

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

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

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



**“APLICACIÓN DE ÁRBOL DE DECISIONES PARA  
LA APROBACIÓN DE PROYECTOS MINEROS EN  
LA COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.”**

**PRESENTADO POR: BACH. QUISPE LLANTOY  
RICHARD RAÚL**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO DE MINAS**

**AYACUCHO, JULIO 2017**

## **DEDICATORIA**

A mis padres: Antonio y Catalina por su apoyo incondicional para lograr todos los objetivos en la vida, es para ustedes esta tesis en agradecimiento por todo su amor.

## **AGRADECIMIENTO**

Mis reconocimientos a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y en especial a la escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Minas, alma mater donde me he forjado como profesional y a la plana de docentes quienes me enseñaron valorar los estudios

De igual modo a la Compañía Minera Kolpa S.A., Por haberme dado la oportunidad de laborar en su excelente empresa, compartir las experiencias y los conocimientos profesional con su personal y de esta manera elaborar el presente trabajo profesional en “APLICACIÓN DE ÁRBOL DE DECISIONES PARA LA APROBACIÓN DE PROYECTOS MINEROS EN LA COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.”.

## **INTRODUCCIÓN**

Se sabe que hay que tomar decisiones y, en consecuencia, asumir riesgos, la recompensa será la ganancia empresarial, si la gestión ha sido la adecuada o pérdida empresarial si no lo ha sido o no se ha sabido realizar correctamente.

Esta investigación pretende facilitar estas decisiones, determinando la viabilidad de aplicación de la metodología de árbol de decisión en la aprobación de proyectos mineros, Para lograr este objetivo se tiene un marco teórico sobre Investigación de operaciones, Ingeniería económica, métodos estadísticos y otros, que van encaminado a resolver un problema de toma de decisiones mediante la metodología de árbol de decisiones.

Esta metodología se basa en presentar estimados, desde consecuencias hasta costos mediante probabilidades de ocurrencia, las empresas actualmente suelen utilizar este diagrama con el objetivo de obtener distintos panoramas y poder seleccionar la más conveniente para la empresa.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de tesis titulado “Aplicación de árbol de decisión para la aprobación de proyectos mineros en la Compañía Minera Kolpa S.A.”, tiene como fin lograr demostrar la viabilidad de aplicación de la metodología de Árbol de Decisiones en la aprobación de proyectos mineros, para lo cual se tomó como ejemplo el proyecto Cx 350 – Toromachay.

El trabajo se ha dividido en cinco capítulos, siendo la primera el de "Generalidades", donde se detallan aspectos generales relacionados a la mina y al trabajo de tesis.

El Capítulo II.- Geología, describe la geología de la zona de la unidad minera, tanto regional como local demostrando que existen reservas y recursos suficientes para seguir operando y posibilidades geológicas de continuidad de la mineralización de varias vetas.

El Capítulo III.- Planeamiento de minado, hace un detalle del diseño de mina y minado, que actualmente se viene practicando, señalando el método de explotación, como también parámetros, ratios, costos entre otros.

Capítulo IV.- Proyecto Crucero 350 - Toromachay, inicia con una breve descripción de los proyectos a mediano plazo de la unidad minera, para luego detallar el proyecto Crucero 350 mediante una descripción, estudios geomecánicos, alternativas del proyecto, finalmente una evaluación técnico económica de las diferentes alternativas.

El Capítulo V.- Metodología de árbol de decisión en el crucero 350 – Toromachay, breve descripción de la toma de decisiones en la unidad minera mediante las diferentes técnicas, dando énfasis a la teoría de árbol de decisiones.

Finalmente, el sexto capítulo denominado "Aplicación de Árbol de Decisiones", donde se estima las probabilidades para cada caso, se elabora y valoriza el árbol de decisión para el proyecto crucero 350 para finalmente calcular el riesgo, llegándose a demostrar la viabilidad de aplicación de la metodología de Árbol de Decisiones.

# ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INTRODUCCIÓN

RESUMEN

## CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. Ubicación .....	1
1.2. Accesibilidad .....	1
1.3. Antecedentes Historicos .....	3
1.4. Clima y vegetación .....	4
1.5. Formulación del Problema .....	5
1.6. Objetivos .....	5
1.7. Justificación .....	6
1.8. Hipotesis .....	6

## CAPÍTULO II

GEOLOGÍA

2.1. Geología Regional .....	7
2.1.1. Grupo Huachocolpa .....	7
2.1.2. Formaciones del Cenozoico .....	10
2.1.3. Grupo Goyllarisquizga .....	12
2.1.4. Formación Chunumayo.....	12
2.1.5. Grupo Pucara .....	12
2.2. Geologia Local.....	14

2.2.1. Depositos Cuaternarios .....	14
2.2.2. Unidades Litologicas .....	14
2.3. Geología Estructural .....	17
2.3.1. Falla Chonta .....	17
2.3.2. Falla Huachocolpa .....	18
2.4. Geología Económica.....	20
2.4.1. Minerología .....	20
2.4.2. Alteraciones hidrotermales .....	22
2.4.3. Paragenesis y Zonamiento .....	25
2.5. Recursos y resevas .....	26

### CAPÍTULO III

#### PLANEAMIENTO DE MINADO

3.1. Diseño de Mina .....	28
3.2. Metodo de explotación corte y relleno ascendente mecanizado .....	30
3.2.1. Ciclo de minado mecanizado .....	32
3.3. Programa de producción y avances – Budget 2017 .....	34
3.4. Costo de minado .....	36

### CAPÍTULO IV

#### PROYECTO CX 350 TOROMACHAY

4.1. Planeamiento a Mediano Plazo .....	39
4.2. Proyecto Crucero 350 Toromachay .....	41
4.2.1. Descripción del proyecto .....	41
4.2.2. Estudio Geomecanico .....	42

4.2.3. Alternativas de proyecto .....	44
4.2.4. Alternativa 01 - Bocamina Toromachay.....	45
4.2.5. Alternativa 02 - Bocamina San Inocente .....	47
4.2.6. Evaluación Económica para ambas alternativas.....	49

## CAPÍTULO V

### METODOLOGÍA DE ÁRBOL DE DECISIÓN EN EL CRUCERO 350 - TOROMACHAY

5.1. Teoría de las Decisiones en la Unidad Minera .....	51
5.2. Riesgos e incertidumbres en la toma de decisiones.....	53
5.3. Definición de Árbol de decisión .....	58
5.4. Diseño de Árbol de decisión.....	58
5.5. Valoración y evaluación de Árbol de decisión .....	61
5.5.1. Sin tener en cuenta el riesgo en el análisis .....	61
5.5.2. Teniendo en cuenta el riesgo en el análisis.....	63

## CAPÍTULO VI

### APLICACIÓN DE ÁRBOL DE DECISIONES

6.1. Estimación de probabilidades en el CX 350 - Toromachay .....	66
6.2. Elaboración del Árbol de Decisiones .....	67
6.3. Valorización del Árbol de Decisiones .....	71
6.4. Cálculo del riesgo del proyecto Cx 350 toromachay. ....	73

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### BIBLIOGRAFÍA

### ANEXOS

# CAPITULO I

## GENERALIDADES

### 1.1 UBICACIÓN

La Unidad Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Kolpa S.A., geográficamente se ubica en el flanco este de la Cordillera Occidental de los Andes Centrales, en el distrito de Huachocolpa, provincia y región de Huancavelica, a una altitud promedio de 4480 msnm.

Sus coordenadas geográficas son:

Longitud Oeste : 74° 53' 43"

Latitud Sur : 13° 03' 52"

Sus coordenadas U.T.M. son:

Este : 502230.55

Norte : 8555752.86

### 1.2 ACCESIBILIDAD

El acceso a la Unidad se da por las siguientes rutas:

Ruta	Distancia	Tiempo	Tipo de Vía
Lima – Pisco – Huaytará – Rumichaca – Paso de Chonta – Mina	445 km	09 hrs	Asfaltada y Afirmada
Lima – Pisco – Castrovirreyna – Paso de Chonta – Mina	462 km	10 hrs	Asfaltada y Afirmada
Lima – Huancayo – Huancavelica – Paso de Chonta – Mina	565 km	12 hrs	Asfaltada y Afirmada

Cuadro 1: Ruta y Vías de Acceso a la Mina



Figura 1: Ubicación y Accesos a la Mina

### **1.3 ANTECEDENTES HISTORICOS.**

En 1586 el cronista Marcos Jiménez de la Espada cita a la Mina de Huachocolpa en Angaraes con minerales de Plata. En el año de 1920 Don Agustín Arias Carrasado (Español) viaja por la zona y descubre varios afloramientos e inicia su laboreo en pequeña escala. El trabajo intensivo se inicia a principios del siglo veinte, durante la Segunda Guerra Mundial y de Corea.

Por el año de 1940 el Sr. Antonio Obradovic, denuncia las Minas de Rublo e inicia su explotación escogiendo el mineral, al fallecer el Sr. Antonio, lo sustituye su hermano Mateo y forma la Cia. Minera Huanca S.A. quien construye su Planta Concentradora y una Hidroeléctrica.

La Mina Caudalosa fue trabajada hasta el año 1942 por pequeños mineros, los señores E. Risco, V. Freundt, Escobar, Carlos Lopez Adrianzen y Richard Revett, formando en Marzo de 1942 la Cia. Minera Caudalosa S.A. Por esta temporada se abren también las minas Enmita y Coquito de J. Salazar, el Sr. Beteta con las Minas Francisca y Cobriza, el Sr. L. Ballinas con las Minas Asia, Grau y otros, finalmente la Mina Consuelo del Sr. V. Ospina, todas tratan sus minerales en la Planta Concentradora del Banco Minero que nace en 1946, es posiblemente una de las más antiguas del Perú, siendo vendida en 1980 a los pequeños mineros formando Comihuasa. En 1989 es vendida a los accionistas de Caudalosa en actual operación.

En el año de 1985, Buenaventura y Cia. Minera Condesa se asocian con los accionistas de la Cia. Minera Caudalosa S.A. En el año de 1989 los Señores Juan Francisco Raffo y Mario Suito adquieren las acciones de los Señores R. Revett, Risco y Freundt, pasando a ser mayoritarios, y en Marzo de 1999 la L.P. Holding S.A. del Grupo Raffo pasa a ser accionista principal, representando el 99.25 % del Capital social de la Empresa.

En octubre del año 2000 se paralizan las operaciones en la Sub-Unidad Caudalosa Chica, por la irregularidad de la mayoría de sus vetas. Es posible que con los precios actuales se retomen las exploraciones.

En junio del 2001 se paralizan en su totalidad los trabajos en la Mina Rublo y en octubre del mismo año se paraliza temporalmente las operaciones en la Mina Chonta y se reinicia en febrero del 2003 y se opera hasta el 25 de junio del 2010.

En junio del 2010 ocurre un desborde de la Relavera “A” por lo que las operaciones se paralizan hasta febrero del 2011 reiniciándose la operación de mina mas no la planta concentradora, se espera reinicio de la planta una vez se termine la construcción Relavera “C”.

En Mayo del 2015 la compañía decide realizar el cambio de la razón social de compañía minera Caudalosa S.A. a Compañía Minera Kolpa S.A.

#### **1.4 CLIMA Y VEGETACIÓN**

En esta parte de la cordillera de los andes, el clima está condicionado por dos estaciones bien marcada, una seca entre los meses de mayo a octubre donde la temperatura durante el día es de 10°C y en la noche desciende a -5°C. La estación húmeda está comprendida entre los meses de noviembre a abril, donde hay precipitaciones de lluvia, granizo y nieve y la temperatura durante el día es de 18°C y en la noche desciende a 7°C.

La vegetación está constituida por pastos típicos de puna, resistentes a las sequías y consisten de gramíneas e ichu, musgos, líquenes, yaretas los cuales sirven de alimentación a los auquénidos y ovinos.

## **1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **Problema Principal**

Falta de herramientas de decisión para la aprobación del proyecto Cx 350 - Toromachay

### **Problemas Secundarios**

¿Cuál es la opción más conveniente y de menor riesgo para la empresa según árbol de decisiones en la continuidad de los proyectos de la empresa?

¿Cuál es la opción más conveniente en cuanto a tiempo y costo para la empresa según una evaluación técnico económica?

¿Qué impactos genera la paralización temporal de un proyecto minero por falta de herramienta de decisión?

## **1.6 OBEJTIVOS**

### **1.6.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la viabilidad de aplicación de la metodología de Árbol de decisiones en la aprobación de proyectos mineros.

### **1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar cuál es la opción más conveniente y menor riesgo para la empresa de acuerdo al árbol de decisiones en la continuidad de los proyectos de la Empresa.
- Demostrar mediante árbol de decisiones el estado de costo y beneficio que genera la paralización temporal de los proyectos mineros a la empresa.
- Incrementar la rentabilidad social con la aplicación de árbol de decisiones.
- Obtener el título profesional de ingeniero de minas mediante el presente proyecto.

## **1.7 JUSTIFICACIÓN**

En la Compañía minera Kolpa se viene ejecutando múltiples proyectos mineros, por lo cual se realizó un diagnóstico mediante la metodología de árbol de decisiones basada en principios básicos para conocer las probabilidades de éxito, y saber a qué situaciones de riesgo se enfrenta cada proyecto.

## **1.8 HIPÓTESIS.**

### **a) Hipótesis Principal**

Si la aplicación de árbol de decisiones se lleva a cabo de forma integral y coherente, entonces se daría la viabilidad de la metodología para la aprobación de proyectos mineros.

### **b) Hipótesis Secundarios**

- En la medida que la opción más conveniente de acuerdo a árbol de decisiones favorecerá en la continuidad de los proyectos mineros.
- Las paralizaciones temporales de proyectos mineros generan pérdidas económicas y operativas a la Empresa.
- Si la metodología de árbol de decisiones resultan de forma útiles, entonces será un aporte a la empresa de una herramienta que ayude a la evaluación de proyectos.

## **CAPITULO II**

### **GEOLOGÍA**

#### **2.1 GEOLOGÍA REGIONAL**

En el distrito minero de Huachocolpa se han estudiado diversos afloramientos de las unidades estratigráficas cuyas edades van del Mesozoico al Reciente. La columna en el área estudiada está compuesta por rocas sedimentarias plegadas del mesozoico, rocas ígneas del Cenozoico y rocas volcano-sedimentarias, travertinos y depósitos del Cuaternario.

##### **2.1.1 GRUPO HUACHOCOLPA.**

Las formaciones del Grupo Huachocolpa están representadas por la Formación Caudalosa, Formación Apacheta, Formación Chahuarma y Portuguesa, emplazadas al este del lineamiento regional Chonta, durante un lapso de 8 M.a con fases de erupciones, interrumpidas por tiempos de tranquilidad volcánica.

La distribución de los centros volcánicos parece estar controlado por la estructura tectónica regional con rumbo NW-SE (andino) y SW-NE (antiandino).

En términos generales, las unidades formacionales que componen el Grupo Huachocolpa empiezan con secuencias volcánicas-sedimentarias (flujos piroclásticos, ignimbritas) con niveles lávicos, manifestando intensas fases explosivas tempranas como se observa al Sur de Corralpampa, socavón de la mina María Luz o la base del centro eruptivo Chahuarma.

Siguen sucesiones predominantemente efusivas de derrames de lavas y brechas andesíticas en capas prominentes con morfología abrupta, cuyo lugar típico está por la zona de la Mina Caudalosa Chica – Bienaventurada - Rublo ; donde

afloran las rocas del complejo volcán Mixto y Domos Volcánicos.

#### **A. FORMACIÓN CAUDALOSA.**

Es un conjunto de rocas volcánicas con algunas intercalaciones de areniscas tobáceas y piroclásticos que se emplazan en el centro del Cuadrángulo de Castrovirreyna, en los alrededores de la Mina Caudalosa, del cual deriva su nombre (Salazar y Landa 1993). Esta formación constituye una franja de estructuras volcánicas, con centros de erupciones alineados de NO-SE (Rumbo Andino), presentan composiciones predominantemente andesíticas hasta basálticas con una potencia de >300m. Estas características son similares a las de los volcánicos que se encuentran en las inmediaciones de la Mina Caudalosa Chica, predominando lavas-brechoides, piroclásticos-tobáceos en estratos lenticulares de capas delgadas las que se intercalan con bancos gruesos, formando escarpas de considerable altura y de posición subhorizontal. La coloración es gris blanquecinas a verdosa (INGEMMET 1996). A esta formación se le incluye dentro del Mioceno superior, porque la toba ha sido datada en 12-14 M.a. (McKee y Noble 1982).

#### **B. FORMACIÓN APACHETA.**

Esta formación se emplaza a lo largo del Río Apacheta y Quebrada Apacheta del cuál deriva su nombre. Forma cadenas de centros volcánicos con rumbo NW-SE. El emplazamiento parece estar relacionado a las estructuras tectónicas regionales sobre todo al lineamiento Chonta y a las diversas fallas con rumbo antiandino.

Está conformada por dos miembros; el inferior constituido por flujos piroclásticos, ignimbritas que a veces presenta intercalaciones de lahares como se observa en los alrededores de la mina María Luz y al sur de Corralpampa. El miembro superior es de régimen más efusivo, con múltiples derrames de lavas en alternancia con piroclastos estratificados constituyendo numeroso estrato-volcanes.

En el distrito de Huachocolpa la Formación Apacheta sobreyace discordantemente a las calizas Pucará. La edad se considera del Mioceno Superior y según los trabajos radiométricos de D.Noble (1972) y McKee et. al (1975) oscila entre 10 y 8 Ma. Dentro de esta formación se emplazan los complejos del volcán mixto y domos volcánicos relacionados a los centros volcánicos Tinquí, Manchaylla y Chosecc.

**Complejo del Volcán Mixto y Domos Volcánicos.**-Este grupo de rocas ígneas sobreyacen e intruyen a las rocas sedimentarias y a la Formación Arco Iris. Estas rocas han erupcionado a partir de tres centros volcánicos: los centros Tinquí, Manchaylla y Chosecc. Así mismo incluye una gran cantidad de domos volcánicos, diques y derrames que erupcionaron de un gran número de pequeñas chimeneas volcánicas.

**Centro Volcánico Tinquí (Tm. - Vt).**- Es un volcán simple y es el más grande del distrito de Huachocolpa, consiste de remanentes erosionados de un compuesto clástico de estrato volcánico. Está conformado de brechas, tufo - brechas, flujos de lava de composición latítica. Los buzamientos son radiales hacia afuera del centro. Dataciones radiométricas indican una edad de 10.10 a 10.40 M.a. (D. Noble, 1972) tiene un espesor de 300 m.

**Centro Volcánico Manchaylla (Ts.-Vm.).**- Consiste de dos tipos de rocas que muestran poco o ninguna integración: latitas de biotita - hornblenda y latitas oscuras con fenocristales de piroxeno y/o hornblenda. Dataciones radiométricas del Dr. Noble indica una edad de 9.7 Ma. Tiene un espesor de 180 m.

**Centro Volcánico Chosecc ( Ts. – Vch ).**- Aunque parece que la masa Chosecc consiste de más de un cuerpo ígneo discreto, no se sabe el número de domos diversos, cuellos. etc. La constitución del complejo no es conocida. Las porciones

reconocidas consisten de latitas cuarcífera - hornbléndica - biotítica; sin embargo, las rocas máficas y/o silíceas también pueden estar presentes.

El Complejo Chosecc sin duda fue originalmente el edificio litológico más impresionante; la presencia local de rocas hipabisales con masas micrograníticas de textura porfirítica testifican la profundidad a la que la erosión ha avanzado. Dataciones radiométricas indican una edad de 9.10 M.a. (D. Noble).

## **2.1.2 FORMACIONES DEL CENOZOICO**

### **A. FORMACIÓN CASTROVIRREYNA**

Llamada localmente Arco Iris. Secuencia volcánico sedimentaria piroclástica de facies lacustre con areniscas, calizas, tobas, brechas tufáceas y coladas de lava con una potencia de +1,000m. afloran al noroeste y oeste de la Mina Tangana formando un anticlinal; también al oeste del Volcánico Sacsaquero, mostrando una leve discordancia angular, donde consiste de tufos ignimbríticos de una edad entre 12-14.1 Ma. (Mckee y Noble 1982). Estos volcánicos parecen estar asociados al complejo dómico de El Palomo (13,75 Ma). Petrológicamente las rocas son latitas cuarcíferas, riódacíticas y riolitas; tal composición es producto del fraccionamiento del material primario.

Los numerosos fragmentos líticos afines presentes en algunos de los tufos y brechas son el resultado de la fragmentación de la lava caliente en contacto con el agua. Los conglomerados de calizas, que parecen haber sido transportados como corrientes densas de movimiento rápido, demuestran una actividad tectónica que acompañó al vulcanismo.

La mayoría de afloramientos de esta formación tiene buzamientos sub verticales; en la parte sureste del afloramiento se le observa volcada localmente, para formar un pliegue isoclinal.

## **B. VOLCÁNICO SACSAQUERO.**

Esta formación está constituida por una gruesa secuencia volcánico-sedimentaria que comprende derrames andesíticos intercalados con piroclastos y tufos redepositados, también se intercalan arenas, lutitas y calizas. El grosor de la secuencia volcánica es variable y se estima en 800 m. Aflora al oeste de la Formación Tantará; dataciones radiométricas efectuadas por Noble et al. (1974) y McKee y Noble (1982) dieron edades de 40 Ma aproximadamente, por lo que se le atribuye una edad Eoceno superior- Oligoceno.

## **C. FORMACIÓN TANTARÁ**

Consiste principalmente de brechas, lavas, tufos, lapillis de composición latítica, dacítica, andesítica y hasta basáltica. En general estas rocas que afloran en los alrededores de Huachocolpa presentan cloritización y carbonatación débil, acompañadas de algo de calcedonia y jaspe rojo. Esta formación se encuentra afectado por la fase compresiva del Eoceno superior Oligoceno inferior (Soulas, 1975). Se emplaza sobreyaciendo a la Formación Casapalca, su potencia es de varios cientos de metros. La edad de esta formación es de 40 - 41 M.a. (Noble, 1982) y se les denomina también volcánicos Yahuarcocha (Salazar y Landa 1993).

## **D. FORMACIÓN CASAPALCA**

Llamada localmente Formación Chonta. Esta formación volcánico-sedimentaria aflora al sur y suroeste de la Minas Caudalosa y Chonta y al oeste de la falla Chonta, alineada con esta estructura según el rumbo N 40° - 50° W. Está conformada de lodolitas grises, limonitas y lutitas vulcanogénicas, mayormente de color rojo, de tobas retrabajadas y depositadas, calizas con gasterópodos de agua dulce, conglomerados cuyos clastos consisten de calizas blancas, rocas ígneas,

volcánicas y plutónicas y lutitas (Miembro Carmen en Casapalca). Su potencia es de 1,460 m. con buzamientos sub- verticales en la parte de Chonta, haciéndose menos pronunciada hacia el sur. Se considera del Cretáceo superior al Paleógeno.

### **2.1.3 GRUPO GOYLLARISQUIZGA** (Neocomiano- Aptiano $\pm$ 2, 600m.).

El Grupo Goyllarisquizga está conformada de rocas areniscas blancas, lutitas negras y rojas, cuarcitas, andesitas y brechas andesititas rojas. La secuencia arenosa tiene un espesor de aproximadamente 50 m. (NE del poblado de Huachocolpa), mientras que hacia el Río Opamayo (Río Huachocolpa) se hace más gruesa. Estructuralmente forma parte de un sinclinal, el que hacia el lado oeste se presenta fallado en contacto con las calizas del Grupo Pucará; hacia el lado este se presenta en contacto normal con la Formación Chunumayo.

### **2.1.4 FORMACIÓN CHUNUMAYO** (Bajociano medio- Superior $\pm$ 250m.).

Esta unidad aflora en las cercanías del poblado de Huachocolpa en ambos márgenes del Río Huachocolpa, constituyendo el núcleo de un anticlinal. Presenta una morfología escarpada.

Esta formación está constituida por intercalaciones de calizas micríticas con calizas de grano fino, ambas de coloración grisácea y con un espesor de más o menos 150m. continuando la secuencia calcárea con una coloración gris a marrón claro, en la que se intercalan algunos delgados horizontes arcillosos.

### **2.1.5 GRUPO PUCARA**

Es bien conocido y ha sido estudiado en los departamentos de Pasco y Junín (McLaughlin D. H. 1925 , Mégard F. 1968, Palacios 1980, Rosas 1994 entre otros).

Son las rocas más antiguas que afloran en el Distrito de Huachocolpa y están representadas por las formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga; son de edad Triásico superior – Liásico, con una potencia de  $\pm$  2,250 m.

Formación Condorsinga, constituida de calizas gris en bancos potentes, que contienen a las vetas Luchitos y China Hereje, entre otras.

Formación Aramachay, consiste de rocas lutita tipo lutitas carbonosas de color gris.

Aflora al sur del pueblo de Huachocolpa en los alrededores de las Minas Luchito y Betty.

