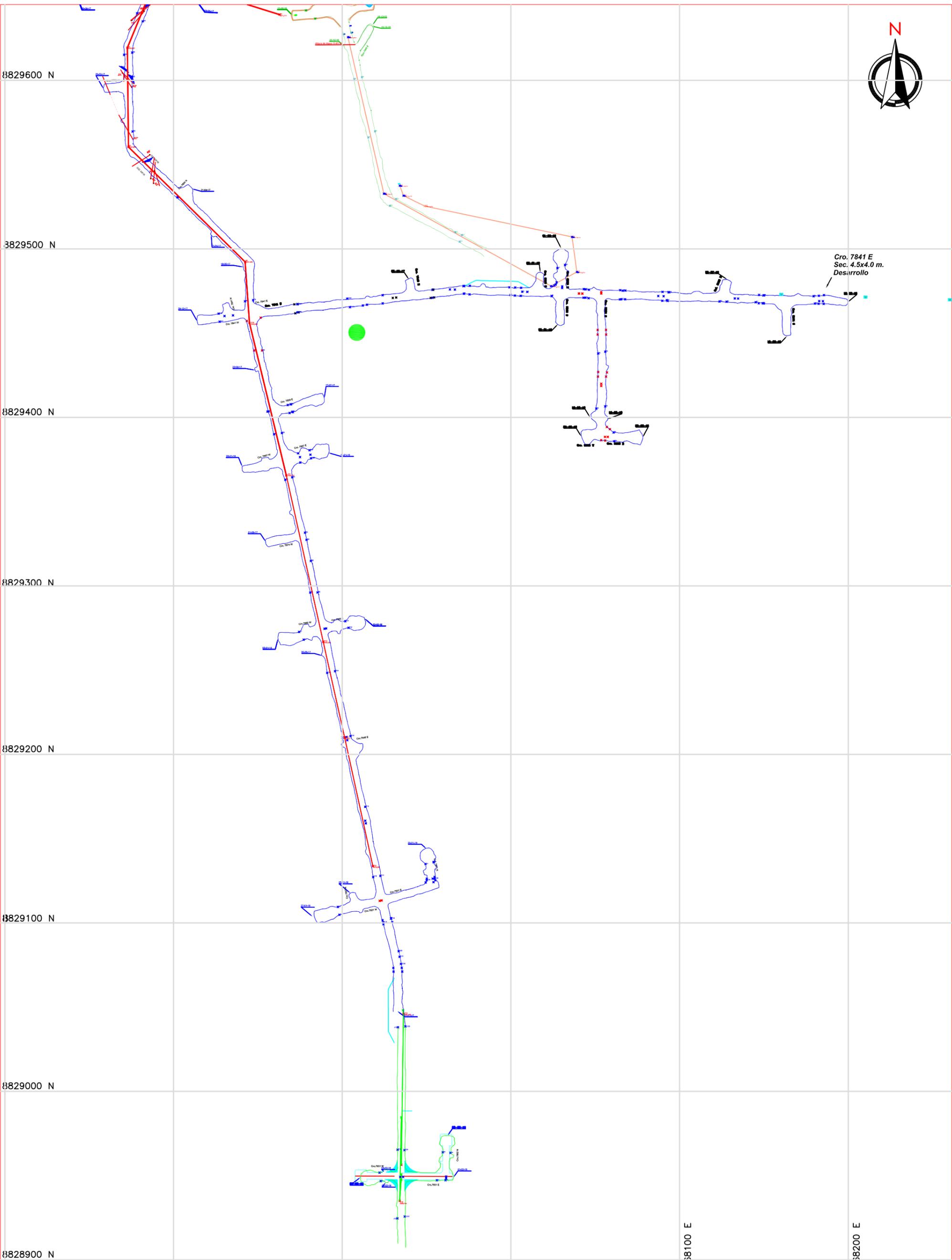
8'828,400N

Chim. Vent.

- Avance semanal
- Programa semanal
- Programa Mensual

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



Cro. 7841 E  
Sec. 4.5x4.0 m.  
Desarrollo

8829600 N  
8829500 N  
8829400 N  
8829300 N  
8829200 N  
8829100 N  
8829000 N  
8828900 N

367800 E  
367900 E  
368000 E

368100 E

368200 E

Dpto. Planeamiento e Ingeniería		CÍA MINERA ATACocha S.A.	
SOLICITA	CMA	Descripción:	
DISEÑO	Planeamiento	Crucero Integración AT- EP	
GEOLOGO	P. Duchas	Cro. 934	
GEOMECANICO	J. Cuadros	Nv. 3300	
MINA	R. Espinoza	Escala: 1/500	
TOPOGRAFIA	B. Herrera	Fecha Impresión: 16/Aug/18	
E.E.		Código Proyecto: paccst480	
APROBADO	C. Neyra	Revisión: 01	