Formación Chambará, constituida de calizas y areniscas en partes bituminosas que muchas veces contienen abundante chert. Aflora en la zona central de Huachocolpa, entre las minas Pirata – Granada y Mauricio.

Eratemo	Sistema	Serie	Unidad litoestratigráfica	Grasor aprox.	Columna	Descripción Litológica	
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Dep. Aluviales			..Clastos redondeados de tamaños variables, matriz areno-limosa	
		Pleistoceno	Dep. Glaciofluviales			..Limoarcillas y gravas debilmente compactadas	
	Neogeno	Plioceno	Grupo Huachocolpa Fm. Portuguesa	Tobas Atunsulla	<400		..Tobas rosadas blanquecina de naturaleza riolitica, textura porfirítica.
				Domos y lavas			..Lavas andesíticas hasta riolodácicas, tobas soldadas gris verdosas, domos de naturaleza riolodácica gris blanquecina.
				Brechas y piroclastos			..Brechas de naturaleza andesítica.
				Fm. Apacheta (Fm. Domos de Lava)	<500		..Apacheta superior, lavas de composición andesítica, brechas, domos
		Mioceno		Fm. Caudalosa	<300		..Lavas andesíticas hasta basálticas. ..Tobas blancas riolíticas, en capas gruesas.
				Fm. Castrovirreyna	400		..Tobas blancas arcillosas, conglomerados intraformacionales, piroclásticos en capas delgadas a medias.
	Paleógeno	Oligoceno		Fm. Sacsaquero	900		..Lavas andesíticas, brechas de coloración oscura en capas gruesas, hacia el tope areniscas rojizas en capas gruesas.
		Eoceno		Fm. Tantara	700		..Lavas andesíticas a riolodácicas, brechas presentan una pseudo estratificación en capas gruesas amedias.
Paleoceno							
Mesozoico	Cretácico	Superior	Fm. Casapalca	600		..Areniscas rojizas de grano medio a grueso en capas gruesas algunos niveles de lodolitas rojizas en capas medianas.	
		Inferior	Grupo Goyllarisquisgo	100		..Areniscas cuarcíferas blancas con estratificación sesgada.	
	Jurásico	Medio		Fm. Chunumayo	150		..Calizas espáticas grises, calizas areniscosas intercalados con niveles delgados de arcilitas.
		Inferior	Grupo Pucará	Fm. Condorsinga	600		..Calizas hacia la base en capas delgadas de color gris claro, hacia el tope en capas gruesas.
		Fm. Aramachay		200		..Limolitas gris oscuras laminadas con algunas calizas grises, bien tabulares en capas delgadas.	
	Triásico	Superior		Fm. Chambará	750		..Hacia la base calizas gris oscuras en capas gruesas con nódulos de chert, hacia el tope en capas ondulantes.

Figura 2. Columna estratigráfica generalizada del cuadrángulo de Huachocolpa. (INGEMMET).

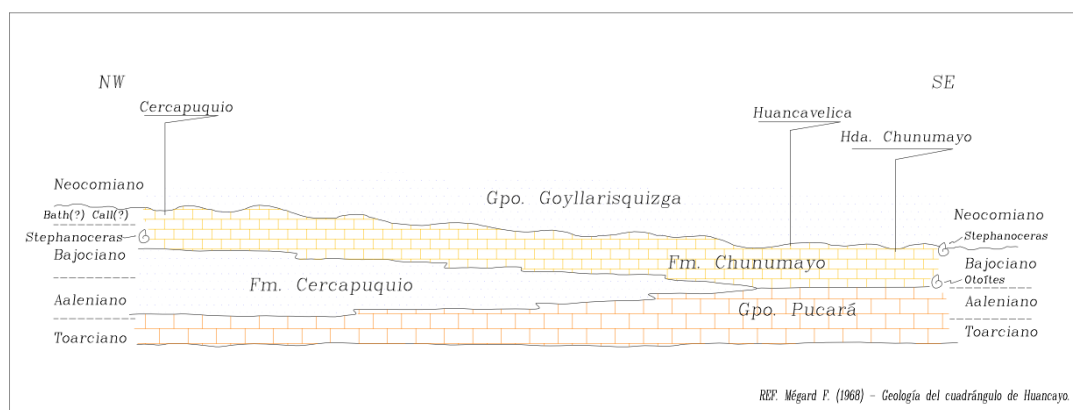


Figura 3. Relaciones entre las formaciones Chunumayo, Cercapuquio y los Grupos Pucará y Goyllarisquizga.

## 2.2 GEOLOGÍA LOCAL

Las rocas aflorantes, en las vecindades de la Veta Bienaventurada y hacia las partes altas de su posible prolongación al NE y SW, corresponden a la “Formación Domos de Lava”, descritas principalmente por D. Noble (1973), en sus estudios de vulcanismo para todo el distrito minero de Huachocolpa. Son principalmente andesitas de color gris-marrón-amarillento, debido a la débil alteración argílica supérgena, las que se encuentran en tramos intercalados con horizontes de aglomerados volcánicos y lavas andesíticas, conocidos como el Complejo Manchaylla.

### 2.2.1 DEPOSITOS CUATERNARIOS

#### A. DEPÓSITOS FLUVIOGLACIALES

Son depósitos formados por corrientes fluviales, pero que previamente fueron transportados por una masa glaciaria en un trecho bastante considerable, encontrándose como morrenas laterales o frontales, hacia la parte baja del Nivel 4480; están constituidas por litología polimíctica y mal seleccionada con clastos y guijarros angulosos, subredondeados, en matriz arcillosa; estas se extienden hasta cerca de la base del Río Escalera.

## **B. DEPÓSITOS ALUVIALES**

Material transportado por ríos y depositado a lo largo de su llanura de inundación. El Río Escalera es el principal agente de transporte de los materiales, las cuales están constituidas por arenas, cantos, cascajos y arcillas provenientes de la erosión de las rocas aflorantes. Los suelos son arenosos de composición feldespática cuarzosa.

### **2.2.2 UNIDADES LITOLÓGICAS**

Se pueden distinguir dos posibles unidades litológicas de vulcanismo.

Una primera unidad ocurre al NW de la Veta Bienaventurada, donde los volcánicos andesíticos se presentan mayormente con un bandeamiento de flujo, de rumbo promedio N 65° W y buzamiento de 65° a 70° NE. Al NE de la Veta Bienaventurada (Punto de triangulación 20) con rumbo N 50°-60° E y 50° NW de buzamiento, se presentan andesitas ligeramente argilizadas con bandeamientos en capas decimétricas, con una coloración parda amarillenta. Afloramientos de este tipo pueden ser observados claramente al norte del punto de triangulación CHANA donde afloran volcánicos andesíticos a dacíticos propitilizados con bandeamiento de flujo y capas decimétricas marrón oscuras y blanquecinas de fracturamiento fresco.

La segunda unidad litológica es suprayacente y corresponde a derrames sub-horizontales de andesitas marrón amarillentas con ligera argilización e intercalaciones de capas métricas con diseminaciones de pirita, las mismas que se reconocen al E y SW de la Veta Bienaventurada Sur 3.

Al NE de la Veta Bienaventurada Sur 1, en las cercanías de la Veta Bienaventurada Sur 3, se observa lavas andesíticas con ligera a moderada argilización supérgena, con bancos entre 1.00 m. a 15.00 m. de potencia (Foto N° 6), con rumbos promedios de N 60° E y buzamiento 15° - 35° SE, en algunos horizontes se observa aglomerados

volcánicos de la misma composición. Hacia la parte alta al extremo E presenta horizontes de derrames lávicos decimétricos intercalados con aglomerados.

Algunas capas presentan ligera disseminación de pirita fina y otras en su matriz tienen fenocristales de cuarzo, en proporción menor al 2 %, hacia el NE, en la posible continuidad de la Veta Bienaventurada Sur 1 (Plano N° 3 sección longitudinal G-G'), existen intercalaciones de bancos potentes de lavas andesíticas porfiríticas con aglomerados volcánicos grises de rumbo N 70° E y 10° SE de buzamiento en promedio, aunque al SE las capas tienen un buzamiento mayor entre 20° a 30° SE.

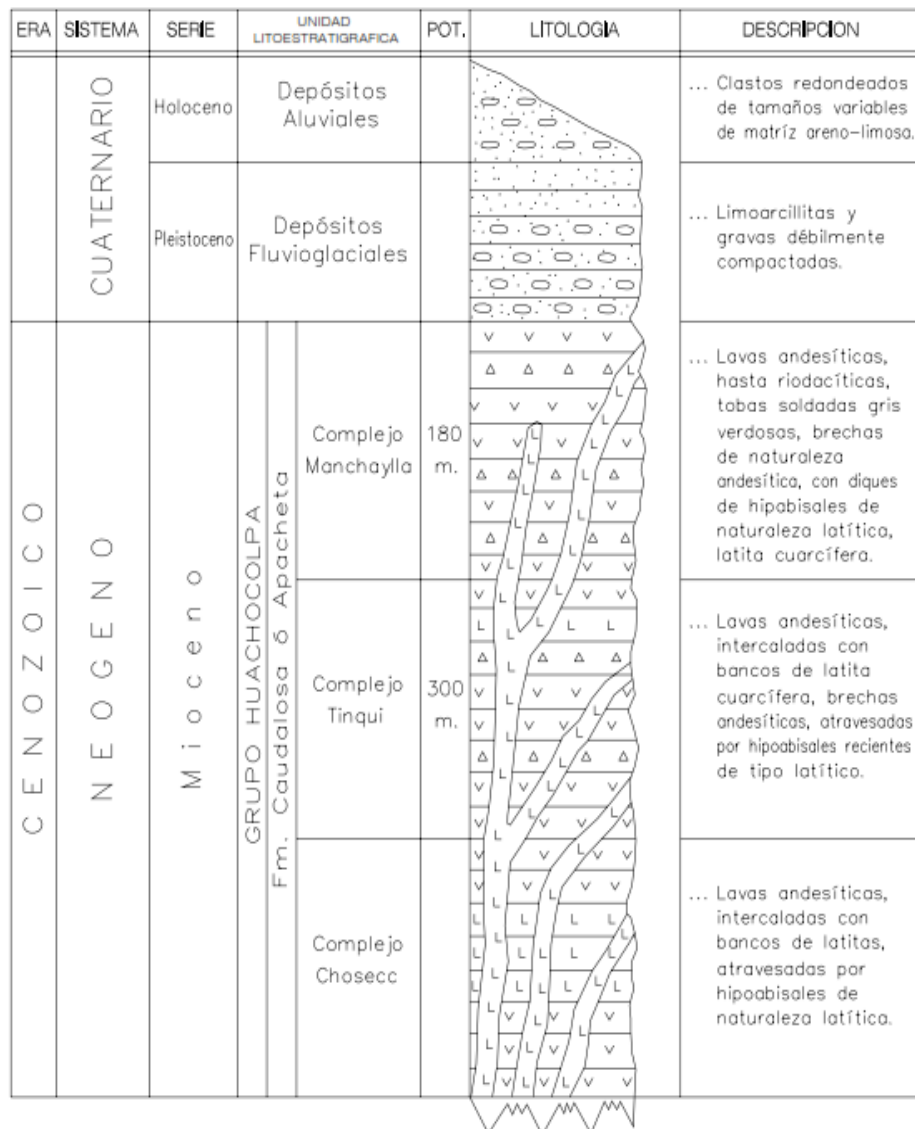


Figura 5. Columna estratigráfica local de la mina Bienaventurada.

## **2.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

Las estructuras geológicas en el área de estudio están estrechamente relacionadas a los ciclos evolutivos de la tectónica Andina, ocurrida durante el Cenozoico (Perú Central).

Como resultado de los esfuerzos compresivos de la tecto-génesis oroandina se han generado pliegues de rumbo N-S que afectan a las formaciones mesozoicas, como el caso de la Formación Chunumayo, Grupo Goyllarisquizga y Pucará; así mismo se han originado pliegues locales en la Formación Casapalca y en los volcánicos Castrovirreyna. El patrón estructural está definido por dos fallas regionales, Chonta y Huachocolpa las cuales están acompañadas por varios lineamientos importantes, paralelos al sistema de fallas. La interacción del fallamiento Chonta con el fallamiento Huachocolpa ha originado un espacio favorable para el emplazamiento de centros volcánicos tardíos, asociados a intrusiones menores, que han generado varios centros de mineralización del tipo epitermal caracterizados por aureolas de alteración argílica avanzada y estructuras dómicas posiblemente relacionadas a calderas volcánicas.

### **2.3.1 FALLA CHONTA**

La falla Chonta presenta un rumbo Noroeste paralelo a las estructuras de los Andes peruanos y muestra una historia dinámica complicada. La falla Chonta probablemente se originó en el Paleógeno junto con la formación del gran sinclinorio de Castrovirreyna. Se emplaza por el extremo suroeste del distrito de Huachocolpa, poniendo en contacto a la Formación Casapalca al oeste, con la Formación Domos de Lava al este, además pone al mismo nivel a los volcánicos Castrovirreyna del Neógeno, ubicados al oeste de las formaciones mesozoicas. En el crucero 458 del Nivel 4710 de la Mina Chonta se observa que la falla es inversa de alto ángulo.

El mayor buzamiento de los estratos de la Formación Casapalca ocurre próximo a la falla, en las vecindades del Paso Chonta y va disminuyendo progresivamente hacia el Sur, lo cual sugiere que la falla se habría formado durante la fase compresiva Quechua I del Mioceno inferior en que el acortamiento fue de dirección N45°E - S45°W y que probablemente sufrió reactivaciones posteriores (D. Noble, 1986). Esta edad Mioceno inferior está de acuerdo con el hecho de que las rocas pertenecientes a la Formación Domos de Lava en algunos sectores localmente intruyen hacia el oeste a la Formación Casapalca. Por sus características, parece ser una falla inversa de alto ángulo, pero el análisis de la imagen satelital y fotos aéreas muestran un movimiento horizontal del tipo dextral (Injoque, 1988). Estudios posteriores locales indican un movimiento sinextral, esta última evidencia se corrobora a escala regional por el desplazamiento del lineamiento de las vetas de Castrovirreyna - Palomo, respecto de su continuación en el Río Escalera; a escala menor se ha evidenciado pliegues de arrastre; observados en la mina Maria Luz y el Paso Chonta (Injoque, 1988). También se observa que el sistema de fallas escalonadas E-W a N 45° E (Injoque, 1988) afectan a las formaciones Casapalca y Tantará, evidencias de este movimiento se muestran en los diques que han sido cortados en la proximidad de la Mina Maria Luz.

### **2.3.2 FALLA HUACHOCOLPA**

Esta falla se alinea a lo largo del valle Atocmarca con dirección N-S poniendo en contacto a los volcánicos de la Formación Domos de Lava al oeste con las formaciones Mesozoicas al este. Existen además numerosas fallas paralelas a esta, como a lo largo del mismo valle, las cuales aparentemente han sido activadas en diferentes momentos.

La falla Huachocolpa consiste de un sistema de fallas menores paralelas, las cuales alcanzan un ancho de hasta 30 m. en el sector de la Mina Luchito. Esta zona de falla, se habría originado durante la fase compresiva Incaica del Eoceno superior - Oligoceno inferior y ha estado activa intermitentemente desde entonces. Las evidencias de campo indican que su movimiento longitudinal ha sido sinetral.

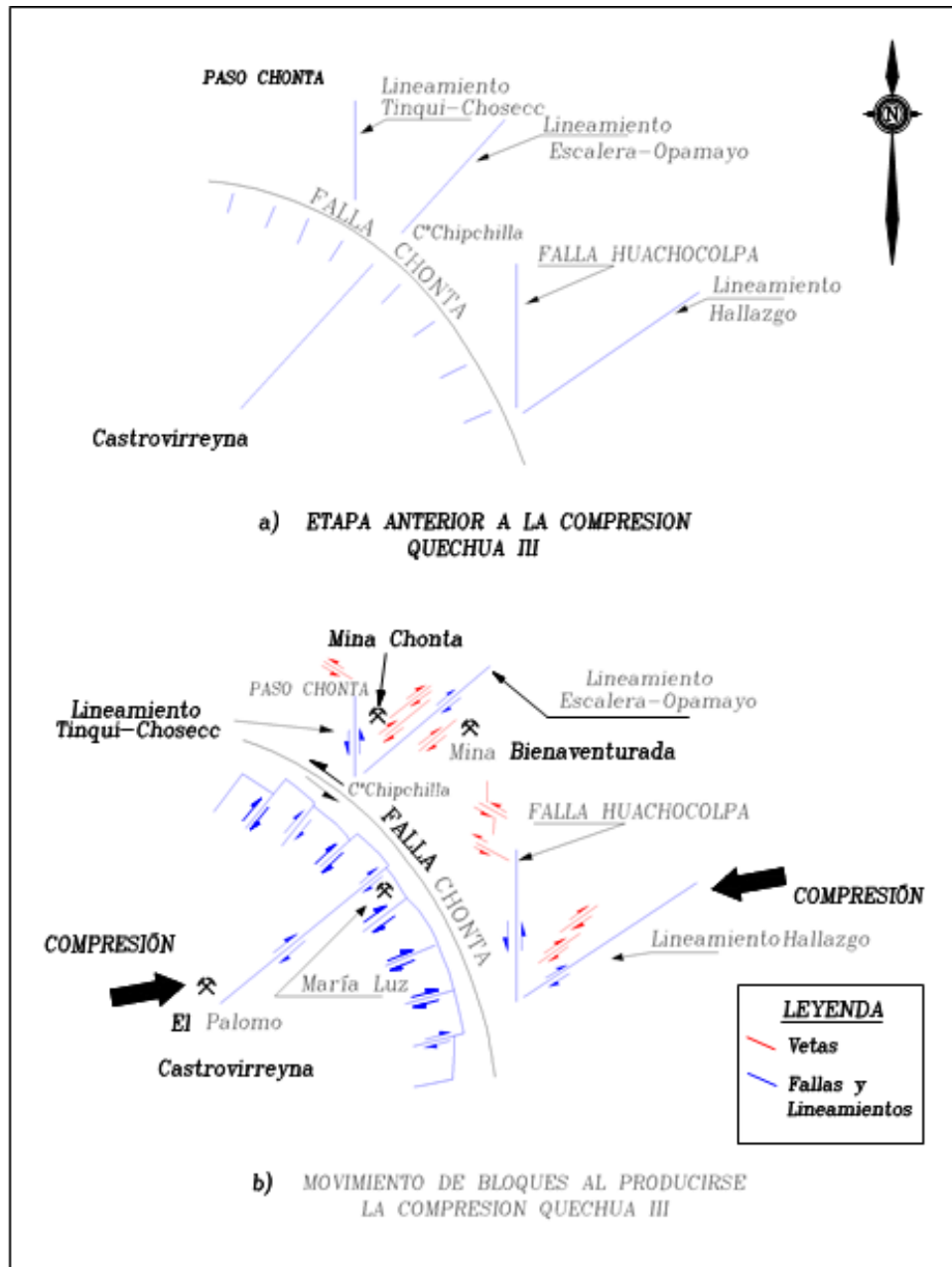


Figura 6: Modelo ideal para explicar la formación de fallas y vetas sinetrales y dextrales en los diferentes sistemas estructurales.

## **2.4 GEOLOGÍA ECONÓMICA**

Es posible que la formación de la Veta Bienaventurada se produjo contemporáneamente o inmediatamente después de la actividad magmática, del Mio-Plioceno, posiblemente vinculada a la fase Tectónica Quechua III y dentro de un proceso de distensión que favoreció el ascenso de las soluciones hidrotermales en zonas de gran permeabilidad (8-4.5 Ma.).

En la Mina Bienaventurada los depósitos son de tipo filoniano, rellenos de fracturas por soluciones hidrotermales; las fracturas han servido de canal y receptáculo para la depositación de menas y gangas.

Las vetas son sub paralelas, se presentan en forma continua por longitudes mayores a 1,000 m. La mineralización económica está en clavos irregulares en longitud, profundidad y potencia, separados entre si por zonas de adelgazamiento y/o empobrecimiento económico de la veta, especialmente en las zonas de intersección de estructuras, formando la típica << Veta en Rosario >> que es característica de la mayoría de los depósitos filonianos en volcánicos Terciarios del Perú.

### **2.4.1 MINERALOGÍA**

La Veta Bienaventurada presenta una estructura brechada con mineralización en forma de bandas masivas, núcleos, venas y diseminaciones de esfalerita, galena, tetraedrita que por lo general forman la matriz, que engloba a los fragmentos subangulosos de naturaleza volcánica.

#### **A. MINERALES DE MENA**

##### **ESFALERITA (ZnFeS)**

Entre los sulfuros de zinc de han encontrado 2 variedades que son:

**Blenda Rubia.** - Mena de zinc que se presenta en mayor proporción en la mina Bienaventurada; se encuentra cristalizada, en forma compacta, núcleos y franjas

generalmente asociadas con la galena y calcopirita; en las zonas falladas se le encuentra diseminada.

**Marmatita.-** Esfalerita con alto contenido de Fe tiene una coloración negruzca, brillo submetálico; se le encuentra en forma de núcleos masivos y compactos.

#### **GALENA (PbS)**

Se le encuentra cristalizada, asociada a la esfalerita y calcopirita, presentándose en forma masiva y como núcleos, venas y diseminaciones. Ocurre en regular proporción en los niveles 4555 tajo 940, nivel 4480 galería 836 E.

#### **CALCOPIRITA (CuFeS<sub>2</sub>)**

Ocurre en forma masiva, núcleos y venillas, asociada a esfalerita y galena se le encuentra en mayor cantidad en los extremos E y W de los niveles 4555, 4518, 4480; y en menor proporción en los niveles 4605, 4430.

#### **COBRES GRISES**

Se le encuentra en forma masiva y diseminada, de color gris verdoso a acero, con brillo metálico. Se observa en todos los niveles de la veta.

### **B. MINERALES DE GANGA**

#### **CUARZO (SiO<sub>2</sub>)**

Se le encuentra en todos los niveles, en forma de bandas masivas, núcleos y venillas; tiene color blanco lechoso, en algunas geodas presenta aspecto hialina. En la mayoría de las ocasiones se le encuentra asociado a la pirita, rejalgar y oropimente.

#### **PIRITA (FeS<sub>2</sub>)**

Se encuentra en forma de núcleos masivos con cristalización incipiente, también diseminada y en venas irregulares; es el sulfuro más frecuente en la veta.

### **BARITINA (BaSO<sub>4</sub>)**

Mineral que se caracteriza por la cristalización tabular, formando “rosas de baritina” color blanco opaco; se encuentra principalmente en los niveles superiores tapizada en algunas ocasiones por oropimente.

### **REJALGAR (AsS)**

Es mínimo y ocurre en todos los niveles; se presenta en forma cristalizada, masiva, venas y disseminaciones junto con los otros sulfuros.

### **OROPIMENTE (AsS<sub>3</sub>)**

Se le encuentra en forma de núcleos y venas y tapizando a los otros sulfuros o las franjas de cuarzo, Ocurre como una degradación del rejalgar.

### **ESTIBINA (Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)**

Se le encuentra en forma cristalizada o en grumos, principalmente en las cavidades o fracturas de la estructura mineralizada, principalmente en los niveles 4518, 4480, 4430.

### **AZUFRE (S)**

Se le encuentra rellenando fracturas o cavidades de la estructura y parte de las fracturas de la roca encajonante. Aparentemente es primario y de origen volcánico, debido a las emanaciones de los vapores de SH<sub>2</sub>, que al oxidarse se transforman en azufre, el cual a veces tiende a cristalizar por sublimación.

### **YESO (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O)**

Se presenta como cristales bien desarrollados rellenando fracturas en el nivel 4430.

## **2.4.2 ALTERACIONES HIDROTERMALES**

Las brechas volcánicas y lavas andesíticas que son las rocas encajantes que bordean el yacimiento que es de origen hidrotermal han sido alterada generalmente

por los fluidos calientes que han pasado a través de ellas y con las que está asociada la mena.

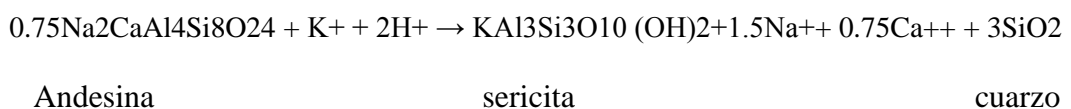
La alteración que predomina en superficie es la alteración argílica seguida en menor proporción por la silicificación.

En interior de la mina se presenta halos de alteración hipógena de caja constituidos por sericitización, argilización, silicificación y potásica leve que se distribuyen indistintamente en toda la mina. La alteración propílica se presenta en roca fresca.

#### **a) ALTERACIÓN FÍLICA**

La alteración fílica o sericítica es típica de un ensamble de cuarzo-sericita-pirita, ocurre entre 500 y 100°C de temperatura; es la lixiviación de Na, Ca y Mg y el desarrollo de un metasomatismo potásico. Ha sido observada en toda la mina. En el estudio microscópico se determinó que se trata de una roca volcánica, de textura porfirítica, que ha sufrido un proceso de alteración hidrotermal, la ha borrado toda huella de la roca original. Lo que actualmente se observa son moldes de formas tabulares, que podrían haber sido feldespatos, y que se encuentran alterados a moscovita (sericita en forma de hojuelas finas y en venillas). La biotita está desferrizada y reemplazada por rutilo.

La reacción para la formación de sericita a partir del feldespato andesina se puede expresar por la ecuación (Hemley y Jones, 1964).



#### **b) ALTERACIÓN ARGÍLICA INTERMEDIA**

La alteración argílica intermedia ocurre entre 400 y 100°C de temperatura; se caracteriza por la presencia de minerales arcillosos productos de la alteración de



### 2.4.3 PARAGENESIS Y ZONAMIENTO

La paragénesis y el zonamiento de la Veta Bienaventurada son observables en un rango espacial de 230 metros en sentido vertical y 1550 metros en sentido horizontal. La mineralización hipógena se dio en dos secuencias paragenéticas, las que han sido determinadas mediante observaciones macroscópicas, estudios microscópicos de secciones delgadas y pulidas, y de inclusiones fluidas.

En la primera secuencia paragenética la pirita fue el primer mineral depositado en las estructuras, el cuarzo es otro mineral abundante de largo periodo de mineralización, seguida por esfalerita, calcopirita, cobre gris (freibergita, tennantita), galena, bournonita, seligmannita, gratonita y barita; algo más tarde rejalgar y oropimente.

La segunda secuencia está constituida esencialmente por pirita, argentotennantita, freibergita, dufrenoyita, estibina y jordanita. Los minerales de ambas secuencias se presentan en texturas de relleno y reemplazamiento.

Finalmente, se puede observar una secuencia de minerales supérgenos constituida por melnikovita, anglesita, yeso, hematita y limonita.

En la Veta Bienaventurada se nota un zonamiento vertical; los valores de cobre y zinc predominan en las partes altas, el plomo aumenta en profundidad y hay un aumento relativo de la plata también en profundidad.

El zonamiento de la Veta Bienaventurada representada en los gráficos siguientes demuestra que los valores de plomo y zinc predominan en las partes altas del lado NE y profundizan desde el nivel 4480 SW con una mineralogía de galena y esfalerita. La plata aumenta en profundidad en el sector SW siendo las sulfosales de plata y el cobre gris los minerales representativos. Los mayores valores de cobre que presenta la veta se encuentran entre los niveles 4605 y 4480 con una tendencia

relativa a profundizar en el sector SW; la mineralogía consiste calcopirita y cobres grises.

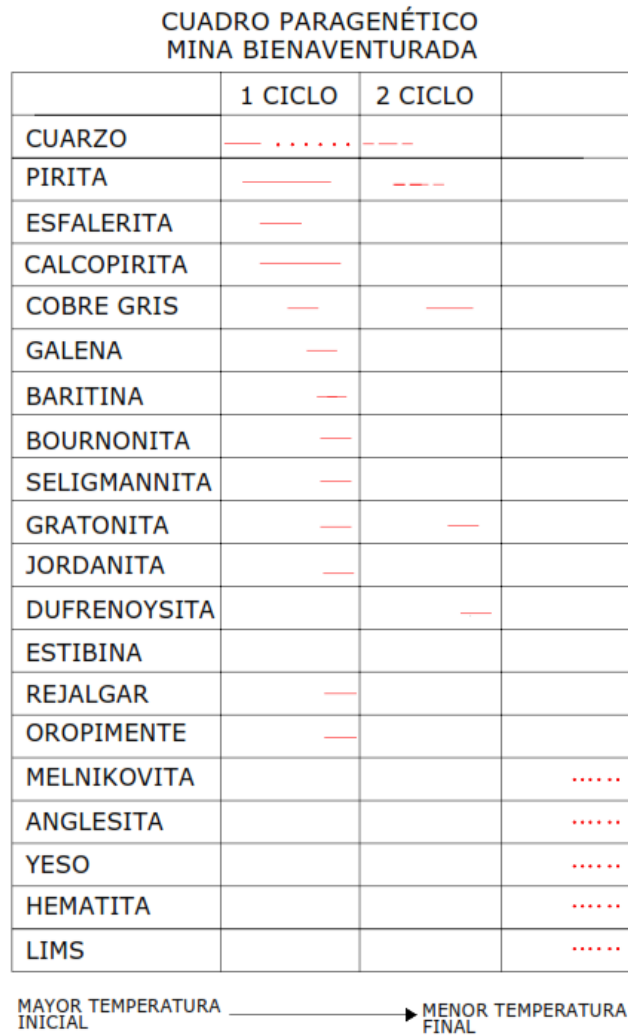


Figura 7.: Cuadro paragenético de la Unidad.

## 2.5 RECURSOS Y RESERVAS DE LA UNIDAD MINERA:

El inventario de reservas se realiza cada finalizar el mes, para lo cual se cruza las informaciones de mineral extraído de cada block, que es cubicado por topografía con la información de las reservas obtenidas mediante las exploraciones por galerías chimeneas y sondajes diamantinos, en resumen la unidad minera cuenta con 1 784 823 toneladas con un valor de 137.26 \$/Ton. de mineral cubicada como reserva.

RESUMEN GENERAL DE RESERVA DE MINERAL AL 31 DE DICIEMBRE 2016							
RESUMEN GENERAL DE RESERVA DE MINERAL:							
A) POR SU VALOR	T.M.S.	A.M.	OzAg	Pb%	Zn%	Cu%	\$
MENA	1,045,066	1.80	4.16	4.61	4.52	0.43	166.47
MARGINAL	739,757	1.63	2.20	2.63	2.84	0.25	96.00
<b>TOTAL</b>	<b>1,784,823</b>	<b>1.73</b>	<b>3.35</b>	<b>3.79</b>	<b>3.82</b>	<b>0.35</b>	<b>137.26</b>
B) POR SU CERTEZA							
PROBADO	1,300,053	1.68	3.34	3.85	3.91	0.37	139.20
PROBABLE	484,771	1.87	3.36	3.63	3.59	0.31	132.06
<b>TOTAL</b>	<b>1,784,823</b>	<b>1.73</b>	<b>3.35</b>	<b>3.79</b>	<b>3.82</b>	<b>0.35</b>	<b>137.26</b>
C) POR SU ACCESIBILIDAD							
ACCESIBLE	1,266,275	1.62	3.44	3.86	3.87	0.36	139.66
EV. ACCESIBLE	518,549	2.00	3.13	3.63	3.71	0.35	131.41
<b>TOTAL</b>	<b>1,784,823</b>	<b>1.73</b>	<b>3.35</b>	<b>3.79</b>	<b>3.82</b>	<b>0.35</b>	<b>137.26</b>

Cuadro 2. Cuadro de reservas al 31 de diciembre 2016.

Así mismo muestra los recursos y reservas que se tiene en la zona del proyecto del cruce 350.

CAUDALOSA COMPAÑIA MINERA Dpto de Geología		CUBICACIÓN DE RESERVA PROYECTO CX774-SUR (TOROMACHAY) MARZO – 2014										
2013		CUT OFF			VALORES UNITARIOS							
MINA	VENTURADA ESTE TECHO	Mena	56.42	Oz Ag/T.M	5.9188							
VETA	BIENAVENTURADA	Marginal	51.24	%Pb	6.3003							
LAMINA	25	Sub Marginal	43.17	%Zn	13.7032							
		Baja Ley	< 43.17	%Cu	17.5540							
Mineral Mena INFERIDO												
BLOCK	NIVEL	LONGITUD	ALTURA	AREA	A.M.	Ag-Oz/Tm	% Pb	% Zn	% Cu	US \$	TMS	VETA
INF	4378	150	114	17075.83	1.08	2.79	3.62	5.04	0.17	110.65	68181.10	SILVIA-R1
INF	4378	382	66	24820.48	0.7	5.2	5.3	3.7	0.3	119.78	57360.75	CAUDALOSA UNO
INF	41871	60	19	1113.99	0.50	4.32	4.46	3.27	0.11	100.40	1740.50	MARISOL
<b>Total Mena Probado Accesible</b>					<b>0.77</b>	<b>4.00</b>	<b>4.40</b>	<b>4.35</b>	<b>0.23</b>	<b>115.04</b>	<b>115,282.35</b>	
Mineral Mena POTENCIAL												
BLOCK	NIVEL	LONGITUD	ALTURA	AREA	A.M.	Ag-Oz/Tm	% Pb	% Zn	% Cu	US \$	TMS	VETA
POT	4378	156	139	21624.51	1.00	2.62	3.30	4.72	0.16	103.73	66700.80	SILVIA-R1
POT	4378	382	68	26128.41	0.68	4.88	4.94	3.47	0.28	107.30	122881.91	CAUDALOSA UNO
POT	4378	287	93	24899.86	0.64	6.33	4.60	3.36	0.18	115.43	49003.93	ESPERANZA
POT	4378	150	150	22500.00	1.19	1.21	2.26	3.23	0.16	68.36	83285.83	MARISABEL
POT	4330	150	150	22500.00	1.14	1.22	1.48	2.17	0.15	48.90	79633.60	MARITERESA
POT	4378	60	37	2230.89	0.50	4.32	4.46	3.27	0.11	100.40	3485.23	MARISOL
<b>Total Mena Probable Accesible</b>					<b>0.86</b>	<b>3.20</b>	<b>3.39</b>	<b>3.35</b>	<b>0.19</b>	<b>89.67</b>	<b>404,891.30</b>	
Mineral a cubicar Inferido mas Potencial												
BLOCK	NIVEL	LONGITUD	ALTURA	AREA	A.M.	Ag-Oz/Tm	% Pb	% Zn	% Cu	US \$	TMS	
INF-POT	4378	1756.09	834.54	162793.29	0.83	3.21	3.50	3.61	0.18	93.56	520173.64	

Cuadro 3. Cuadro de reservas y recursos en la zona de interés.

## **CAPITULO III**

### **PLANEAMIENTO DE MINADO**

#### **3.1 DISEÑO DE MINA**

En la mina bienaventurada para el diseño de mina se considera diferentes factores:

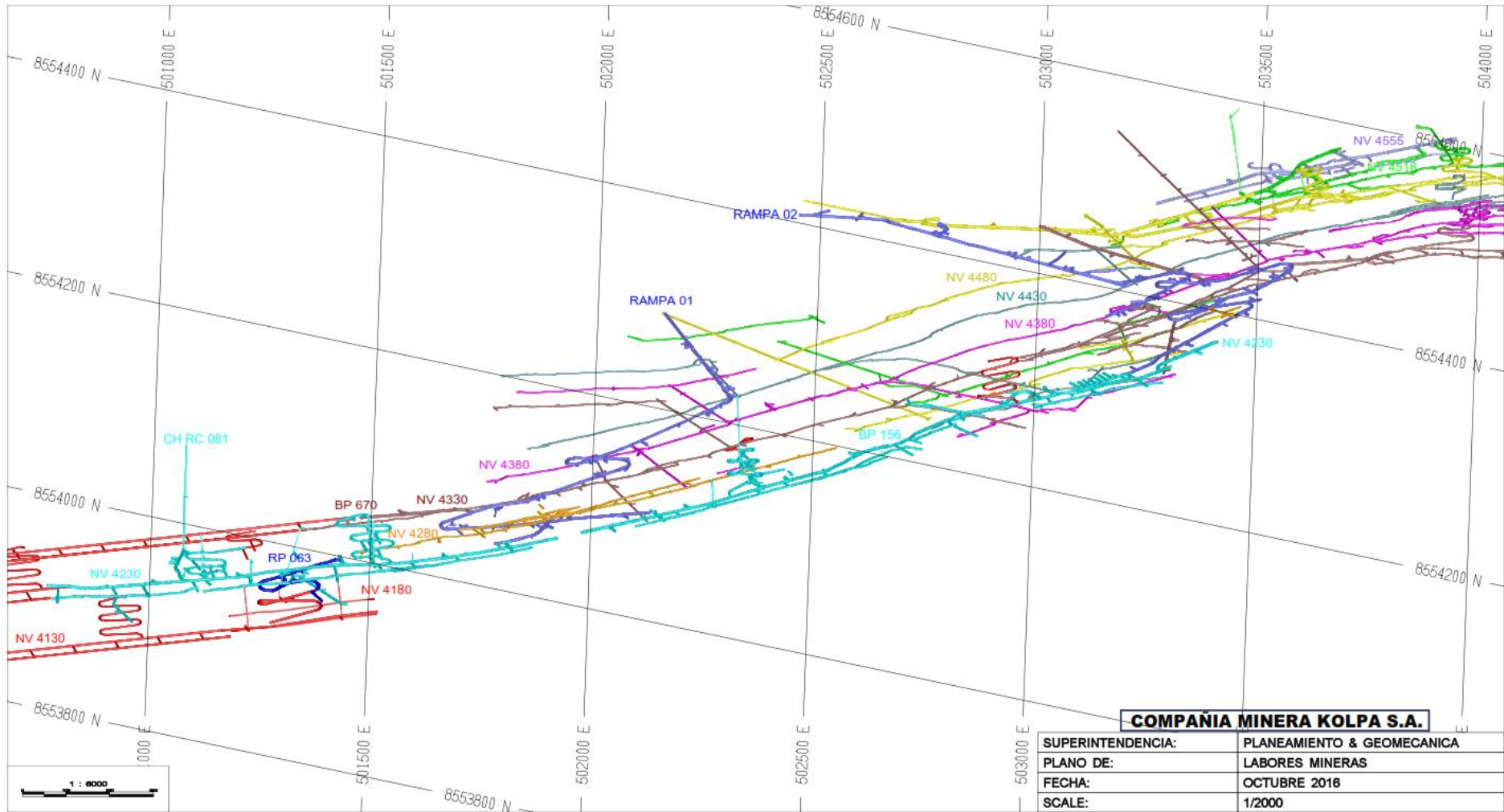
El primer factor como punto de partida es el modelo geológico que presenta la veta bienaventurada la cual se explica en el capítulo II, de donde se obtiene características importantes como las dimensiones de la veta, calidad y cantidad de mineral como en recursos y reservas tipo de rocas encajonantes, estas informaciones es importante para determinar las franjas económicas a explotar.

Otro de los factores importantes para el diseño de mina, es el modelo geomecánico que ayudara al entendimiento del macizo rocoso, en donde se pretende realizar toda la infraestructura para la mina subterránea del cual se obtiene parámetros importantes como tensiones y deformaciones que se producen en la estructura como resultado de las fuerzas externas e internas, la altas presiones que serán sometidas los laboreos según se van profundizando, mediante esta información se garantizara la estabilidad de las labores subterráneas temporales y permanentes.

Finalmente es necesario realizar modelos matemáticos que nos ayudara a determinar interrogantes como: ritmo de producción, ley de corte, método de explotación, dimensionamiento de los equipos, recursos humanos, entre otros.

La mina cuenta con dos rampas principales de acceso a toda la operación (Rampa 01 y Rampa 02), los cuales están integrados en el Nivel 4230 mediante un By pass de 4.0x4.0, También se tienen zonas antiguas que se han trabajado en las vetas Caudalosa, Jessica, Elizabeth, Rublo, Silvia, etc., en las que se han desarrollado labores de exploración, desarrollo, preparación y explotación.

Figura 8. Vista Isométrica de la mina bienaventurada.



### 3.2 METODO DE EXPLOTACIÓN CORTE Y RELLENO ASCENDENTE MECANIZADO

El método de minado en la unidad minera se realiza en Stopes dimensionadas de 400 metros de largo por 100 de altura, para lo cual se ejecutan By pass de 4.0x4.0 paralelo a la galerías inferior y superior y chimeneas cada 100 metros como parte de la exploración y cubicación del block. Una vez reconocido el tajeo por su cuatro lados inicia la etapa de preparación, que realiza mediante una rampa operativa en forma de ocho con sección 3.0 x 3.0 con una pendiente máxima de + 15% apartir del By pass base, asi mismo como parte de la preparación se ejecuta chimeneas Ore pass y Fill pass de secciones de 1.5 x 1.5, que están ubicadas estratégicamente en los acceso al tajeo, finalmente se realizan rampas basculantes propio del método, con gradiente que inicia a -15% hasta llegar + 15%.

En la etapa de minado los corte van iniciando a partir de la galería base de forma ascendente realizando conexiones mediante la rampas basculante cada 7 cortes, haciendo ingresar relleno al tajos por el nivel superior mediante cámaras de volteo para volquete hacia las chimeneas fill pass, la extracción de mineral se realiza mediante scoops del tajeo hacia los ore pass que posteriormente serán extraído por la tolvas hidráulicas mediante volquetes que están ubicadas en el nivel inferior.

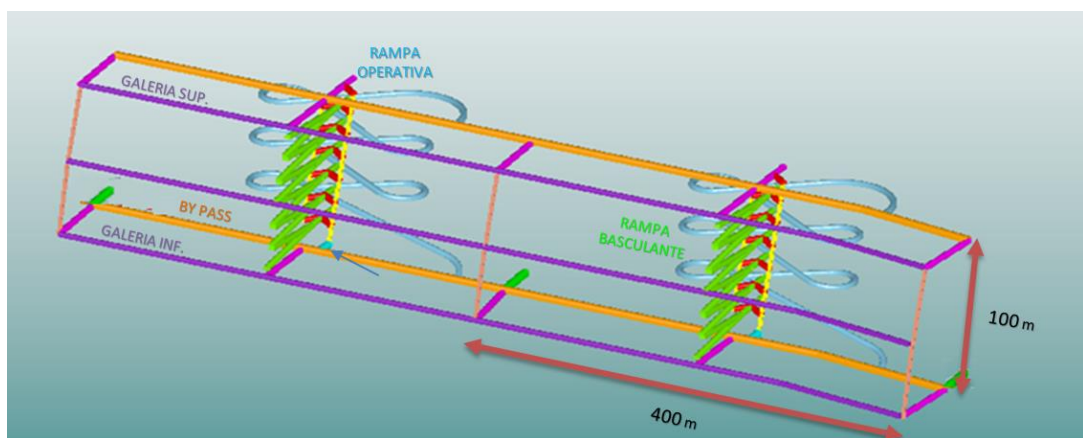


Figura 9. Diseño Obtenido del departamento de Ingeniería.



Para mantener sostenible la producción de la mina, los metrajes de avances que son programados mes a mes son realizados bajo ratios cuidadosamente calculados por el departamento de ingeniería de la mina, como se muestra a continuación.

<b>DATOS DEL BLOCK MINERALIZADO</b>			
Long. Block		400 m	
Altura Block		50 m	
Potencia veta		2 m	
% Certeza Geológica		70%	
<b>TMS</b>		<b>86,800</b>	
<b>CALCULO DE METROS DE AVANCE</b>			
<b>FASES</b>	<b>Cant.</b>	<b>Metros</b>	<b>Ratios (TMS/m)</b>
<b>Desarrollo (m)</b>	<b>Cant.</b>	<b>704</b>	<b>123.3</b>
By pass	1	400	
Ventanas BP	4	200	
Rampa Principal	1	104	
<b>Exploración (m)</b>	<b>Cant.</b>	<b>900</b>	<b>96.4</b>
Galería	2	800	
CH-Explor	2	100	
<b>Preparación (m)</b>	<b>Cant.</b>	<b>1,056</b>	<b>82.2</b>
Rampa Preparación	1	333	
Rampa Basculante	4	200	
Ventanas OP-FP	8	48	
Chimenea OP-FP	6	300	
Cam. Base OP	3	75	
Chimenea lateral	2	100	
<b>Total avances (m)</b>		<b>2,661</b>	<b>32.6</b>

Cuadro 4. Cuatro facilitado por el área de ingeniería.

Del cuadro podemos analizar que para una producción de 1000 toneladas día es necesario realizar 8 metros por día de desarrollo, 10 metros por día de Exploración y 12 metros por día de preparación haciendo un total de 30 metros por día en avances lineales.

### 3.2.1 CICLO DE MINADO MECANIZADO.

La explotación de los tajeos el ciclo de minado de forma mecanizada alternando las alas (lado) del tajeo, inicia con la acumulación de taladros de forma de realce y en retira mediante el equipo Muki, generando una cara libre al tope del tajeo, una vez completado la perforación el equipo se retira para

que ingrese el scoop de 2.2 yd<sup>3</sup> para realizar el relleno dejando una altura conveniente de 2.4 m. del piso a la corona como se muestra en la figura a continuación.

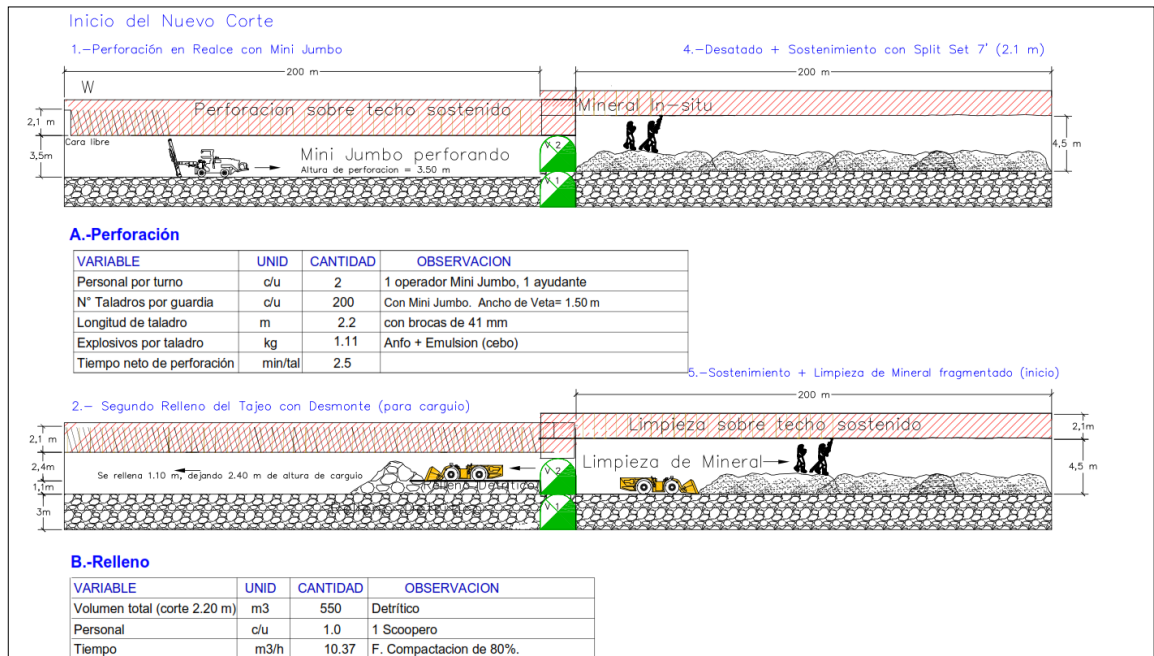


Figura 11. Extraída del estándar de minado de la Unidad Minera.

Completado el relleno, se procede a realizar el carguío con el explosivo Anfo de todos los taladros acumulados por el equipo Muki, para luego realizando la voladura, una vez disipado los gases se procede con el regado y desatado de la zona disparada, iniciado el sostenimiento de manera convencional y realizando la limpieza con el equipo Scoop de la zona sostenida como se muestra en el figura 12.

Completado la limpieza del mineral roto, el tajeo entra en la etapa de relleno preparando el tajeo a un altura de 3.5 m. para que nuevamente ingrese el Mini jumbo y así iniciar nuevamente el ciclo de minado ver figura 13.

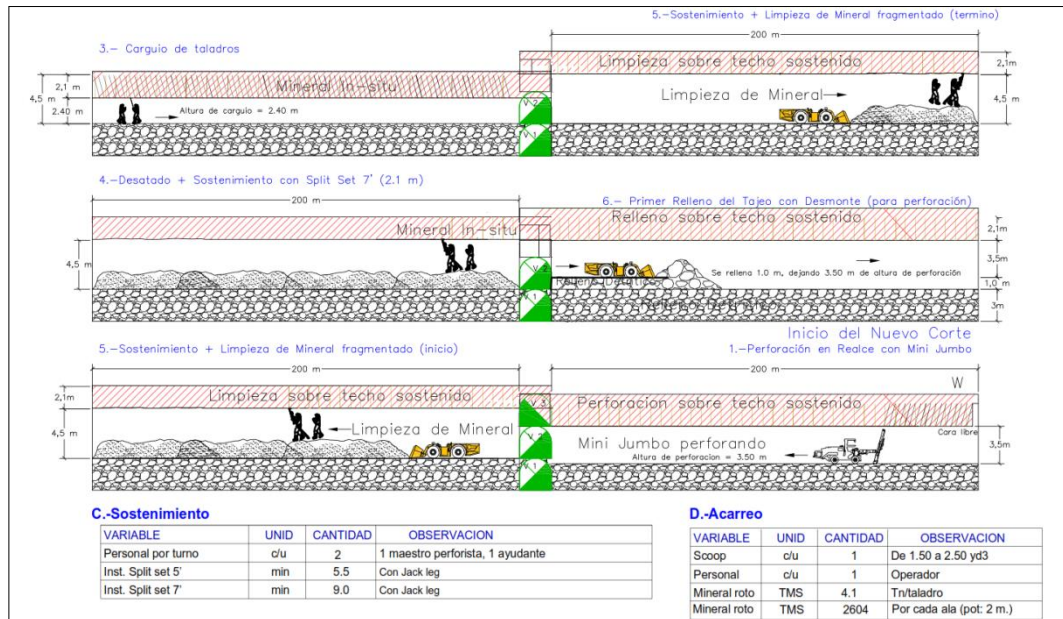


Figura 12. Extraída del estándar de minado de la Unidad Minera.



Figura 13. Extraída del estándar de minado de la Unidad Minera.

### 3.3 PROGRAMA DE PRODUCCIÓN Y AVANCES - BUDGET 2017

La elaboración de los programas de producción y avances en la unidad minera, se realiza mediante reuniones juntamente con todas las áreas operativas y en coordinación con las gerencias. Se elaboran programas Anuales, mensuales y Semanales, con el objetivo de ir controlando y ajustando el cumplimiento de los objetivos y metas generales de la empresa.

Para la elaboración del plan anual el área de Planeamiento convoca a una reunión a todas las áreas para hacer llegar los objetivos trazados por la gerencia durante el año, de donde se elabora un cronograma de entrada de información de las diferentes áreas, luego de haber reunido toda la información se realiza la presentación a la gerencia de dicho plan que comprende: Tonelaje y Ley a producir, Metros de avances en las diferentes etapas (Exploración, Preparación, Desarrollo, Inversión), metros de sondajes diamantinos, Reservas a cubicar, Requerimiento de recursos humanos, equipos y materiales, Ratios e indicadores de operación proyectados.

En cuanto a los programas mensuales y semanales se realiza mediante un equipo conformado por las áreas de Mina, geología, planeamiento y la empresa contratista, mediante un pre recorrido en interior mina, para luego ser analizado en gabinete con los planos de muestreo, planos de proyectos, distribución de personal, estados de equipos (Jumbo, Scoop, Volquete), donde se va definiendo la zonas y tramos a producir.

TIPO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL 2017
TMS/MES	27,925	26,102	29,045	27,900	35,960	34,800	35,960	39,060	37,800	39,060	40,800	42,160	416,571
TMS/DIA	901	932	937	930	1,160	1,160	1,160	1,260	1,260	1,260	1,360	1,360	1,140
oz Ag	4.02	4.15	4.40	4.08	4.14	4.11	4.12	4.27	4.19	4.08	4.05	4.02	4.13
% Pb	3.98	3.49	3.30	3.38	3.38	3.39	3.37	3.40	3.46	3.55	3.58	3.60	3.49
% Zn	3.93	3.75	3.91	3.78	3.88	3.87	3.85	3.71	3.76	3.70	3.69	3.70	3.79
% Cu	0.37	0.31	0.37	0.36	0.35	0.35	0.35	0.33	0.33	0.35	0.36	0.36	0.35
N° TAJEOS	11	14	10	9	13	13	13	13	12	13	13	13	13
V.E. 2017	148.9	141.1	144.4	141.9	141.8	141.3	141.0	141.2	141.6	141.2	141.2	141.2	142.1

Cuadro 5. Programa Anual de Producción – BUDGET 2017

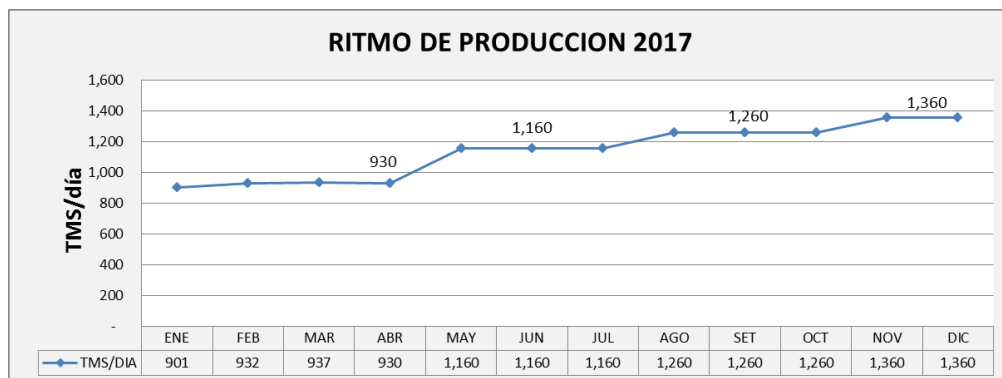


Figura 14. Ritmo de Producción 2017

Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	TOTAL-17
FASE	ENE-17	FEB-17	MAR-17	ABR-17	MAY-17	JUN-17	JUL-17	AGO-17	SEP-17	OCT-17	NOV-17	DIC-17	TOTAL-17
EXPLORACION	323	300	193	374	430	470	550	600	600	630	630	630	5,730
DESARROLLO	110	137	122	112	300	350	440	420	420	400	420	420	3,651
PREPARACION	320	390	371	374	430	510	580	550	550	540	520	520	5,654
INVERSION	-	25	184	140	140	170	180	180	180	180	180	180	1,739
<b>Total general</b>	<b>752</b>	<b>852</b>	<b>870</b>	<b>1,000</b>	<b>1,300</b>	<b>1,500</b>	<b>1,750</b>	<b>1,750</b>	<b>1,750</b>	<b>1,750</b>	<b>1,750</b>	<b>1,750</b>	<b>16,774</b>

Cuadro 6. Programa Anual de Avances – BUDGET 2017

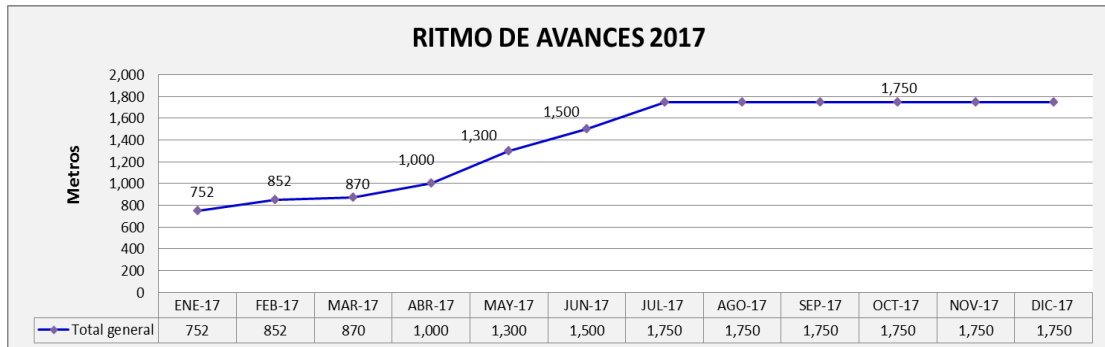


Figura 15. Ritmo de Avance 2017

### 3.4 COSTO DE MINADO

El control de los costos en la unidad minera es realiza mediante el departamento de costos, quien va controlando mediante los presupuestos que se van generando en periodos anuales y mensuales.

El costo de producción está determinado por Mina y Planta concentradora, en donde se tiene:

Costos Variables que incluye materiales, energía, traslado de mineral y desmonte, ejecución de labores mineros mediante las contratistas mineros, Representando para la empresa un 59% del costo general.

Costos Fijos: que incluye mano de Obra, mantenimiento de equipos y maquinarias, alquileres, servicios de terceros (comedores, centro médico, vigilancia), comunicaciones, seguros, depreciaciones, etc. Representando para la unidad un 41% del costo de general.

<b>Costos de Produccion 2016</b>			
<b>MINA</b>			
<b>Produccion de mineral TM</b>	<b>283,962.43</b>		
	<b>TOTAL</b>		
<b>Costos variables</b>	<b>US\$</b>	<b>Unitario</b>	<b>%</b>
Contratistas Mineros	9,294,614	32.73	43%
Perforacion Diamantina	413,117	1.45	2%
Materiales	1,231,952	4.34	6%
Transporte de Mineral	759,351	2.67	4%
Transporte de Desmonte	108,114	0.38	1%
Transporte de Material	407,294	1.43	2%
Energia	1,409,093	4.96	7%
<b>Total costo variables</b>	<b>13,623,535</b>	<b>47.98</b>	<b>63%</b>
<b>Costos Fijos</b>			
Mano de Obra	3,662,430	12.90	17%
Mantenimientos de Maq. y Equipos	414,501	1.46	2%
Asesorias y consultorias	141,245	0.50	1%
Servicio medico	129,410	0.46	1%
Servicio de seguridad y vigilancia	267,188	0.94	1%
Alquileres	303,867	1.07	1%
Comedor mina	307,116	1.08	1%
Servicios Subcontratos	445,886	1.57	2%
Responsabilidad social	380,486	1.34	2%
Comunicaciones	61,413	0.22	0%
Seguros	221,427	0.78	1%
Depreciacion	1,331,155	4.69	6%
Otros gastos varios	245,990	0.87	1%
<b>Total costo fijos</b>	<b>7,912,115</b>	<b>27.86</b>	<b>37%</b>
<b>Total C/U de Produccion Mina</b>	<b>21,535,649</b>	<b>75.84</b>	<b>100%</b>
<b>PLANTA</b>			
<b>Mineral Tratado TM</b>	<b>283,714.07</b>		
	<b>TOTAL</b>		
<b>Costos variables</b>	<b>US\$</b>	<b>Unitario</b>	<b>%</b>
Materiales	2,715,026	9.57	29%
Transporte de Desmonte	308,387	1.09	3%
Transporte de Material	302,479	1.07	3%
Energia	1,347,130	4.75	14%
<b>Total costo variables</b>	<b>4,673,022</b>	<b>16.47</b>	<b>50%</b>
<b>Costos Fijos</b>			
Mano de Obra	802,864	2.83	9%
Mantenimientos de Maq. y Equipos	513,626	1.81	6%
Alquileres	314,831	1.11	3%
Comedor mina	47,914	0.17	1%
Servicios Subcontratos	1,093,865	3.86	12%
Depreciacion	1,850,118	6.52	20%
Otros gastos varios	8,261	0.03	0%
<b>Total costo fijos</b>	<b>4,632,098</b>	<b>16.33</b>	<b>50%</b>
<b>Total C/U de Produccion Planta</b>	<b>9,305,120</b>	<b>32.80</b>	<b>100%</b>
<b>Total Costo Variable</b>	<b>18,296,557</b>	<b>64.45</b>	<b>59%</b>
<b>Total Costo Fijo</b>	<b>12,544,212</b>	<b>44.19</b>	<b>41%</b>
<b>Total Costo General</b>	<b>30,840,769</b>	<b>108.64</b>	<b>100%</b>

Cuadro7. Cuadro de distribución de costo según comportamiento

En cuanto a mina la distribución de los costos generados por la explotación de minerales son clasificados de acuerdo a la etapa que se encuentra cada actividad como Exploración, preparación, desarrollo, Extracción, Producción y sondajes diamantinos.

Naturalmente la actividad que genera mayor coste es la extracción de mineral y desmonte de interior mina a planta concentradora con un promedio de 26 \$/Tm. Seguido por preparación y exploración, para un mejor manejo de costo y mayor productividad la unidad decidió realizar estas actividades mediante terceros,

Empresas contratistas, quienes son encargadas de una actividad específica y como socios estratégicos para el cumplimiento de la metas de la empresa.

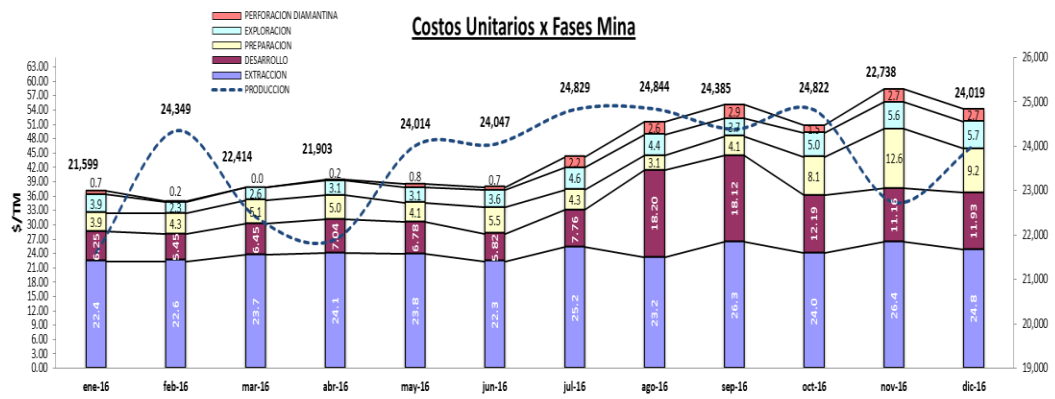


Figura 16. Cuadro de distribución de costo según actividad minera.

## **CAPITULO IV**

### **PROYECTO CX 350 TOROMACHAY**

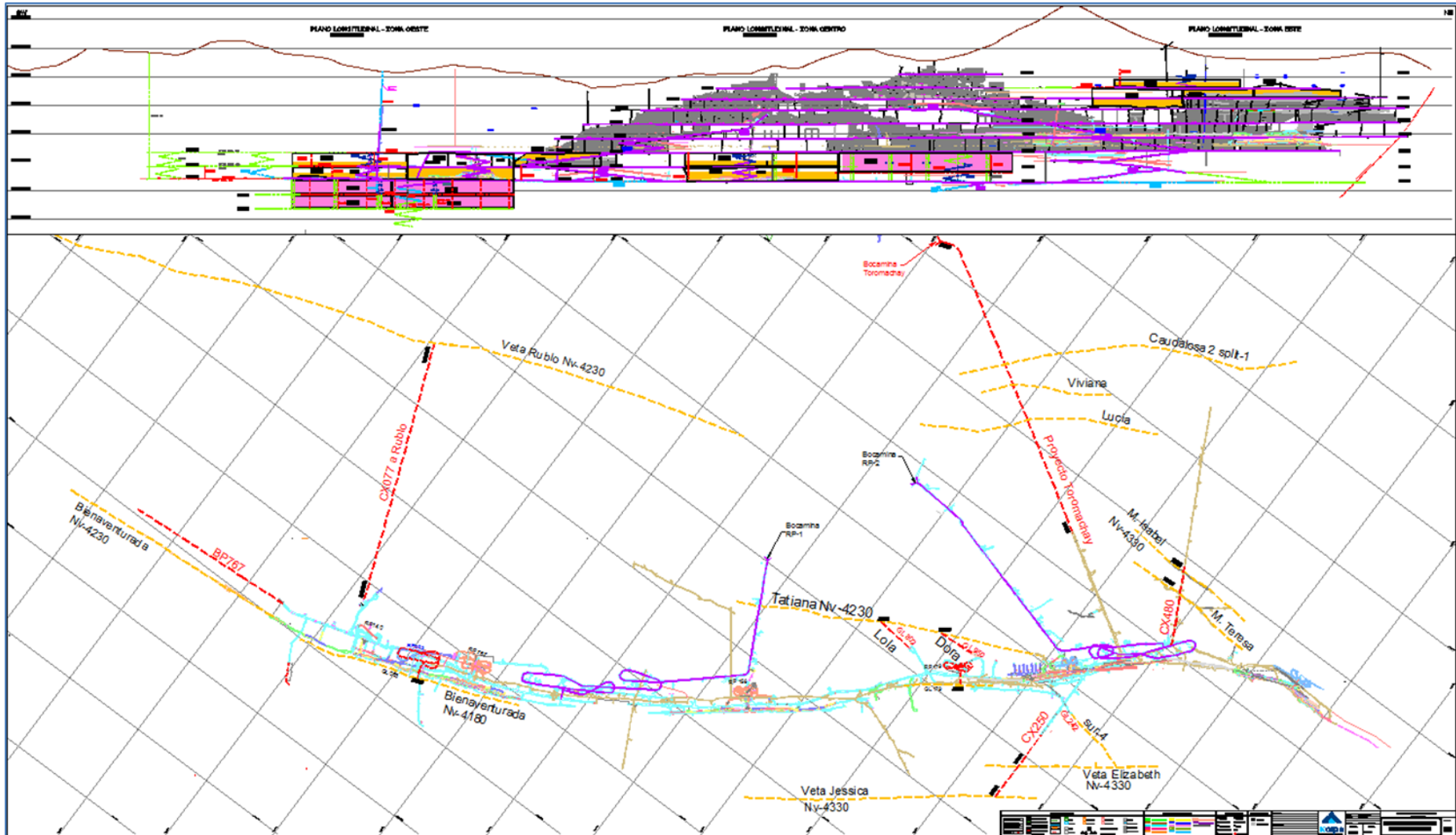
#### **4.1 PLANEAMIENTO A MEDIANO PLAZO.**

La Compañía Minera Kolpa, tiene como meta a mediano plazo incrementar su producción a 2000 TMD, para ello vio como conveniente iniciar y plantear nuevos proyectos que logre expandir las operaciones generando nueva reservas.

A continuación se va realizar un recuento de estos proyectos:

- a) Cx 250: Crucero de sección de 4.0 x 4.0 en el Nv 4330, que inicia a partir de la Rampa 02 y que tiene la finalidad de cortar la Veta Jessica y Elizabeth anteriormente minados en los niveles superiores.
- b) Cx 350: Proyecto con múltiples beneficios para la empresa, en su trayecto posible a cortar hasta 5 diferentes vetas y a su vez reduciendo la distancia de extracción de mineral, generando nuevo acceso para la mina.
- c) Cx 077: Proyecto de más de 1 km. Que tiene como finalidad impactar la Veta rublo, reactivando la mina rublo por el Nv 4230.
- d) Patara: La empresa en su afán de expandir logra obtener la concesión Patara a inicios del 2017, incrementando la veta Bienaventura como mineral potencial en 2.0 km al Este.
- e) Sistema principal de Bombeo: Proyecto que se viene ejecutando a partir del 2015 que contempla cámaras para sedimentación y neutralización de las aguas acidas que se tiene en interior mina para luego ser reutilizado por las operaciones mineras.

Figura 17. Plano general de proyectos a mediano Plazo.



## 4.2 PROYECTO CX 350 TOROMACHAY.

### 4.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Uno de los objetivos estratégicos de la compañía es la exploración del yacimiento en nuestra zona de operaciones así mismo la mejora de procesos y por consecuencia la reducción de costos, por tal razón plantea el proyecto “CX 350\_TORO MACHAY”, proyecto que se viene ejecutando a partir de interior mina desde el 2014, pero debido al caída del precio de los metales en el 2015 se decido su postergación, ya que se tenía que priorizar las labores y asignar los recursos al desarrollo de la mina en el zonas de producción.

Datos actuales del proyecto.

LONG. EJECUTADO	473 m.
SECCIÓN DE LABOR	4.5 x 4.0 m.
CAMARA DE CARGUIO	02 Und.
SUB ESTACIÓN ELECTRICA	01 Und.
CAMARA ALIMACK	01 Und.
CHIMENEA RC VENTILACIÓN	70 m.
FECHA DE PARALIZACIÓN	FEBRERO 2015
<b>COSTO DEL PROYECTO EJECUTADO</b>	<b>\$385,598.0</b>

Cuadro 8. Datos del proyecto Toromachay.

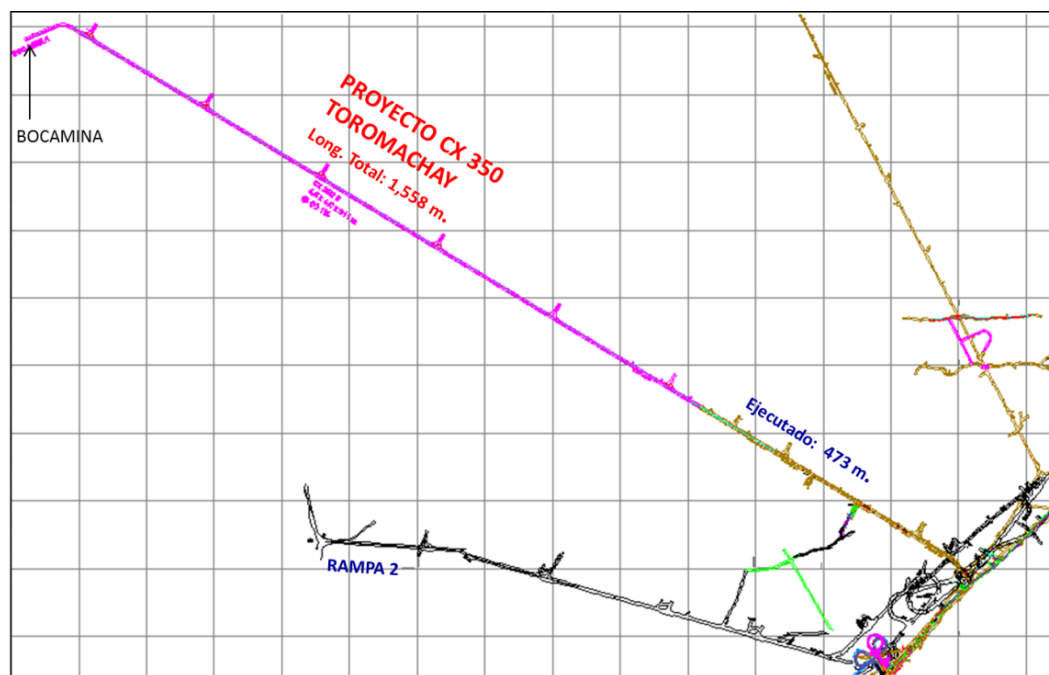


Figura 18. Plano de Ubicación del Proyecto.

Como se observa en el cuadro en las condiciones actuales del proyecto se cuenta con un costo de inversión estancado, y no generando ningún beneficio para la empresa.

#### 4.2.2 ESTUDIO GEOMECÁNICO

El proyecto del Cx 350 – Toromachay geológicamente se encuentra emplazada en rocas andesíticas, la mayor longitud de la excavación del proyecto atravesara flujos de lavas, lavas estrato volcánicos, brechas andesíticas , y en menor escala se atravezara rocas conformada por brechas tufo – brechas, Así mismo se observa que se interceptara en forma transversal las proyecciones del lineamientos estructurales asociados a estructuras mineralizadas que favorecen a la estabilidad de la excavación, los lineamientos estructurales tienen una orientación NE-SW con inclinación al SE como son trazas de la, Veta Marisabel, Veta Mariteresa , Veta Esperanza, Veta caudalosa y Veta Silvia.

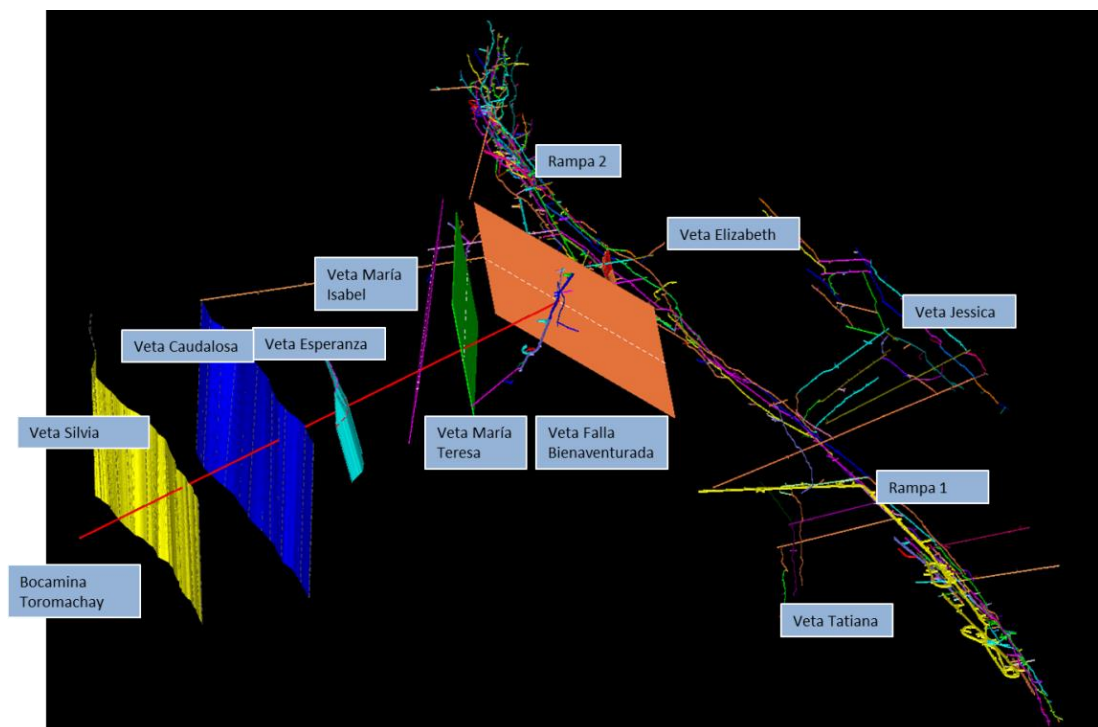


Figura 19. Vista en Isométrica de las posibles vetas a atravesar.

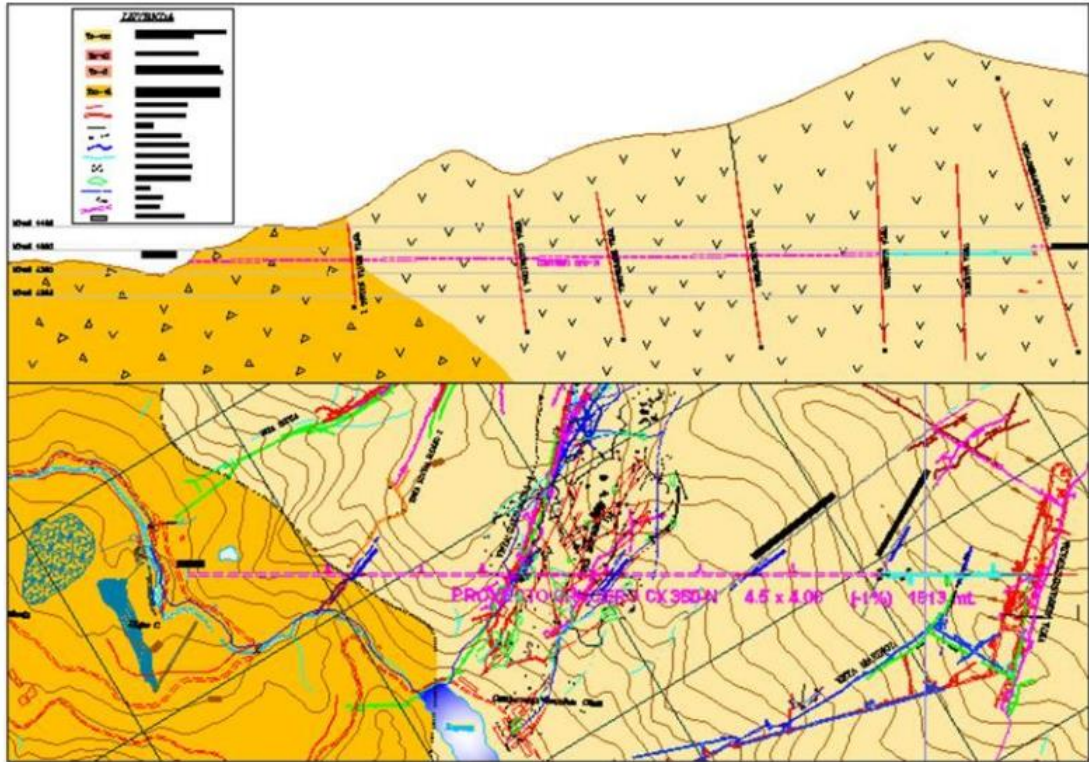


Figura 20. Plano de litología y lineamiento estructurales.

Para garantizar la estabilidad de la excavación subterránea el departamento de Geomecánica de la unidad minera realizó unos estudios de simulaciones bajo conceptos de análisis de estabilidad basados en elementos finitos que no permite analizar el FoS en el contorno de la excavación y a su vez definir el límite de máxima deformación (límite plástico).

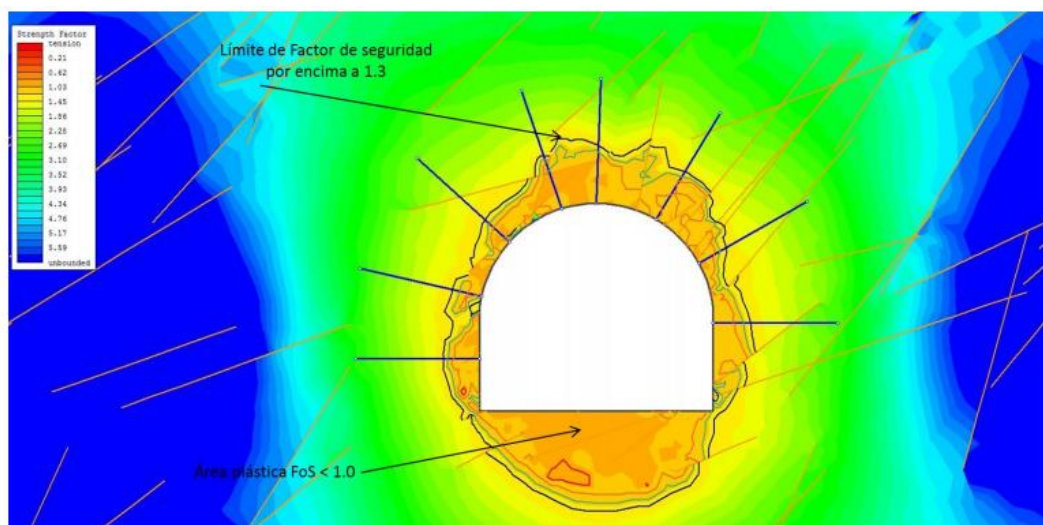


Figura 21. Análisis de estabilidad de la excavación Cx 350.

En la figura se puede apreciar el contorno azul como el límite de estabilidad con un FoS > 1.3 encontrándose la excavación en equilibrio con el incremento de rigidez.

#### 4.2.3 ALTERNATIVAS DE PROYECTO

El proyecto Cx 350 debido a la importancia y beneficios que va generar a la empresa se plantea dos alternativas de proyecto como se muestra en el plano a continuación.

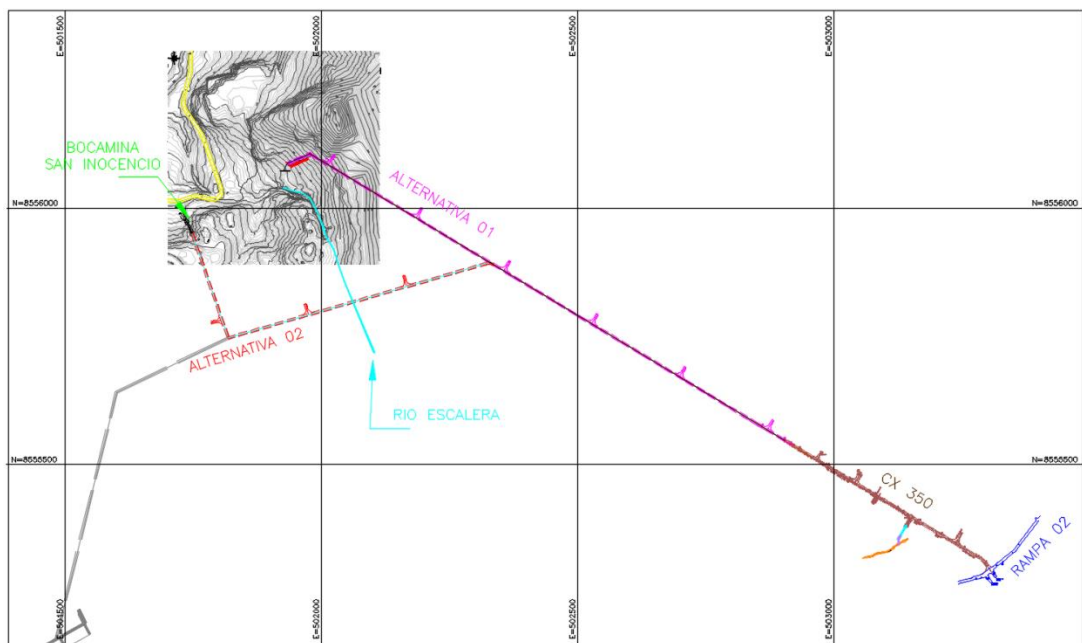


Figura 22. Plano de alternativas de proyecto Cx 350.

Como se muestra en el plano la alternativa 01 pudiendo ser la más cercana a superficie requeriría de una nueva bocamina en superficie, pudiendo generar conflictos sociales e impactos ambientales.

Sin embargo la alternativa 02 contaría con una antigua bocamina y teniendo la posibilidad de acceso a la Veta Rublo, con la desventaja de pasar a 60 m. debajo del Río Escalera pudiendo provocar inestabilidad e inundaciones.

#### 4.2.4 ALTERNATIVA 01 – BOCAMINA TOROMACHAY

Como primera alternativa se propone realizar un crucero de 4.5 x 4.0 con una longitud de 1600 metros a partir de la rampa 02 en el nivel 4330, que en su trayecto atravesaría 5 vetas reconocidas (Veta Marisabel, Veta Mariteresa, Veta Esperanza, Veta caudalosa y Veta Silvia.), para final mete conectar a superficie mediante una nueva bocamina, generando el ingreso de aire fresco a la zona de operación de la Rampa 02, otro beneficio que generaría sería la reducción de la distancia de extracción de mineral de interior mina a planta concentradora.

La cercanía de la nueva bocamina hacia planta reduciría el impacto ambiental que se genera por el tránsito de los volquetes en la ruta principal de superficie.

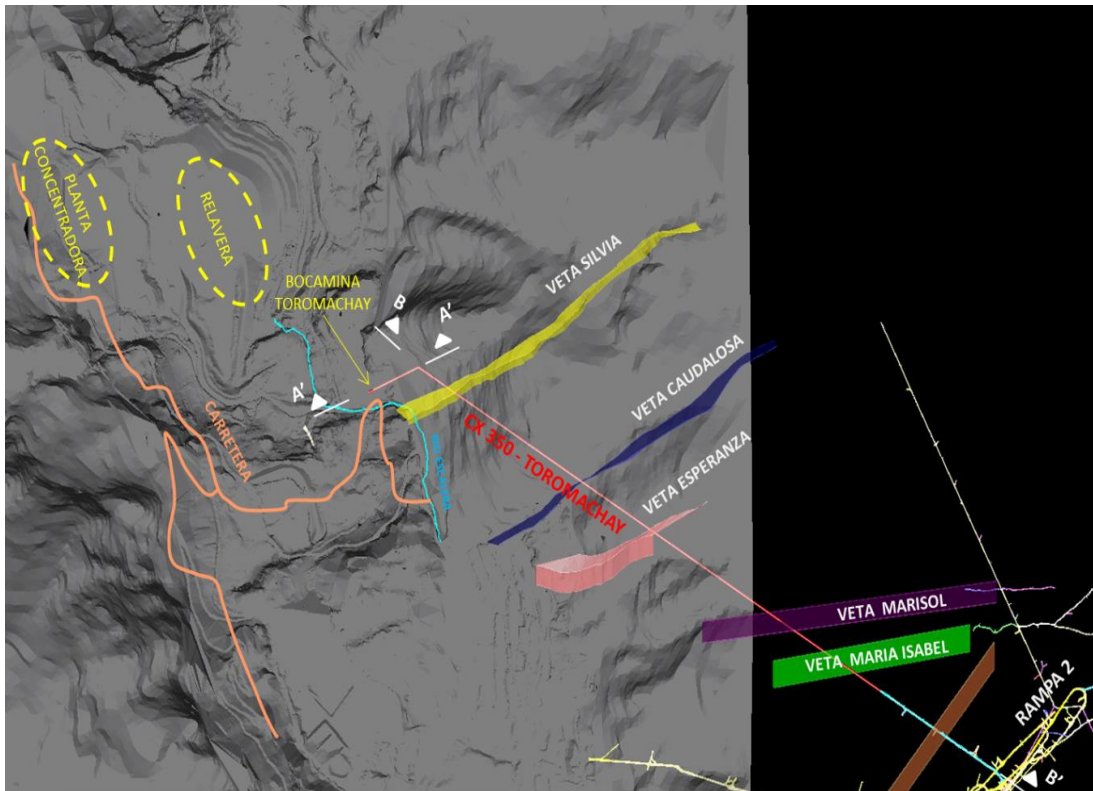


Figura 23. Vista isométrica de proyecto CX 350 – Alternativa 01

Estimación de la inversión para la alternativa 01: realizando un presupuesto de los recursos, materiales, equipos, energía que se requeriría para la ejecución de este crucero de 1600 metros.

ALTERNATIVA 01 - CX 350 - 1600 metros								
LABOR	FASE	INCIDENCIA	CANTIDAD	ANCHO	ALTO	LONG.	VOLUMEN	OBJETIVO
Crucero principal	Inversión	1	1	4.5	4	1600	43,200	Rampa de preparación
Camara de Carguio	Inversión	1	8	4	4	20	3,840	Chimenea OP
CH ALIMACK	Inversión	1	2	1.8	1.8	70	680	Chimenea Alimack de ventilación
CM Alimak	Inversión	1	2	4.5	4	20	1,080	Camara para nido de chimenea Alimack
Camara Sub estación	Inversión	1	1	4	4	20	480	Camara para subestación Eléctrica
Refugios peatonales	Inversión	1	1	1.5	1.5	20	124.8	Refugios peatonales

### FLUJO DE FONDOS

EVALUACION ECONOMICA - CX 350 TORO MACHAY						
CRONOGRAMA DE PREPARACIÓN E INFRAESTRUCTURA	LABOR	Und	Ancho	Alto	PU	CANTID
					\$/und	m
	Crucero principal	m	4.5	4	653.2	1600
Camara de Carguio	m	4	4	497.5	160	
CH ALIMACK	m	1.8	1.8	1,242.5	140	
CM Alimak	m	4.5	4	612.5	40	
Camara Sub estación	m	4	4	572.0	20	
Refugios peatonales	m	1.5	1.5	124.8	64	
Generación de desmante.	m3			3.5		
Consumo de Energía						
Jumbo - 75 HP	Kw			0.10150		
Equipo Alimack - 50 HP	Kw			0.10150		
Ventiladores - 50 HP	Kw			0.10150		
<b>TOTAL METROS DE AVANCE</b>						

CRONOGRAMA DE COSTOS	EGRESOS DEL PROYECTO	Und	Ancho	Alto	PU	TOTAL
					\$/und	US\$ \$
	Crucero principal	m	4.5	4	653.2	1,045,173
Camara de Carguio	m	4	4	497.5	69,647	
CH ALIMACK	m	1.8	1.8	1,242.5	173,955	
CM Alimak	m	4.5	4	612.5	24,501	
Camara Sub estación	m	4	4	572.0	11,439	
Refugios peatonales	m	1.5	1.5	124.8	7,987	
Extracción de Desmante	m3			3.5	148,683	
Consumo de Energía	\$/Kw-Hr			0.10150	0	
Jumbo - 75 HP					71,253	
Equipo Alimack - 50 HP					7,308	
Ventiladores - 50 HP					98,658	
					0	
					0	
<b>TOTAL EGRESOS DEL PROYECTO US\$ \$</b>					<b>1,658,606</b>	

BENEFICIOS	INGRESOS	UND	Certeza	PU	TOTAL	
	<b>RESERVAS+RECURSOS</b>	<b>\$/TON</b>			<b>141</b>	<b>4,276,857</b>
	Certeza Probado	%		90%		
VETA MARIA ISABEL - Potencial	TMS	83285.8	70%	68.36	1,138,683.5	
VETA MARIA TERESA - Potencial	TMS	79533.6	70%	48.9	777,838.6	
VETA ESPERANZA - Potencial	TMS	49003.9	70%	107.3	1,051,624.3	
VETA CAUDALOSA - Inferido	TMS	57361	80%	119.78	687,067.1	
VETA SILVIA - Inferido	TMS	56181	80%	110.65	621,643.9	
<b>EXTRACCIÓN DE MINERAL</b>	<b>\$/Tn-Km</b>	<b>30000</b>		<b>0.52</b>	<b>274,560</b>	
Distancia de ahorro	Km	<b>0.8</b>				
<b>INGRESO DE AIRE</b>	<b>\$/Cfm</b>			<b>0.3</b>	<b>121,000</b>	
Caudal de aire fresco	Cfm	100,000				
<b>TOTAL INGRESOS - VENTAS US\$ \$</b>					<b>4,438,677</b>	

Cuadro 10. Flujo de fondos para la Alternativa 01 INGRESO-EGRESO (US\$ \$) = 2,780,071.5

Del cuadro 10 se obtiene una inversión de 1 658 606 dólares con un tiempo de ejecución de 28 meses y logrando generar beneficios de 4 438 677 dólares.

#### 4.2.5 ALTERNATIVA 02 - BOCAMINA SAN INOCENTE:

Esta segunda alternativa se propone realizar un crucero de 4.5 x 4.0 con una longitud de 1890 metros a partir de la rampa 02 en el nivel 4330, que en su trayecto atravesaría 4 vetas reconocidas (Veta Marisabel, Veta Mariteresa, Veta Esperanza, Veta caudalosa) y luego ser desviado para pasar por debajo del rio escalera y final mete conectar a la bocamina san inocente.

La dificultad para la alternativa es la presencia del rio escalera que se sobrepone al Crucero teniendo la posibilidad de provocar inundaciones e inestabilidad.

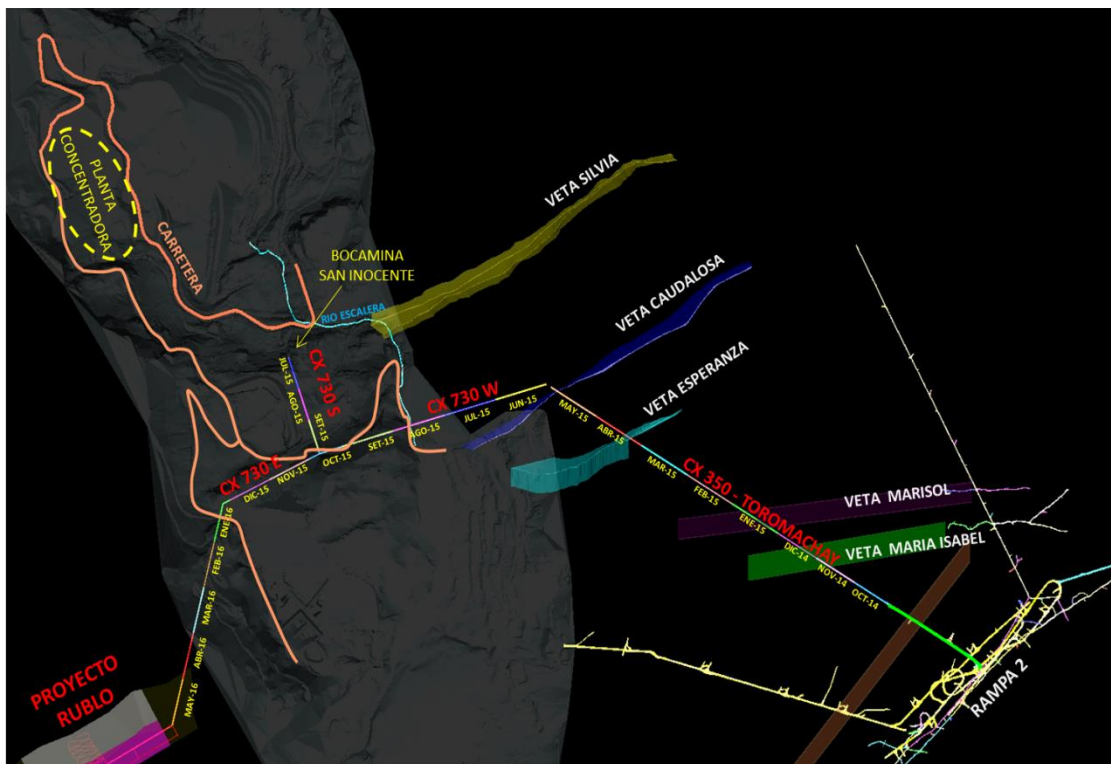


Figura 24. Vista isométrica de proyecto CX 350 – Alternativa 02

Para la estimación de la inversión para la alternativa 02; realizando un presupuesto de los recursos, materiales, equipos, energía que se requeriría para la ejecución de este crucero de 1890 metros.

ALTERNATIVA 02 - CX 350 - 1890 metros								
LABOR	FASE	INCIDENCIA	CANTIDAD	ANCHO	ALTO	LONG.	VOLUMEN	OBJETIVO
Crucero principal	Inversión	1	1	4.5	4	1890	51,030	Rampa de preparación
Camara de Carguio	Inversión	1	9	4	4	20	4,320	Chimenea OP
CH ALIMACK	Inversión	1	2	1.8	1.8	70	680	Chimenea Alimack de ventilación
CM Alimak	Preparación	1	2	4.5	4	20	1,080	Camara para nido de chimenea Alimack
Camara Sub estación	Preparación	1	1	4	4	20	480	Camara para subestación Electrica
Refugios peatonales	Preparación	1	38	1.5	1.5	2	255	Refugio peatonales

Cuadro 11. Laboreo minero requerido para la alternativa 02

### FLUJO DE FONDOS

EVALUACION ECONOMICA -CX 350 TORO MACHAY						
CRONOGRAMA DE PREPARACIÓN E INFRAESTRUCTURA	LABOR	Und	Ancho	Alto	PU	CANTID
					\$/und	m
	Crucero principal	m		4.5	4	653.2
Camara de Carguio	m		4	4	497.5	180
CH ALIMACK	m		1.8	1.8	1,242.5	140
CM Alimak	m		4.5	4	612.5	40
Camara Sub estación	m		4	4	572.0	20
Refugios peatonales	m		1.5	1.5	124.8	76
Generación de desmonte.	m3				3.5	
Consumo de Energia						
Jumbo - 75 HP	Kw				0.10150	
Equipo Alimack - 50 HP	Kw				0.10150	
Ventiladores - 50 HP	Kw				0.10150	
<b>TOTAL</b>						

CRONOGRAMA DE COSTOS	EGRESOS DEL PROYECTO	Und	Ancho	Alto	PU	TOTAL
					\$/und	US\$
	Crucero principal	m	4.5	4	653.2	1,234,611
	Camara de Carguio	m	4	4	497.5	89,547
	CH ALIMACK	m	1.8	1.8	1,242.5	173,955
	CM Alimak	m	4.5	4	612.5	24,501
	Camara Sub estación	m	4	4	572.0	11,439
	Refugios peatonales	m	1.5	1.5	124.8	9,485
						0
	Extracción de Desmonte	m3			3.5	175,469
	Consumo de Energia	\$/Kw-Hr			0.10150	0
	Jumbo - 75 HP					82,215
	Equipo Alimack - 50 HP					7,308
	Ventiladores - 50 HP					118,755
						0
	<b>TOTAL EGRESOS DEL PROYECTO US\$</b>					<b>1,927,285</b>
BENEFICIOS	<b>INGRESOS</b>	<b>UND</b>			<b>PU</b>	<b>TOTAL</b>
	<b>RESERVAS+RECURSOS</b>	<b>\$/TON</b>			<b>141</b>	<b>3,655,213</b>
	Certeza Probado	%		90%		
	VETA MARIA ISABEL - Potencial	TMS	83285.8	70%	68.36	1,138,683.5
	VETA MARIA TERESA - Potencial	TMS	79533.6	70%	48.9	777,838.6
	VETA ESPERANZA - Potencial	TMS	49003.9	70%	107.3	1,051,624.3
	VETA CAUDALOSA - Inferido	TMS	57361	80%	119.78	687,067.1
	<b>EXTRACCIÓN DE MINERAL</b>	<b>\$/Tn-Km</b>	<b>30000</b>		<b>0.52</b>	<b>224,640</b>
	Distancia de ahorro	Km	<b>0.8</b>			
	<b>INGRESO DE AIRE</b>	<b>\$/Cfm</b>			<b>0.3</b>	<b>99,000</b>
Caudal de aire fresco	Cfm	100,000				
	<b>TOTAL INGRESOS - VENTAS US\$</b>					<b>3,745,113</b>

INGRESO-EGRESO (US\$)= 1,817,828.3

Cuadro 12. Cuadro de flujo de fondos para la Alternativa 02

Del cuadro 12 se estima una inversión de 1 927 285 dólares con un tiempo de ejecución de 30 meses y logrando generar beneficios de 3 745 113 dólares.

#### 4.2.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA AMBAS ALTERNATIVAS

Para la evaluación económica se acude a los conceptos de matemática financiera, realizando una evaluación de flujo de caja para ambos proyectos, obteniendo los siguientes resultados.

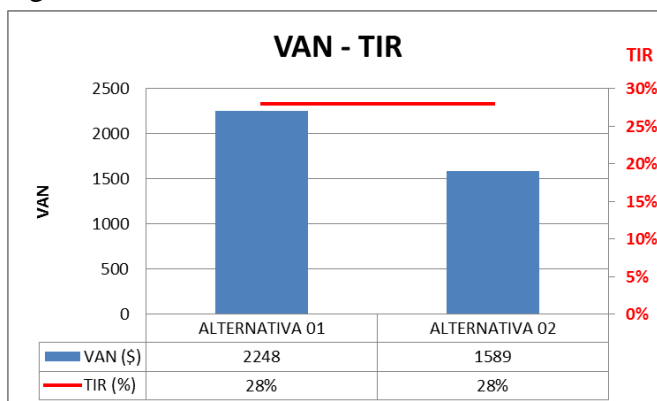


Figura 25. Diagrama de VAN - TIR

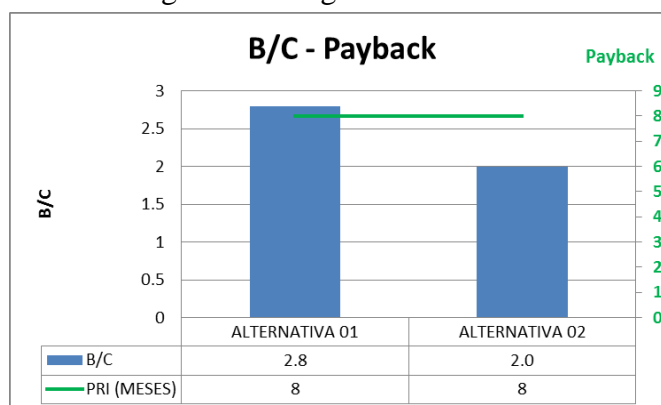


Figura 26. Diagrama de B/C – Payback

Que ambas alternativas son factibles su ejecución desde el punto de vista económico, obteniendo unos valores actuales netos positivos de 2248 y 1589 con una tasa interna de retorno hasta de 28% para ambas alternativas, así también con un periodo de retorno de 8 meses en ambas alternativas y con un costo/beneficio de 2.8 para la primera alternativa y de 2.0 para la segunda alternativa.

De acuerdo este análisis se podría optar por la primera alternativa por tener el más alto retorno en cuanto a costo/beneficio.

Cuadro 13. Flujo de caja para la Alternativa 01.

EVALUACION ECONOMICA -CX 350 TORO MACHAY																											PLANEAMIENTO																				
FLUJO DE CAJA APROXIMADO DEL PROYECTO																																															
Análisis Preliminar Beneficio/Costo		Fuentes de Costo										Beneficios										B/C																									
		1,659										4,565										2.8																									
Parámetros de Selección del Proyecto		Valor Presente Neto (VPN)	Tasa Interna de Retorno (TIR)																								28%	Periodo de Retorno de Inversión					8														
		PERIODOS DEL PROYECTO Y PERIODOS OPERACIÓN																																													
RUBROS DE CONTROL		OPERACIÓN PARA RETORNO DE INVERSION																																													
EGRESOS DEL PROYECTO		FASE 1																																													
INGRESOS OPERATIVOS		VENTA 1																																													
BALANCE																																															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42				
EGRESOS DEL PROYECTO		54.5	56.6	53.0	101.6	102.1	56.6	65.9	58.4	58.1	54.8	58.1	58.4	54.8	58.1	103.1	104.2	56.7	60.0	60.2	56.7	60.0	60.0	56.7	60.0	60.0	30.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INGRESOS OPERATIVOS		0	0	0	0	0	0	1.139	0	0	0	778	0	0	1,052	0	0	0	687	0	0	0	622	0	0	0	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
BALANCE		-54.5	-56.6	-53.0	-101.6	-102.1	-56.6	-65.9	1,080.3	-58.1	-54.8	-58.1	719.4	-54.8	-58.1	948.5	-104.2	-56.7	-60.0	626.8	-56.7	-60.0	-60.0	565.0	-60.0	-60.0	-30.3	18.0	18.0	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	
		* valores en miles de dólares																																													

Cuadro 14. Flujo de caja para la Alternativa 02.

EVALUACION ECONOMICA -CX 350 TORO MACHAY																											PLANEAMIENTO																							
FLUJO DE CAJA APROXIMADO DEL PROYECTO																																																		
Análisis Preliminar Beneficio/Costo		Fuentes de Costo										Beneficios										B/C																												
		1,927										3,871										2.0																												
Parámetros de Selección del Proyecto		Valor Presente Neto (VPN)	Tasa Interna de Retorno (TIR)																								28%	Periodo de Retorno de Inversión					8																	
		PERIODOS DEL PROYECTO Y PERIODOS OPERACIÓN																																																
RUBROS DE CONTROL		OPERACIÓN PARA RETORNO DE INVERSION																																																
EGRESOS DEL PROYECTO		FASE 1																																																
EGRESOS OPERATIVOS		GASTO 1																																																
INGRESOS OPERATIVOS		VENTA 1																																																
BALANCE																																																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42							
EGRESOS DEL PROYECTO		54.5	54.7	53.0	101.6	102.1	56.6	65.9	58.4	58.1	54.8	58.1	58.4	54.8	58.1	103.1	104.2	56.7	60.0	60.2	56.7	60.0	60.0	56.7	60.0	60.0	56.9	60.0	60.0	56.7	67.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
INGRESOS OPERATIVOS		0	0	0	0	0	0	1.139	0	0	0	778	0	0	1,052	0	0	0	687	0	0	0	622	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BALANCE		-54.5	-54.7	-53.0	-101.6	-102.1	-56.6	-65.9	1,080.3	-58.1	-54.8	-58.1	719.4	-54.8	-58.1	948.5	-104.2	-56.7	-60.0	626.8	-56.7	-60.0	-60.0	-56.7	-60.0	-60.0	-56.9	-60.0	-60.0	-57	-67	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18			
		* valores en miles de dólares																																																

**CAPITULO IV**  
**METODOLOGÍA DE ÁRBOL DE DECISIÓN EN EL CRUCERO**  
**350 - TOROMACHAY**

**5.1 TEORIA DE LAS DECISIONES EN LA UNIDAD MINERA.**

En el mundo minero, las situaciones para resolver problemas son múltiples y variadas, actualmente la manera de la toma de decisiones en el ámbito minero varían según al tiempo ya sea a largo, mediano o largo plazo y según a la jerarquía a quien lo corresponda.

Es importante saber que la toma de decisiones es una actividad que deben realizar todos los niveles de una organización minera u otra y sean de mayor o menor incidencia, todas implican una acción que conllevan a un determinado fin u objetivo propuesto.

Como profesionales de ingeniería de minas se debe tomar muchas decisiones todos los días, algunas de ellas son decisiones de rutina o intrascendentes mientras que otras tienen una repercusión drástica en las operaciones, seguridad y calidad, algunas de estas decisiones involucra la ganancia o pérdida de los objetivos, cumplimiento o incumplimiento a los programas y metas de la empresa, la decisión que tomemos puede ser acertada o errónea, cualquiera de las dos generara un aprendizaje.

La toma de decisión resulta más sencillo cuanto mayor es la información de la que se dispone, Por ejemplo decidir la limpieza de una labor a la cámara A o la cámara B sería más fácil si se supiera la distancia exacta, rendimiento del equipo, etc.

Para facilitarlos, los expertos han creado técnicas que les permitan tomar el camino más adecuado.

### **5.1.1 TECNICAS CUALITATIVAS:**

Para la toma de decisiones se requiere información sobre un problema dado a consultar expertos en el campo específico y confiar en su experiencia.

Sin embargo, esta información puede ser o no real.

Por lo tanto existe técnica para comprobar la veracidad de la información.

#### **a) LUVIA DE IDEAS.**

Técnica especialmente efectiva para generar ideas nuevas. El procedimiento consiste en que se reúne un grupo de personal en solucionar un problema en particular, técnica muy usada en la operaciones mineras.

#### **b) DECISIONES POR CONSENSO.**

Cuando los conocimientos sobre un tema en particular están repartidos entre varias personas, las decisiones por consenso no requieren el acuerdo total por parte de todos los miembros del grupo, aunque la debe ser aceptada para todos, esta técnica también es muy usada en la minería Ejemplo: en las investigaciones de accidentes.

#### **c) LA TECNICA DELPHI.**

Es un método para predecir el futuro utilizando expertos en el área a la cual pertenece el problema. Se conforma un grupo de expertos en el campo específico y ellos en forma independiente con su área de especialización.

Se realiza mediante diferentes ejercicios de cuestionarios y formularios mediante sin interacción directa de los miembros del grupo, al final quien junta toda la información analiza y toma la decisión.

### **5.1.2 TECNICAS CUANTITATIVAS:**

Las diferentes ciencias han desarrollado métodos de análisis y herramientas cuantitativas para la toma de decisiones objetivas, Estas pueden

ser usadas tanto de situaciones de certeza o incertidumbre.

**a) MATRIZ DE RESULTADOS**

Es un método para predecir el futuro utilizando expertos en el área a la cual pertenece el problema. Se conforma un grupo de expertos en el campo específico y ellos en forma independiente con su área de especialización.

**b) PROGRAMACIÓN LINEAL**

Es un método para predecir el futuro utilizando expertos en el área a la cual pertenece el problema. Se conforma un grupo de expertos en el campo específico y ellos en forma independiente con su área de especialización.

**c) TEORIA DE COLAS**

Es un método para predecir el futuro utilizando expertos en el área a la cual pertenece el problema. Se conforma un grupo de expertos en el campo específico y ellos en forma independiente con su área de especialización.

**d) EL ANÁLISIS DE MARKOV**

Es un método para predecir el futuro utilizando expertos en el área a la cual pertenece el problema. Se conforma un grupo de expertos en el campo específico y ellos en forma independiente con su área de especialización.

**e) ÁRBOL DE DECISIONES**

Un método eficaz de combinar conceptos de probabilidades y valor (o satisfacción) esperados en la solución de problemas complejos que involucra tanto incertidumbre como un gran número de alternativas.

**5.2 RIESGOS E INCERTIDUMBRES EN LA TOMA DE DECISIONES**

La esencia de asumir responsabilidades está en tomar decisiones y la mayoría de las decisiones que debemos tomar son decisiones frente a algún grado de incertidumbre asociado a un riesgo.

Cuando se emprende un proyecto, automáticamente se asume un riesgo, debemos identificar estos riesgos para luego tomar las medidas necesarias para minimizar las dificultades, nuestra capacidad de tomar decisiones, tiene que ver con asumir riesgos, ser creativo y buscar alternativas a problemas o retos aun no existentes.

Con demasiada frecuencia, los individuos deben basar sus decisiones en la limitada información de que disponen; de ahí que el monto y precisión de la información y el nivel de las habilidades de conceptualización de los individuos sean cruciales para la toma de decisiones acertadas.

Las condiciones en las que se toman las decisiones puedan clasificarse en términos generales como certidumbre, riesgo e incertidumbre, en la figura siguiente, estas condiciones aparecen como un continuo.

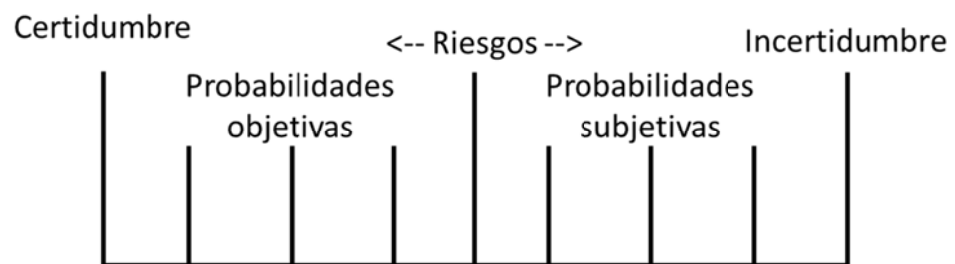


Figura 27. Diagrama de riesgos.

Algunas definiciones que nos ayudara a entender las tomas de decisiones bajo riesgo e incertidumbre.

**Toma de Decisiones Bajo Certeza:** En el ambiente de toma de decisiones bajo certidumbre, el tomador de decisiones conoce con certeza la consecuencia de cada alternativa, estrategia o curso de acción a tomar. Naturalmente, seleccionará la alternativa que maximizará la utilidad esperada.

**Toma de Decisiones Bajo Riesgo:** En el ambiente de toma de decisiones

bajo riesgo, hay varias posibles consecuencias para cada curso de acción, y el tomador de decisiones conoce la probabilidad de ocurrencia de todos y cada uno de los estados de la naturaleza posibles.

**Toma de Decisiones Bajo Incertidumbre:** En el ambiente de toma de decisiones bajo incertidumbre, hay varias posibles consecuencias para cada curso de acción, y el tomador de decisiones NO conoce la probabilidad de ocurrencia de varios de los estados de la naturaleza posibles.

**Esperanza matemática:** Es la suma de la probabilidad de cada posible suceso multiplicado por la frecuencia o cantidad del mismo suceso.

**Probabilidades objetivas o frecuentista:** La posibilidad de que ocurra resultados específicos con base en hechos consumados y conjuntos de datos definido por el número de veces se conoce como probabilidad objetiva, en la ingeniería la mayoría de las decisiones son tomadas en este escenario.

**Probabilidades subjetiva o bayesiana:** A la apreciación basada en juicios, experiencia, creencias, conocimientos y opiniones personales de que ocurra un resultado específico se conoce como probabilidad subjetiva o bayesiana.

Cuando se trabaja en yacimientos mineros a profundidades la aplicación de las probabilidades subjetivas son muy comunes, por ello la aplicación de la metodología de toma de decisiones para el Cx 350 Toromachay, se clasifica en parte como proyecto en riesgo e incertidumbre.

Existen Criterios sin utilizar las probabilidades de los estados de la naturaleza estos se utilizan cuando las probabilidades son desconocidas o ignoradas:

Los principales criterios de decisión en un ambiente de incertidumbre estructurada son los siguientes:

**a) Criterio de Laplace, racionalista o de igual verosimilitud.**

Parte del postulado de Bayes, según éste si no se conocen las probabilidades asociadas a cada uno de los estados de la naturaleza, no hay razón para pensar que unos tenga más probabilidades que otros, asignando a cada uno de ellos la misma probabilidad de ocurrencia. Una vez asignadas las probabilidades se calcula el valor monetario esperado para cada una de las alternativas o estrategias.

**b) Criterio optimista.**

Es el criterio que seguiría una persona que, pensara que cualquiera que fuera la estrategia que eligiera, el estado que se presentaría sería el más favorable para ella. A este criterio también se le denomina criterio del maxi-max: se determina cuál es el resultado más favorable que puede alcanzarse con cada estrategia y después se elige la alternativa que corresponde al máximo de estos máximos. Cuando los resultados son desfavorables se utiliza el criterio del mini-min: Se determina cuál es el mejor resultado que puede obtenerse con cada estrategia (el menor) y posteriormente se elige aquella que corresponda al mínimo de los mínimos.

**c) Criterio pesimista, o criterio de Wald.**

Es el que seguiría una persona que pensara que, cualquiera que fuera la estrategia que eligiera, el estado que se presentaría sería el menos favorable para ella. Si los resultados consecuencia de la decisión a adoptar son favorables para el decisor, el criterio a utilizar es el “maxi-min” es decir, el decisor escogerá para cada una de las alternativas el resultado más desfavorable, seguidamente de entre estos resultados escoge el máximo o lo que es lo mismo el mejor. Si los resultados consecuencia de la decisión a

adoptar son desfavorables para el decisor, el criterio a utilizar es el “mini-max” o lo que es lo mismo, el decisor escogerá para cada una de las alternativas el peor resultado (el mayor), a continuación, entre estos resultados escoge el mejor resultado, que al tratarse de resultados desfavorables (por ejemplo costes), sería el más reducido.

**d) Criterio de optimismo parcial de Hurwicz.**

Constituye un compromiso entre los criterios optimista y pesimista. Para su cálculo se introduce un coeficiente de optimismo ( $\alpha$ ) comprendido entre 0 y 1, y el complementario que sería el denominado coeficiente de pesimismo ( $1 - \alpha$ ). El mejor de los resultados de cada estrategia se pondera con el coeficiente de optimismo, en tanto que el peor de los resultados se pondera con el de pesimismo, sumándose los resultados de ambos productos. La alternativa a elegir según este criterio es aquella cuya suma de los resultados más y menos favorables debidamente ponderados sea la mejor.

**e) Criterio del mínimo pesar de Savage.**

Este criterio de decisión es el que siguen aquellos que tienen aversión a arrepentirse por equivocarse.

Formalmente, ha de partirse de la elaboración de la denominada matriz de pesares. Para ello debemos calcular lo que dejamos de ganar por no haber seleccionado en cada uno de los estados de la naturaleza la mejor estrategia. Así en cada uno de los estados de la naturaleza le restamos el mejor valor de las distintas estrategias correspondiente a dicho estado, así se iría construyendo la matriz de pesares o costes de oportunidad. Una vez construida dicha matriz, se seleccionaría el máximo valor de cada una de las estrategias y de estas el mínimo.

### **5.3 DEFINICIÓN DE ÁRBOL DE DECISIÓN**

Un árbol de decisión es una forma gráfica y analítica de representar todos los eventos que pueden surgir a partir de una decisión asumida en cierto momento.

En valoración de inversiones es una técnica de análisis de proyectos de inversión que envuelven escenarios con incertidumbre, generando diferentes alternativas de decisión existentes con costos, ingresos y probabilidades de ocurrencia.

Al apoyarse en la teoría de grafos, permite plantear de forma simplificada los problemas de decisiones, así como una comprensión más fácil al poder visualizar las distintas alternativas que pueden presentarse a lo largo del horizonte de planificación, obteniéndose al final del proceso de análisis y valoración la secuencia de decisiones óptimas que se deberían llevar a cabo.

Entre las fortalezas que presenta esta metodología se encuentra la posibilidad de tener en consideración todos los eventos que puedan afectar al proyecto objeto de análisis a lo largo del horizonte de planificación considerado, pudiéndose replantear la decisión inicial en algún período posterior. Además, el hecho de realizar el análisis de las distintas alternativas posibles, hace que en realidad no se esté analizando un único proyecto sino varios de forma simultánea. Por otra parte, esta técnica permite la introducción en el análisis de proyectos de inversión del riesgo.”

Como debilidades de esta metodología se basan en la subjetividad en la definición de las probabilidades que se asignan a cada uno de los sucesos, además dificulta la modelación de riesgos simultáneos bajo un árbol de decisiones.

### **5.4 DISEÑO DE ARBOL DE DECISIÓN**

El árbol de decisión se diseñará de tal forma que las decisiones que se correspondan con un mismo momento del tiempo dentro del horizonte de

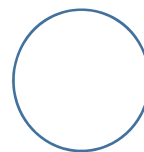
planificación estarán alineadas verticalmente. Por otra parte, hay que tener en cuenta que las alternativas de decisión están ordenadas cronológicamente, según se presentan en el tiempo, de izquierda a derecha, coincidiendo la primera decisión del árbol con el momento inicial.

Para el diseño de los árbol de decisión se utilizan los siguientes elementos:

- **Los nudos decisionales:** se utilizan para representar las distintas alternativas de sucesos o eventos de selección. Se representan gráficamente mediante un cuadrado.



- **Los nudos aleatorios:** representan los distintos estados del entorno que pueden presentarse, no teniendo el decisor capacidad de decisión sobre los mismos. A estos estados se les asigna una determinada probabilidad de ocurrencia, debiendo ser la suma de las probabilidades asignadas a los distintos estados que parten de un mismo nudo aleatorio la unidad. Se representan gráficamente mediante un círculo.



- **Los arcos o ramas:** se denominan así a las flechas que permiten la unión de dos nudos, es decir el paso de una situación a otra. En las ramas se representan las corrientes de cobros y pagos de cada una de las alternativas. En el caso de tratarse de ramas que partan de nudos decisionales incorporarán la probabilidad estimada de que se presente cada uno de los estados posibles.

Un árbol de decisión puede contener tantos nodos decisionales y aleatorios como se desee, que darán lugar a los distintos caminos a analizar, no existiendo tampoco limitación en la duración del horizonte temporal.

Una vez diseñado el árbol de decisión se procederá a la numeración tanto de los nodos decisionales, como aleatorios. De tal forma que el número 1 le corresponderá al nudo de decisión situado en la raíz del árbol, y a partir de ahí se numerarán los nodos que tienen lugar en el momento 1, y así sucesivamente. La numeración se realizará empezando por la parte de arriba hasta llegar al último nudo, situado en el mismo momento temporal, y será la continuación del último nudo numerado en el momento temporal inmediatamente anterior.

Las ramas finales del árbol de decisión nos indicarán el número de caminos a analizar, estando constituido cada uno de los caminos por la elección de las alternativas que lo preceden.

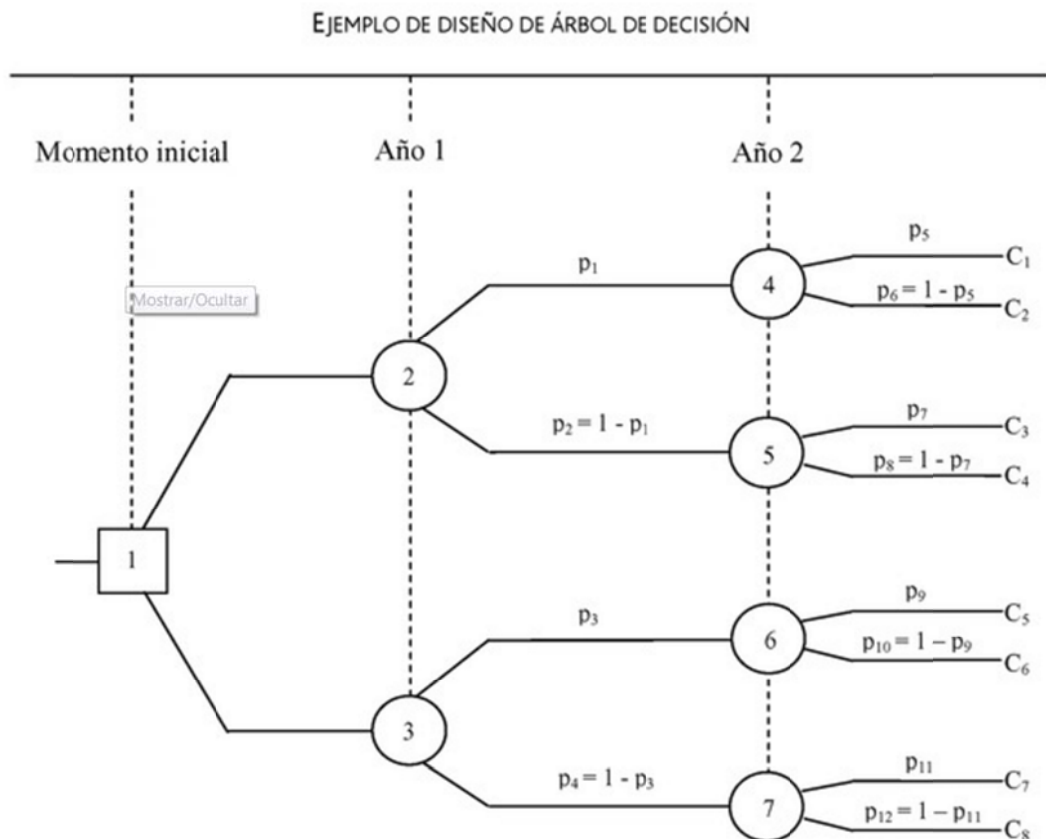


Figura 28. Modelo de diseño de árbol de decisiones

## 5.5 VALORACIÓN Y EVALUACIÓN DE ÁRBOL DE DECISIÓN

Para valorar el árbol de decisión previamente diseñado se suele utilizar como criterio el valor actual o Actualización de capital financiero (VA), debiéndose calcular, en primer lugar, el VA asociado a cada uno de los caminos planteados en función de las distintas alternativas disponibles, para a partir de ahí poder determinar la rentabilidad que proporcionan las distintas estrategias y poder tomar la decisión óptima.

Hay que diferenciar el análisis sin tener en cuenta el riesgo, o incorporando el mismo.

$$C_o = \frac{C_n}{(1+i)^n}$$

$C_o$ : Capital inicial.

$C_n$ : Capital final.

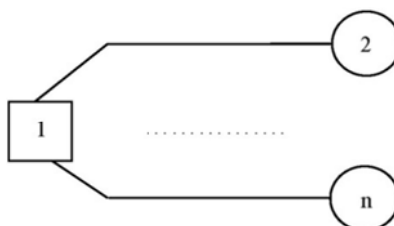
$n$  : es el número de periodos de tiempo

$i$  : es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

### 5.5.1 SIN TENER EN CUENTA EL RIESGO EN EL ANÁLISIS

Conocidos todos los valores actuales netos de los distintos caminos se parte del final y se va hacia la izquierda para ir calculando el VAN esperado asociado a cada uno de los nudos. De tal forma que:

- Si el nudo es decisional, entonces el valor esperado será el valor máximo de los nudos inmediatamente siguientes.

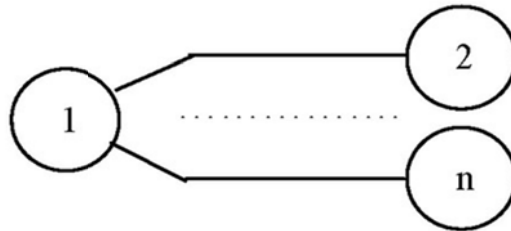


De forma genérica:

$$E_1 = \text{Max} (E_2, \dots, E_n)$$

Donde  $E_1$  es el valor esperado del nudo 1.

- Si el nudo es aleatorio, dicho valor esperado se calcula mediante la suma del resultado de multiplicar el valor esperado de los nudos siguientes (o de los VAN del final del camino, según corresponda) por la correspondiente probabilidad de ocurrencia.



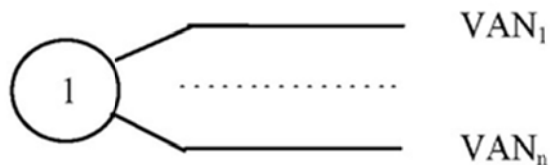
De forma genérica, cuando existen nudos en el momento del tiempo posterior al analizado, independientemente de que dichos nudos sean decisionales o aleatorios:

$$E_1 = (E_2 \times p_2) + \dots + (E_n \times p_n)$$

Dónde:

$$\sum_{i=2}^N p_i = 1$$

En el caso de que no existieran nudos posteriores porque se estuviera a final del camino:



Se tendría de forma genérica:

$$E_1 = (VA_1 \times p_1) + \dots + (VA_n \times p_n)$$

Dónde:

$$\sum_{i=1}^N p_i = 1$$

El cálculo de los valores esperados asociados a cada nudo se llevará a cabo empezando por lo más alejados en el tiempo, es decir, los que se encuentran en el período inmediatamente anterior al final del camino, y se irá retrocediendo hasta obtener el valor esperado del nudo 1, situado en la raíz del árbol, cuyo valor será el valor esperado del VA que se corresponda con la mejor de las alternativas planteadas, y que, en principio, deberá ser la alternativa elegida.

Para el caso del árbol de decisión diseñado en el apartado anterior la valoración de los correspondientes nudos sería la que aparece detallada en la tabla siguiente:

Nudo Decisional 1	Nudos Aleatorios 1 y 2	Nudos Aleatorios 4, 5, 6 y 7	Caminos finales
$E_1 = \text{Max}(E_2, \dots, E_n)$	$E_2 = (E_4 \times p_1) + \dots + (E_5 \times p_2)$	$E_4 = (VA_1 \times p_5) + \dots + (VA_2 \times p_6)$	$VA_1$
			$VA_2$
		$E_1 = (VA_3 \times p_7) + \dots + (VA_4 \times p_8)$	$VA_3$
			$VA_4$
	$E_3 = (E_6 \times p_3) + \dots + (E_7 \times p_4)$	$E_1 = (VA_5 \times p_9) + \dots + (VA_6 \times p_{10})$	$VA_5$
			$VA_6$
		$E_1 = (VA_7 \times p_{11}) + \dots + (VA_7 \times p_{12})$	$VA_7$
			$VA_8$

Cuadro 15: Tabla de ecuaciones para cálculo de Nudos.

La alternativa elegida, en este contexto en el que no se tiene en cuenta el riesgo, será aquella que nos proporcione la mayor rentabilidad, es decir, la tenga el mayor valor esperado del VA.

### 5.5.2 TENIENDO EN CUENTA EL RIESGO EN EL ANÁLISIS

Cuando se introduce el riesgo en el análisis, la decisión no debe estar basada únicamente en el rendimiento esperado, sino que hay que tener en cuenta también el riesgo asociado a cada una de las alternativas disponibles.

A partir de los valores esperados de rentabilidad o esperanza matemática de rentabilidad  $E(VA)$  para cada una de las alternativas analizadas, se puede calcular el riesgo asociado a cada una de ellas mediante el cálculo de la varianza y la desviación típica.

Cuando se incluye el riesgo en el análisis hay que determinar la desviación típica, calculada como la raíz cuadrada de la varianza, de las distintas alternativas entre las que se debe llevar a cabo la elección. Para ello, sólo se tendrán en consideración, en cada una de ellas, aquellos caminos que sean válidos.

$$\sigma^2[VA]_i = \sum_{j=1}^n [(VA_j - E_i + 1) \times p], i = 1 \dots m ; j = 1 \dots n$$

Donde "i" son las distintas alternativas entre las que hay tomar la decisión, "j" son los distintos caminos posibles válidos de la estrategia "i" (los caminos no válidos no se tienen en cuenta), y "p" es la multiplicación de las probabilidades que se encuentran a lo largo del correspondiente camino válido.

A efectos de realizar el análisis comparativo entre las distintas alternativas en función del valor esperado del van, como medida de rentabilidad del proyecto de inversión, y el riesgo, se utiliza el coeficiente de variación (cociente entre la desviación típica y la esperanza matemática), que es una medida del riesgo asumido por unidad de ganancia esperada, siendo la alternativa preferible aquella cuyo coeficiente de variación tome el menor valor.

Por tanto, en este nuevo contexto, para cada una de las posibles alternativas habría que calcular tanto su rentabilidad, como su desviación

típica y el coeficiente de variación, tal y como aparece resumido en la siguiente tabla:

$E[VA]$	$\sigma^2[VA]$	$CV$
$E[VA]_j = E_{i+1}$	$\sigma^2[VA]_j = \sum_{j=1}^n [(VA_j - E_{i+1}) \times p]$	$CV_i = \frac{\sigma[VA]_i}{E[VA]_i}$

Cuadro 16. Tabla de ecuaciones para cálculo coeficiente de desviación

En el caso particular del ejemplo analizado habría que determinar, para cada uno de las estrategias posibles:

$E[VA]$	$\sigma^2[VA]$	$CV$
$E[VA]_1 = E_2$	$\sigma^2[VA]_1 = \sum_{j=1}^4 [(VA_j - E_2) \times p]$	$CV_i = \frac{\sigma[VA]_1}{E[VA]_1}$
$E[VA]_2 = E_3$	$\sigma^2[VA]_j = \sum_{j=5}^8 [(VA_j - E_3) \times p]$	$CV_2 = \frac{\sigma[VA]_2}{E[VA]_2}$

Cuadro 17: Tabla de ecuaciones para cálculo coeficiente de desviación múltiple.

El análisis, incluyendo el riesgo, se puede completar considerando que los flujos de caja generados en los distintos momentos de tiempo en cada una de las alternativas (o algunas de las variables que los determinan) no son variables ciertas, sino variables aleatorias que se ajustan a alguna de las distribuciones de probabilidad continuas, y a partir de ahí se pueden utilizar modelos de simulación, como es el caso de la simulación de Montecarlo.

## **CAPITULO VI**

### **APLICACIÓN DE ÁRBOL DE DECISIONES**

#### **6.1 ESTIMACIÓN DE PROBABILIDADES EN EL CX 350 - TOROMACHAY**

En la teoría de decisiones es necesario determinar todos los posibles beneficios y pérdidas que generarían el proyecto CX 350 – Toromachay, y a su vez estimar una probabilidad a cada beneficio que más adelante ayudara para la teoría de árbol de decisiones.

Como se indicó en el Capítulo IV, la ejecución de este proyecto en sus dos alternativas generaría múltiples beneficios tanto en reducción de costos, optimización de operaciones e incremento de reservas para la empresa, pero también en caso de no completarse generaría pérdidas, estos eventos e muestra en el siguiente cuadro.

Mediante la teoría de bayesiana asignaremos probabilidades a los diferentes eventos manteniendo el principio de distribuciones de probabilidades de Bernoulli.

Para ambas alternativas la distribución probabilística sería de un 50% de probabilidad para la cubicación de reservas debido a ser mineral inferido, un 80% de probabilidad en disminuir el costo de transporte de mineral debido a una reducción de distancia de acarreo para zona Este de la mina, 80% de probabilidad de beneficio por ingreso de aire fresco a la mina que dependería al diferencias de presiones que se tenga al conectar a superficie el crucero, en cuando a la probabilidad que ambos proyectos fracasen se está tomando en cuenta el criterio de Laplace con 50% de probabilidad para el éxito o fracaso.

### Éxito

Alternativa 01 : 1600 m.	Alternativa 02 : 1890 m.	PROB.
Cubicación de Reservas	Cubicación de Reservas	50%
Costo de transporte	Costo de transporte	80%
Aire Fresco	Aire Fresco	80%
Beneficio alto (Ba)		70%
Beneficio Bajo (Bb)		30%

### Fracaso

Alternativa 01 : 1600 m.	Alternativa 02 : 1890 m.	PROB.
Conflictos Sociales	Inundaciones e inestabilidad	50%

Cuadro 18. Estimación de probabilidades.

## 6.2 ELABORACIÓN DEL ÁRBOL DE DECISIONES

Para iniciar con la elaboración del árbol de decisiones realizaremos el planteamiento recopilando toda la información obtenida en los capítulos anteriores.

En la empresa minera está considerando la posibilidad de ejecutar un cruce de interior mina a superficie, planteándose la duda de si realizarlo con una nueva bocamina (Alternativa 01 - 1600 m.) o aprovechando una antigua bocamina llamado San Inocente (Alternativa 02 – 1890 m.), tras realizar una evaluación económica que se detalla en capítulo 04 se han obtenido los siguientes resultados.

Si se opta por la alternativa 01 y se logra ubicar el reservas esperados durante los dos primeros años generaría un beneficio altos de. \$ 4 672 417, mientras que si no se logra ubicar mineral solo se obtendría un beneficio bajo de \$ 395 560 dólares, pero si el proyecto fracasara debido a los conflictos sociales generaría perdidas a la empresa cuantificado en \$ 1 658 606. La probabilidad de que el proyecto genere beneficios altos es de 70 % mientras la probabilidad de generar beneficios bajos es 30% y la probabilidad que el proyecto fracase es del 50%.

<b>ALTERNATIVA 01 - US\$</b>	<b>FC - 0</b>	<b>FC - 1</b>	<b>FC - 2</b>	<b>FC - 3</b>	<b>FC - 4</b>	<b>BENEFICIOS</b>
<b>INVERSIÓN</b>	-1,658,606					
<b>BENEFICIOS ALTOS</b>		1,916,522	2,360,335	179,800	215,760	<b>4,672,417</b>
<b>BENEFICIOS BAJOS</b>		0	0	179,800	215,760	<b>395,560</b>
<b>PERDIDA POR FRACASO</b>						<b>-1,658,606</b>

Cuadro 19. Cash flow – Alternativa 01 extraído del capítulo V.

Si se opta por la alternativa 02 y se logra cubicar las reservas esperados durante los dos primeros años generaría un beneficio altos de.\$ 3 978 853, mientras que si no se logra cubicar mineral se obtendría un beneficio bajo de \$ 323 640 dólares, pero si el proyecto fracasara debido a los inundaciones generaría perdidas a la empresa cuantificado en \$ 1 927 285. La probabilidad de que el proyecto genere beneficios altos es de 70 % mientras la probabilidad de generar beneficios bajos es 30% y la probabilidad que el proyecto fracase es del 50%.

<b>ALTERNATIVA 02 - US\$</b>	<b>FC - 0</b>	<b>FC - 1</b>	<b>FC - 2</b>	<b>FC - 3</b>	<b>FC - 4</b>	<b>BENEFICIOS</b>
<b>INVERSIÓN</b>	-1,927,285					
<b>BENEFICIOS ALTOS</b>		1,916,522	1,738,691	107,880	215,760	<b>3,978,853</b>
<b>BENEFICIOS BAJOS</b>		0	0	107,880	215,760	<b>323,640</b>
<b>PERDIDA POR FRACASO</b>	-1,927,285					<b>-1,927,285</b>

Cuadro 20. Cash flow – Alternativa 02 extraído del capítulo V.

Se desea determinar cuál es la decisión óptima según el criterio del Valor Actual Neto esperado, si se utiliza una tasa de descuento del 10%. Así como si la decisión óptima seguiría siendo la misma si en el análisis se tuviera en cuenta el riesgo.

<b>Decision Inicial</b>	<b>Decisión</b>	<b>Beneficios/Perdida</b>	<b>Caminos Posibles</b>
Alternativa 01	Éxito	Beneficio Alto	C1
		Beneficio Bajo	C2
	Fracaso	Perdida	C3
Alternativa 02	Éxito	Beneficio Alto	C4
		Beneficio Bajo	C5
	Fracaso	Perdida	C6

Cuadro 21. Posibles casos que se pueden plantear

El planteamiento del problema quedaría reflejado en árbol de decisión que se muestra en la Figura a continuación.

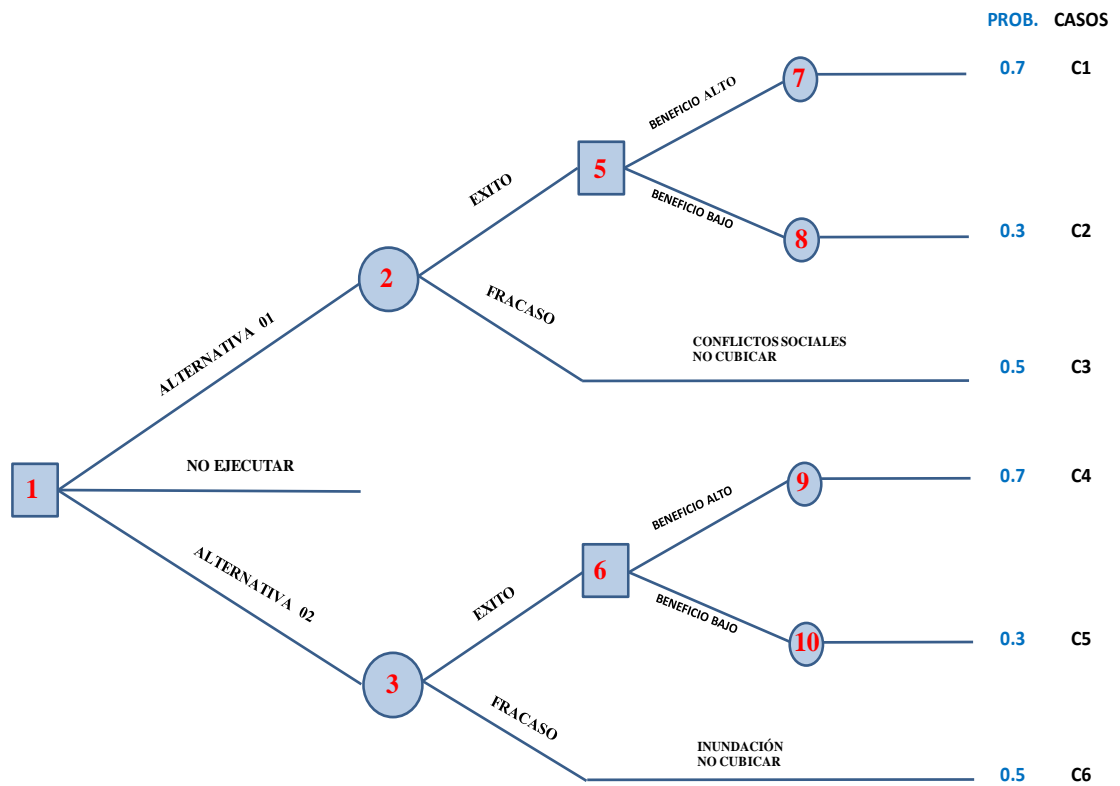


Figura 29. Planteamiento de árbol de decisiones.

Para poder completar el árbol de decisiones con los montos para cada caso es necesario realizar actualización a los cash flow futuros al presente.

	FC - 1	FC - 2	FC - 3	FC - 4	VALOR ACTUAL (VA)
CASO 1	1,917	2,360	180	216	3,975
CASO 2	0	0	180	216	282
CASO 3	-1,659	0	0	0	-1,508
CASO 4	1,917	1,739	108	216	3,408
CASO 5	0	0	108	216	228
CASO 6	-1,927	0	0	0	-1,752

i = 10%

NOTA: Los resultados aparecen en miles de dolares.

Cuadro 22. Tabla para el cálculo del Valor Actual.

A continuación, se calcula el Valor Actual (VA) de los distintos casos posibles que se pueden presentar:

$$VA_1 = \frac{C_1}{(1+i)} + \frac{C_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{C_n}{(1+i)^n}$$

$VA_n$  : Valor actual para cada caso.

$C_n$  : Flujo de caja para cada periodo.

$i$  : Tasa de descuento.

$n$  : Numero de periodo.

$$VA_1 = \frac{1917}{(1+0.10)} + \frac{2360}{(1+0.10)^2} + \frac{180}{(1+0.10)^3} + \frac{216}{(1+0.10)^4} = 3975 \text{ miles de dólares}$$

$$VA_2 = \frac{0}{(1+0.10)} + \frac{0}{(1+0.10)^2} + \frac{180}{(1+0.10)^3} + \frac{216}{(1+0.10)^4} = 282 \text{ miles de dólares}$$

$$VA_3 = -\frac{1659}{(1+0.10)} + \frac{0}{(1+0.10)^2} + \frac{0}{(1+0.10)^3} + \frac{0}{(1+0.10)^4} = -1508 \text{ miles de dólares}$$

$$VA_4 = \frac{1917}{(1+0.10)} + \frac{1739}{(1+0.10)^2} + \frac{108}{(1+0.10)^3} + \frac{216}{(1+0.10)^4} = 3975 \text{ miles de dólares}$$

$$VA_5 = \frac{0}{(1+0.10)} + \frac{0}{(1+0.10)^2} + \frac{108}{(1+0.10)^3} + \frac{216}{(1+0.10)^4} = 228 \text{ miles de dólares}$$

$$VA_6 = -\frac{1927}{(1+0.10)} + \frac{0}{(1+0.10)^2} + \frac{0}{(1+0.10)^3} + \frac{0}{(1+0.10)^4} = -1752 \text{ miles de dólares}$$

La esquematización del árbol de decisiones con sus valores actuales y probabilidades estimados para el proyecto Cx 350 Toromachay quedaría como se muestra.

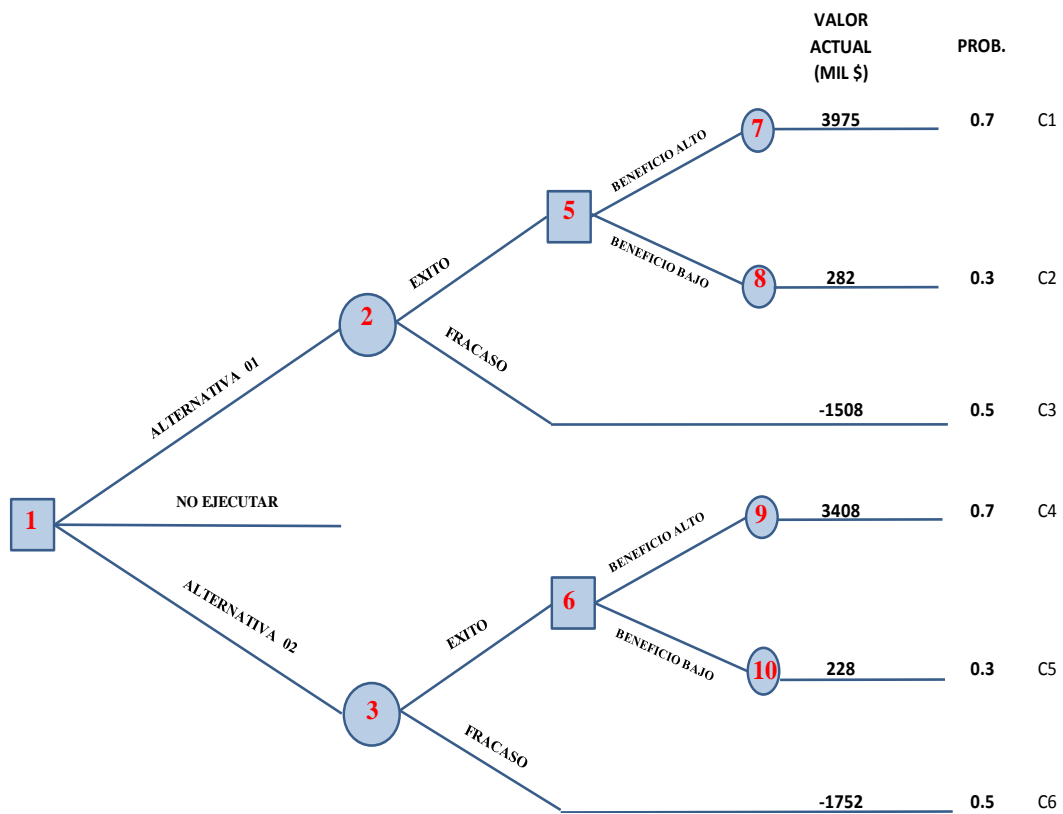


Figura 30. Diseños del árbol de decisiones para el caso Toromachay.

### 6.3 VALORACIÓN DEL ARBOL DE DECISIONES.

Una vez conocido el valor actual (VA) de los caminos finales, hay que calcular el valor esperado de cada uno de los nudos. Para ello se parte de los valores actuales de los caminos finales, y por último lugar, se determina el valor de nudo inicial. Podemos utilizar una hoja de cálculo para la resolución del problema apoyándonos de la Figura N° 30.

	VALOR ACTUALES	PROB.		E(VA)	PROB.		E(VA)
CASO 1	3975	70%	2783				
CASO 2	282	30%	85				
<b>NODO 5</b>			2868				
CASO 3	-1508	50%		-1508	50%	-754	
NODO 5				2868	50%	1434	
<b>NODO 2</b>							<b>680</b>
CASO 4	3408	70%	2385				
CASO 5	228	30%	69				
<b>NODO 6</b>			2454				
CASO 6	-1752	50%		-1752	50%	-876	
NODO 6				2454	50%	1227	
<b>NODO 3</b>							<b>351</b>
<b>NODO 1</b>							<b>680</b>

Cuadro 23. Tabla para el cálculo del Valor Esperado.

El detalle de los cálculos realizados en la tabla anterior, siguiendo el mismo esquema del árbol de decisiones, aparece recogido en la siguiente tabla.

Calculo de los nodos decisorios primera fase:

$$E_5 = (VA_1xp_7) + (VA_2xp_8) = (3975x0.7) + (282x0.3) = 2868 \text{ dólares}$$

$$E_6 = (VA_4xp_9) + (VA_5xp_{10}) = (3408x0.7) + (228x0.3) = 2454 \text{ dólares}$$

Calculo de los nodos aleatorios:

$$E_2 = (VA_3xp_2) + (E_5xp_2) = (-1508x0.5) + (2868x0.5) = 680 \text{ dólares}$$

$$E_3 = (VA_6xp_3) + (E_6xp_3) = (-1752x0.5) + (2454x0.5) = 351 \text{ dólares}$$

Calculo de los nodos decisorio final:

$$E_1 = \text{Max} (E_2, E_3) = \text{Max} (680, 351) = 680 \text{ dolares}$$

El árbol de decisión, una vez incorporado todos los valores actuales, y por tanto, ya valorado, sería el que se muestra a continuación.

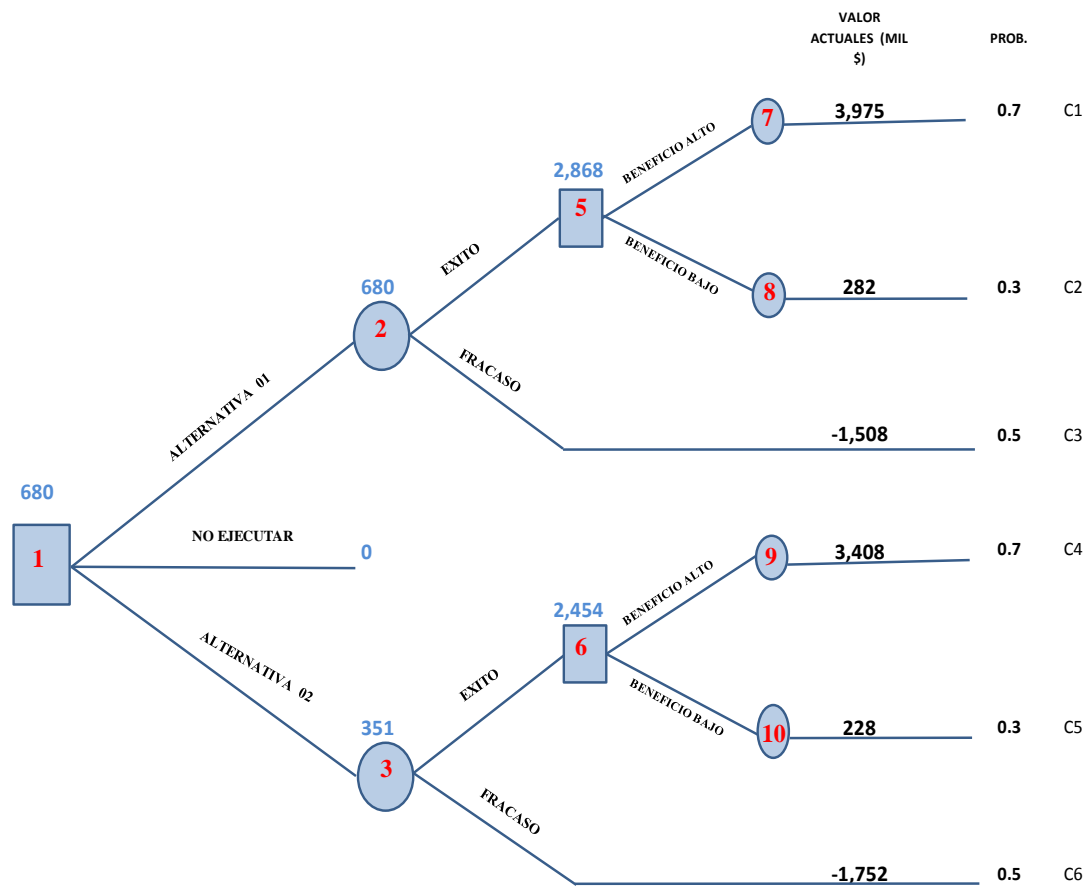


Figura 31. Valorización del árbol de decisiones.

Por lo que, para el proyecto Cx 350 Toromachay, la decisión óptima sería realizar el Crucero de 1600 metros (Alternativa 01), que proporcionaría el valor actual más elevado, 604 mil dólares, frente a los 263 mil dólares que proporcionaría la alternativa del Crucero de 1890 metros (Alternativa 02).

#### 6.4 CALCULO DEL RIESGO DEL PROYECTO CX 350 TOROMACHAY.

Hay que tener en cuenta que una decisión no ha de basarse exclusivamente en rendimientos esperados, sino que también hay que tener en cuenta el riesgo del proyecto.

Para ello, es preciso determinar la desviación típica de cada una de las alternativas favorables entre las que hay que tomar la decisión. La siguiente

tabla nos puede facilitar los cálculos a realizar de acuerdo a las ecuaciones presentadas en el capítulo V.

	Valor Actuales	E(VA)	PROB.	VA - E(VA)	V(VA)	D(VA)
CASO 1	3975		0.70	1108	859,202	
CASO 2	282		0.30	-2585	2,004,804	
<b>ALTERNATIVA 01</b>		<b>2868</b>			<b>2,864,006</b>	<b>1692</b>
CASO 4	3408		0.70	954	636,772	
CASO 5	228		0.30	-2225	1,485,801	
<b>ALTERNATIVA 02</b>		<b>2454</b>			<b>2,122,573</b>	<b>1457</b>

Cuadro 24. Tabla para el cálculo de la desviación típica.

El detalle de las formulas del cálculo seria el siguiente:

A) Varianza de la alternativa 01 – Crucero de 1600 m. con nueva bocamina.

$$\begin{aligned}
 \sigma^2[VA]_{Alternativa\ 01} &= \sum_{j=1}^2 [(VA_j - E_2) \times p] \\
 &= ((VA_1 - E_5)^2 \times p_7) + ((VA_2 - E_5)^2 \times p_8) \\
 &= ((3975 - 2868)^2 \times 0.7) + ((282 - 2868)^2 \times 0.3) \\
 &= 2\ 864\ 006
 \end{aligned}$$

Desviación Típica:

$$\sigma[VA]_{Alternativa\ 01} = \sqrt{2\ 864\ 006} = 1692\ \text{dólares}$$

B) Varianza de la alternativa 01 – Crucero de 1600 m. con nueva bocamina.

$$\begin{aligned}\sigma^2[VA]_{Alternativa\ 02} &= \sum_{j=1}^2 [(VA_j - E_3) \times p] \\ &= ((VA_4 - E_6)^2 \times p_9) + ((VA_5 - E_6)^2 \times p_{10}) \\ &= ((3408 - 2454)^2 \times 0.7) + ((228 - 2454)^2 \times 0.3) \\ &= 2\ 122\ 573\end{aligned}$$

Desviación Típica:

$$\sigma[VA]_{Alternativa\ 01} = \sqrt{2\ 122\ 573} = 1457\ \text{dólares}$$

Así, mientras la alternativa de realizar un crucero de 1600 m. con una bocamina tiene una desviación típica de 1,692 dólares respecto a su valor medio, la alternativa de realizar un Crucero de 1890 m. que pasaría por debajo del río escalera tiene una desviación típica de 1,427 dólares.

Por tanto, si se calcula el coeficiente de variación asociado a cada una de las alternativas se obtiene que:

$$CV_{Alternativa\ 01} = \frac{\sigma[VA]_{Alternativa\ 01}}{E[VA]_{Alternativa\ 01}} = \frac{1692}{2868} = 59\%$$

$$CV_{Alternativa\ 02} = \frac{\sigma[VA]_{Alternativa\ 02}}{E[VA]_{Alternativa\ 02}} = \frac{1457}{2454} = 59\%$$

De esta forma, se determina mientras ambas alternativas tengan diferente desviación típica y valor esperado, el coeficiente de variación es de 0.59, es decir que cuanto a nivel de riesgo ambas alternativas tienen el mismo nivel.

## CONCLUSIONES

1. Compañía Minera Kolpa S.A. cuenta con múltiples vetas reconocidas y por reconocer y que actualmente se viene explotando la veta bienaventurada, estimando una reserva entre probado y probables de 1 784 823 toneladas con valor de mineral de 137 dólares/tonelada con contenidos metálicos de Ag, Pb, Zn y Cu.
2. El método de minado en la unidad minera es de forma mecanizada mediante el equipo mini Jumbo, donde las dimensiones de los tajeos son de 400 metros de longitud x 100 metros de altura.
3. De acuerdo a la evaluación técnico económico, se determina que la alternativa 01 sería la mejor opción, obteniendo un valor actual neto de 2248 con una tasa interna de retorno de 28%, periodo de retorno de 8 meses y un costo beneficio de 2.8.
4. La estimación de probabilidades de forma bayesiana – subjetiva es útil y valida cuando no se cuenta con datos necesarios para una aplicación de la metodología de Árbol de decisiones.
5. Mediante la metodología de árbol de decisiones la alternativa con mayor esperanza matemática es la primera con 680 dólares por lo cual se debería considerar realizar el crucero 350 de 1600 metros.
6. Se determina que, según el cálculo de coeficiente de variación, el nivel de riesgo para ambas alternativas del proyecto es de 59%.
7. Así mismo se concluye y demuestra que la metodología de árbol de decisiones es viable su aplicación en la aprobación de proyectos mineros.

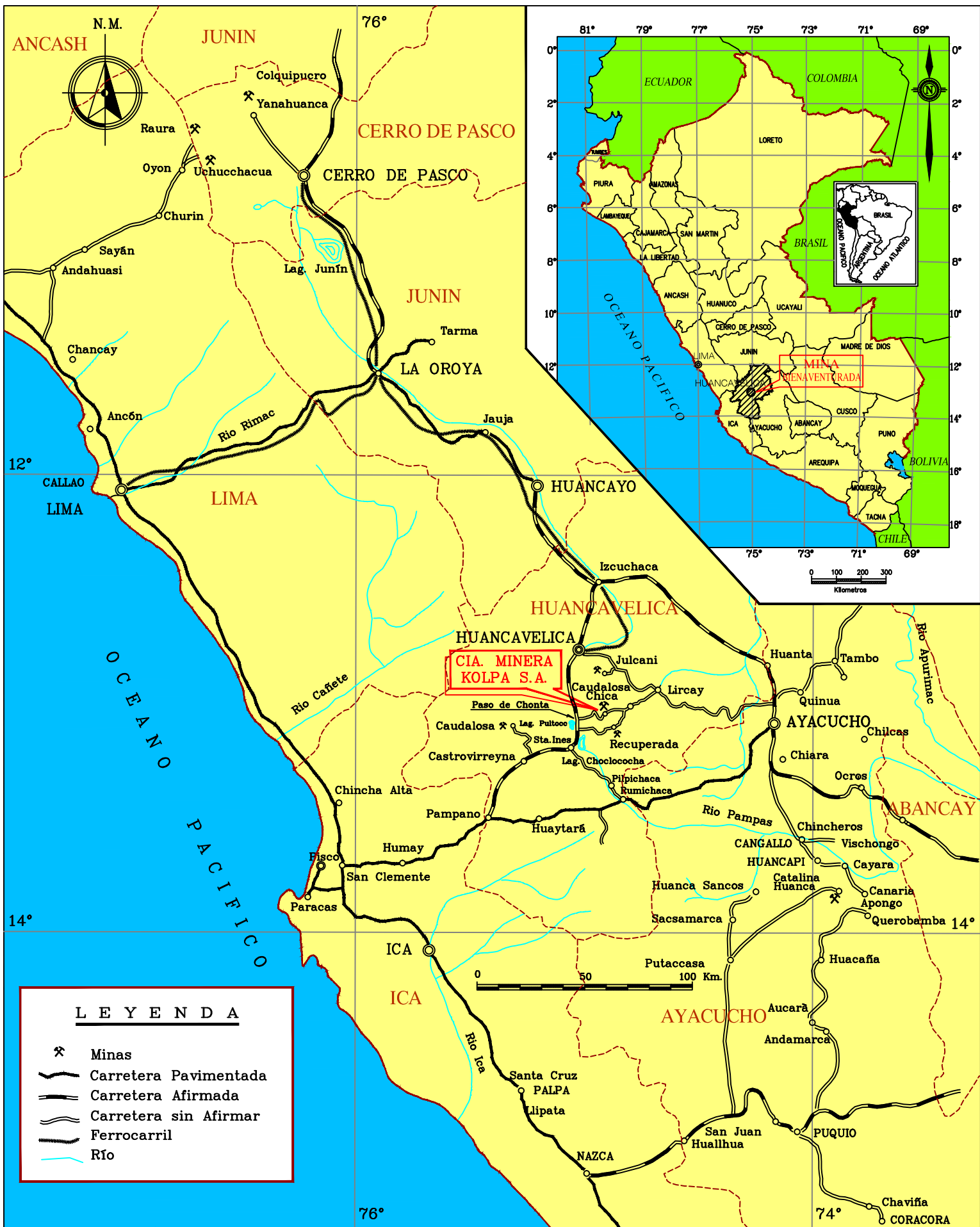
## RECOMENDACIONES

1. Incrementar la ratio de exploración mediante galerías, chimeneas y sondajes diamantinos, con el objetivo de ubicar nuevas reservas y a su vez mejorar la certeza geológica del yacimiento.
2. Para un incremento de producción sostenible se recomienda ejecutar labores de avances lineales anticipadamente según los ratios establecidos por el diseño de minado.
3. Priorizar según la necesidad y objetivos de la empresa los proyectos que se viene ejecutando paulatinamente en la unidad minera.
4. Asignar probabilidades cuando se presentan problemas con resultados inciertos, facilitando la aplicación los conceptos de criterios de decisión.
5. Para un mejor sustento y respaldo, los proyectos mineros luego de una evaluación económica se debe aplicar alguna metodología de toma de decisiones.
6. Se recomienda implementar herramientas de toma de decisiones a las diferentes áreas y departamentos de la unidad minera.
7. Aplicar la metodología de Árbol de decisiones en las diferentes situaciones y circunstancias que se presente, debido a su versatilidad y sencillez de la metodología.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Depool Rivero, Ramón** Probabilidad y estadística.  
Aplicaciones a la ingeniería  
UNEXPO, 2013
2. **Federico Garriga, Garzón** Problemas Resueltos de  
Teoría de la Decisión-  
Edit.Omnia Publisher, 2013.
3. **Richard B. Chese** Administración de las operaciones.  
Edit. The McGraw – Hill.  
Mexico.
4. **Bustillo Revuelta M.** Manual de evaluación y diseño  
de explotaciones mineras.  
1ra. Edición – Edit. Entorno  
Gráfico S.L - Madrid 1997
5. **Gottfried Byron** Ingeniería Económica.  
Edit. McGraw Hill  
México 1996
6. **López Jimeno C.** Manual de evaluación y diseño  
de explotaciones mineras.  
Edit. Entorno Gráfico S.L  
Madrid 1997

## **ANEXOS**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS:	<i>Aplicación de Árbol de decisiones para la aprobación de proyectos mineros en la Compañía Minera Kolpa S.A.</i>
TESISTA:	<i>Bach. Richard R. Luispe Llanto</i>
FECHA:	<i>JULIO 2017</i>
ESCALA:	<i>Gráfica</i>

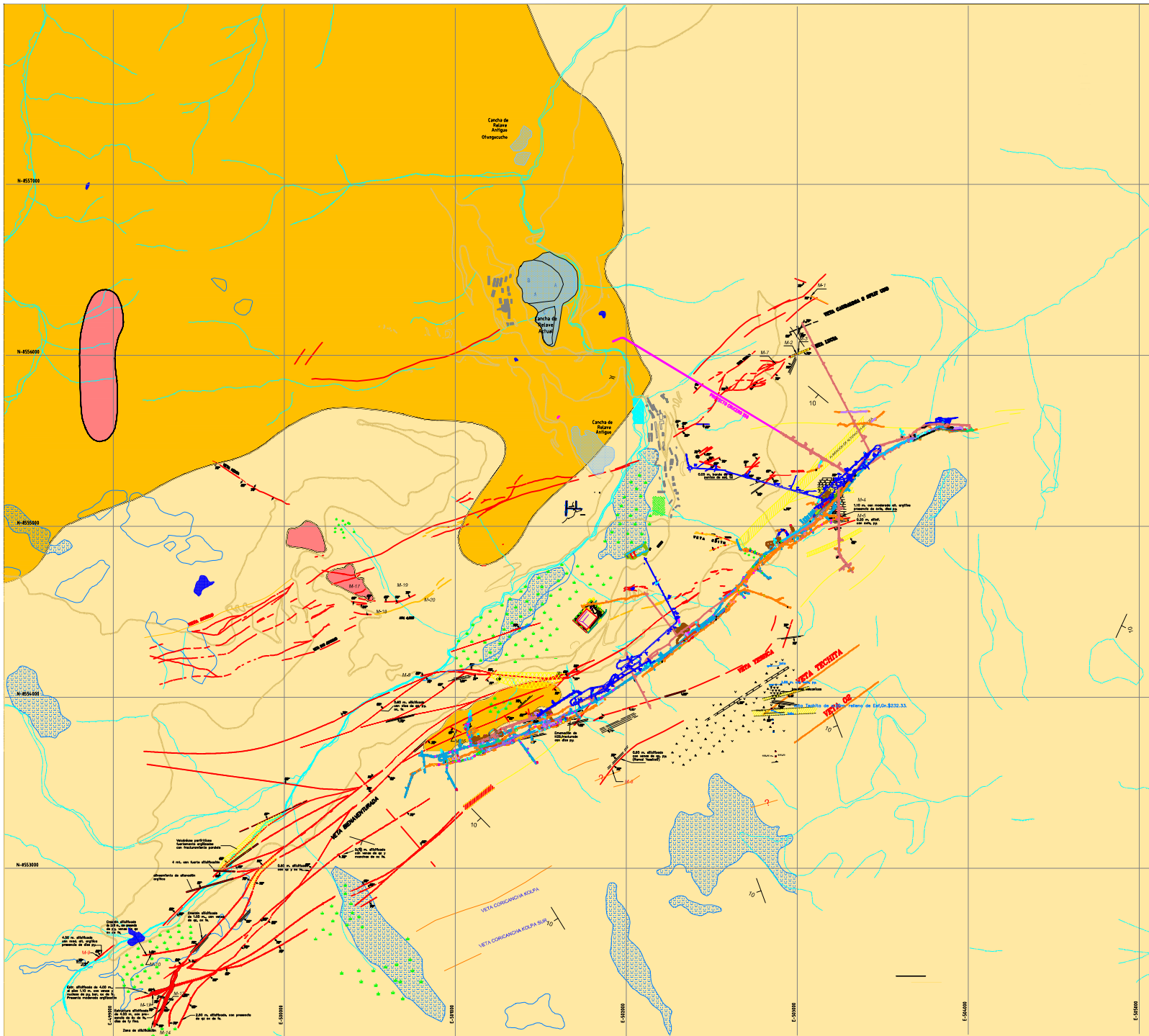
**PLANO DE UBICACIÓN**  
 COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.  
 UNIDAD HUACHOLPA UNO

Lamina

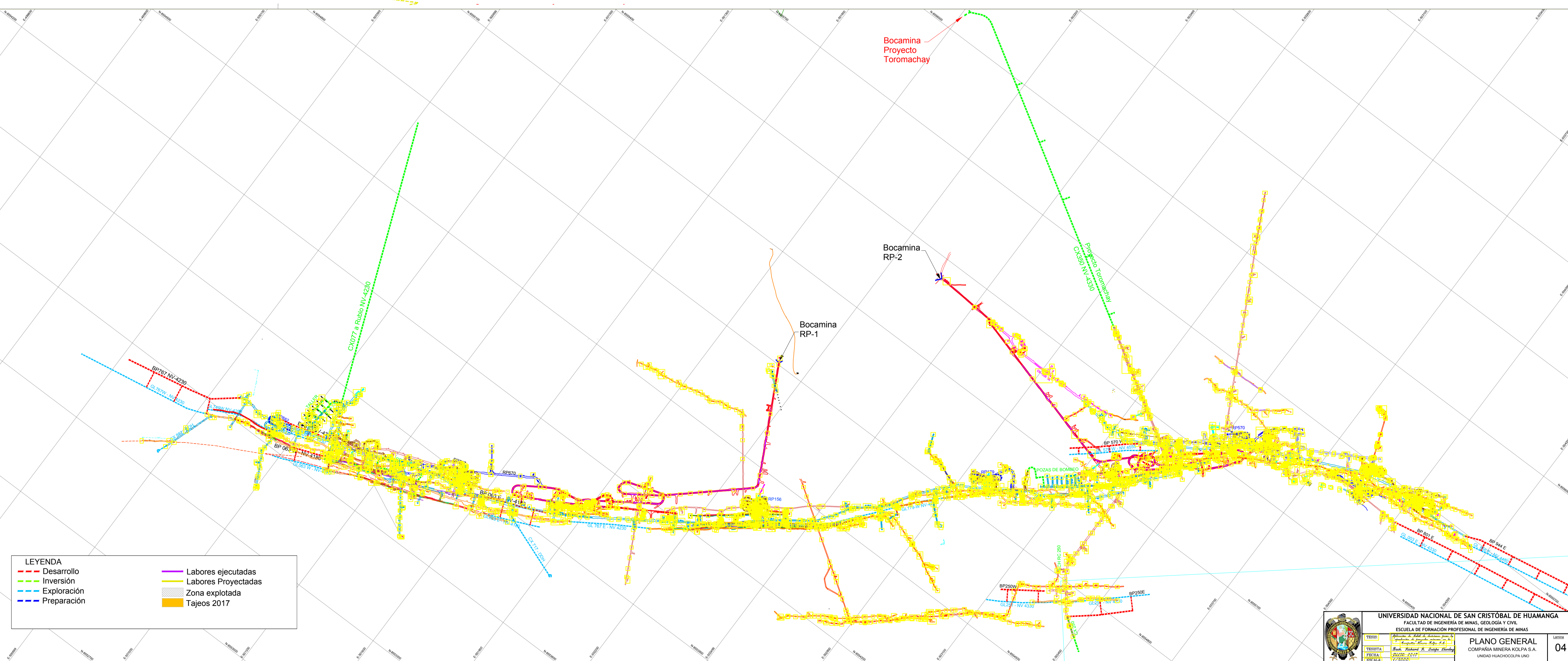
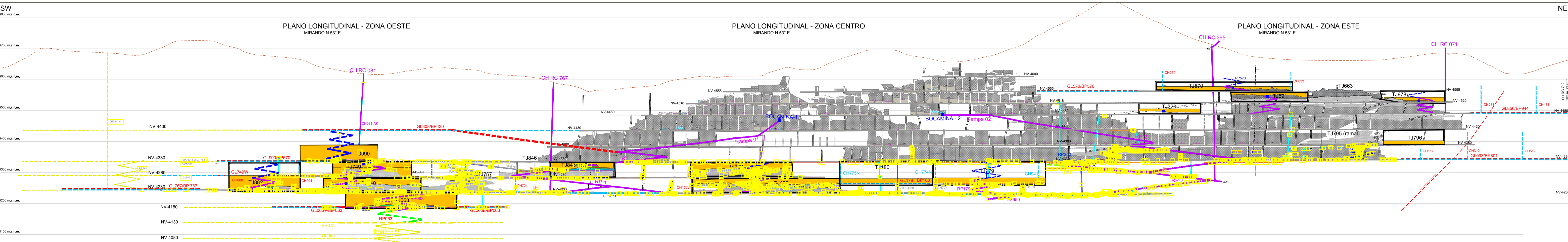
01







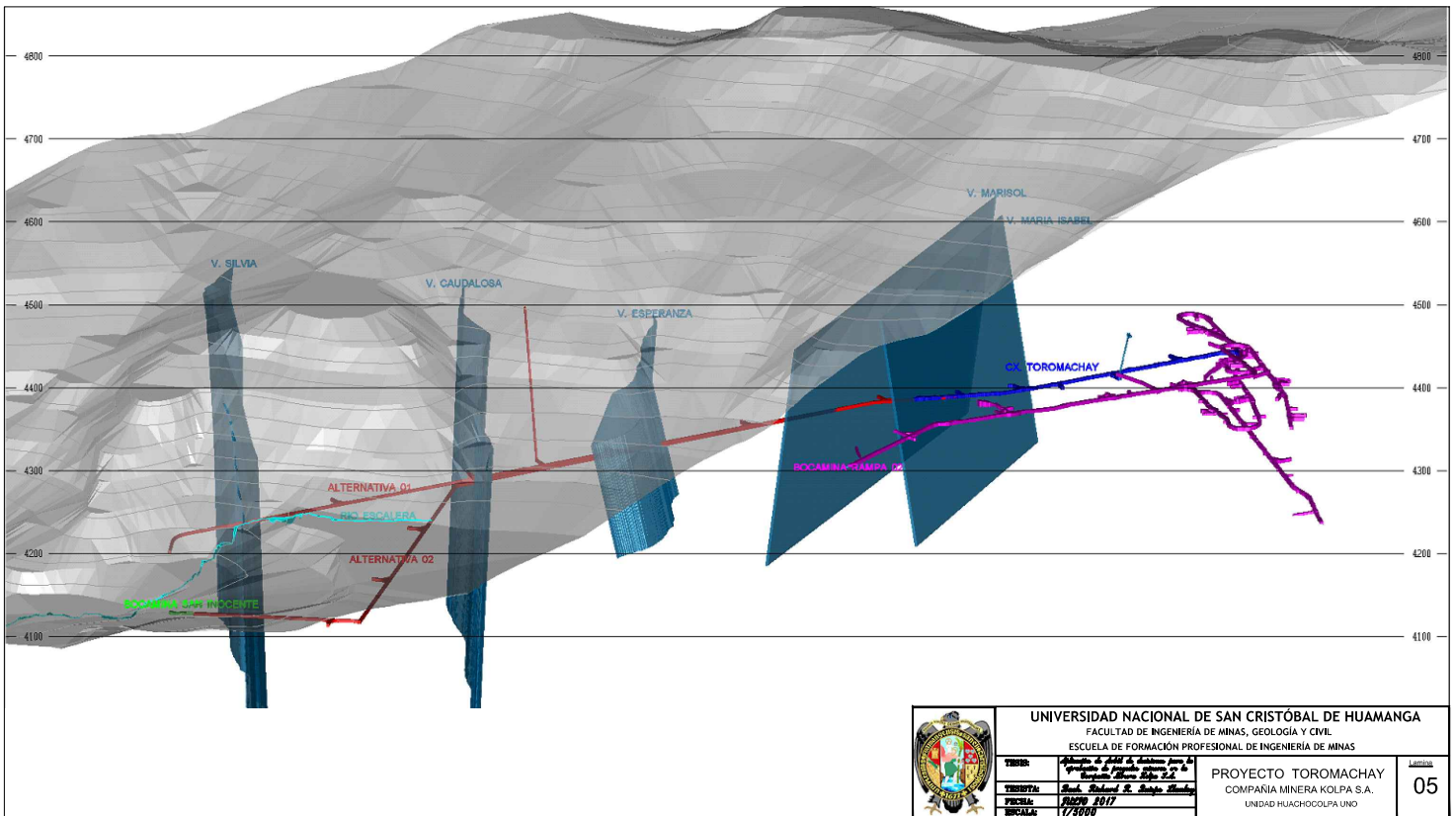
# PLANO GENERAL DE LA MINA BIENAVENTURADA



**LEYENDA**

<span style="color: red;">---</span> Desarrollo	<span style="color: purple;">---</span> Labores ejecutadas
<span style="color: green;">---</span> Inversión	<span style="color: yellow;">---</span> Labores proyectadas
<span style="color: blue;">---</span> Exploración	<span style="background-color: gray;">■</span> Zona explotada
<span style="color: magenta;">---</span> Preparación	<span style="background-color: orange;">■</span> Tajeos 2017

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA</b>		<b>PLANO GENERAL</b> COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A. UNIDAD HUACHOCOLPA I AND
	FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL		
	ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS		
	TÍTULO: <i>Planificación de la explotación minera</i> TEMA: <i>Planificación de la explotación minera</i> FECHA: <i>2020-2017</i> ESCALA: <i>1:7500</i>	LABORIO: <b>04</b>	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL  
 ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TÍTULO:	Administración de Gestión de Recursos para la Operación de Proyectos Mineros en la Empresa Minera Kolpa S.A.
PROFESOR:	Ing. Richard H. Sandoval Huamán
FECHA:	AGOSTO 2017
ESCALA:	1/25000

PROYECTO TOROMACHAY  
 COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.  
 UNIDAD HUACHICOLPA UNO