

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

PROGRAMA: Ingeniería de Minas

ÁREA: Operaciones Mineras



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
“PERFORMANCE DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN POR CÁMARAS Y
PILARES EN UNIDADES MINERAS DEL PERÚ - 2018”

RESPONSABLE : M.SC. EDMUNDO CAMPOS ARZAPALO
COLABORADORES : Est. Moises Abraham, ARCE LLACTAHUAMAN
Est. Jose Luis, VARGAS TOMATEO

AYACUCHO – PERÚ
2019

I. GENERALIDADES

1.1 Título : “PERFORMANCE DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN POR CÁMARAS Y PILARES EN UNIDADES MINERAS DEL PERÚ – 2018”

1.2. Responsable : Msc. Ing. CAMPOS ARZAPALO, Edmundo

**Colaborador : Est. Moises Abraham, ARCE LLACTAHUAMAN
Est. Jose Luis, VARGAS TOMATEO**

1.3 Resumen del proyecto

El presente trabajo de investigación, tiene por objeto analizar la Performance del método de Cámaras y Pilares en sus distintos parámetros de evaluación, aplicación y constituirse en un trabajo de investigación que aporte innovación y mejora en las unidades mineras del Perú que practican este método. Este método es conocido también con el nombre de room and pillar.

El método de explotación de cámaras y pilares es un método que pertenece a la familia de métodos sin sostenimiento. Consiste en extraer mineral (metálico o no metálico) de las cámaras y sostenido con el mismo mineral a través de columnas o pilares. Su dimensionamiento está en función del tamaño del yacimiento.

Se aplican a yacimientos inclinados con un ángulo de inclinación de 20 a 45 grados, y consiste en ir dejando pilares a manera de columna de mineral, para mantener la cámara abierta. Las dimensiones de las cámaras y los pilares dependen de las características geomecánicas del mineral y del macizo rocoso, y también de la carga estática del espesor de las cajas y de las tensiones sobre la roca.

El mineral, que queda como pilar puede recuperarse parcial o totalmente, reemplazando los pilares por otro material para el sostenimiento del techo, como apilamiento de madera (Wood packs) y/o gatos hidráulicos, este mineral, se extraen en forma de retirada, abandonándolos los tajeos para su posterior hundimiento del techo; caso contrario los pilares quedan como sostenimiento y el mineral se pierde en este propósito.

Este método es utilizado universalmente en yacimientos tabulares sedimentarios, como pizarras cupríferas, yacimientos de hierro, carbón, potasio y otros. En el Perú este método se aplicó en la mina Condestable, San Vicente, Cerro de Pasco, Raura y actualmente en Consorcio Minero Horizonte, Poderosa y otros.

1.4. Tipo de la investigación

Teniendo en consideración el propósito, problema y objetivos de la presente investigación, el proyecto será de carácter descriptivo por cuanto se estudiará la frecuencia de las variables de estudio y explicativa no experimental, porque su causa y efecto será nuestro análisis en la investigación.

1.5. Cronograma de actividades detallado por trimestre

El proyecto tendrá duración por todo el año 2019. El cronograma se especifica a continuación:

CUADRO N° 01: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Antecedentes bibliográficos 1er inf. Avance	x	x	x									
Estudio en zona 2do. Informe avance				x	x	x						
Toma de datos 3er. informe avance							x	x	x			
Laboratorio, compilación de Datos, informe final										x	x	x

FUENTE: ELABORACION PROPIO – 2018

1.6. Recursos disponibles

Recursos financieros:

Se solicitará el apoyo financiero de la Oficina de Investigación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, con el fin de garantizar la ejecución y cumplimiento del proyecto propuesto.

Recursos externos:

El proyecto se presentará a organismos del sector minero, como: Ministerio de Energía y Minas, Ministerio del Medio Ambiente, y a la UEA Huarón, dedicados a promover la innovación en la minería y responsabilidad en la ejecución de proyectos emprendedores.

Recursos materiales:

Durante el proceso de investigación se utilizarán un conjunto de bienes como son: Laptop e Internet, impresora, calculadora, cámara fotográfica, películas, slides, laboratorios, equipos de gabinete y de campo.

Recursos bibliográficos:

Se utilizarán informes e investigaciones anteriores, libros de especialidad, cartas y planos, publicaciones en revistas e Internet, revistas especializadas, tesis de egresados, etc.

Recursos humanos:

Está conformado por el responsable del proyecto y colaboradores.

1.7. Presupuesto**Bienes:**

S/ 4,000.00

Materiales de escritorio, películas, slides, materiales de
Procesamiento automático de datos, combustible, etc.

Servicios:

S/ 16,000.00

Viáticos, costo ensayos de laboratorio,
Impresiones, anillados, revelados fotográficos, etc.

TOTAL PRESUPUESTO S/ 20,000.00

1.8. Financiamiento

El proyecto a ser ejecutado será financiado parcialmente con fondos del Instituto de Investigación de la UNSCH y la diferencia por organismos por confirmar, dando cumplimiento a los fines de la Universidad, consagrados en el art. 6º, inciso “d” del Estatuto Reformado de la UNSCH.

II. PLAN DE INVESTIGACION

2.1. PROBLEMA

Problema General

¿Cómo evaluar la performance del método de explotación de cámaras y pilares en las distintas unidades mineras del Perú, aprovechando las condiciones favorables del yacimiento, sin alterar el medio ambiente?

Problemas específicos

- a) ¿Las estructuras en el macizo mineralizado son ideales para la aplicación del método propuesto?
- b) ¿Cuenta la empresa con la responsabilidad técnica y financiera para implementar el método?
- c) ¿Cuenta la empresa con la gestión seria para manejar los pasivos ambientales generados al socavar las nuevas estructuras expuestas y abiertas, así mismo garantizar los trabajos complementarios de preservación ambiental?
- d) ¿Existe profesional minero capaz de dimensionar las cámaras y pilares en una unidad minera?

2.2. OBJETIVOS

2.2.1. Objetivo General

- El propósito general de este trabajo es determinar la performance del método de estudio y proponer estándares de diseño para su mejor recuperación y productividad. Cuidando la seguridad y el medio ambiente de la unidad minera.

2.2.2. Objetivos Específicos

- a) Tener conocimiento de aplicación, condiciones que la mina necesita para poder aplicar el método de explotación de cámaras y pilares.
- b) Conocer las ventajas que este método puede tener al ser utilizado como método de explotación principal.
- c) Analizar la tecnología empleada en el método de cámaras y pilares en relación a la productividad y eficiencia en minería subterránea.

2.3. MARCO TEÓRICO

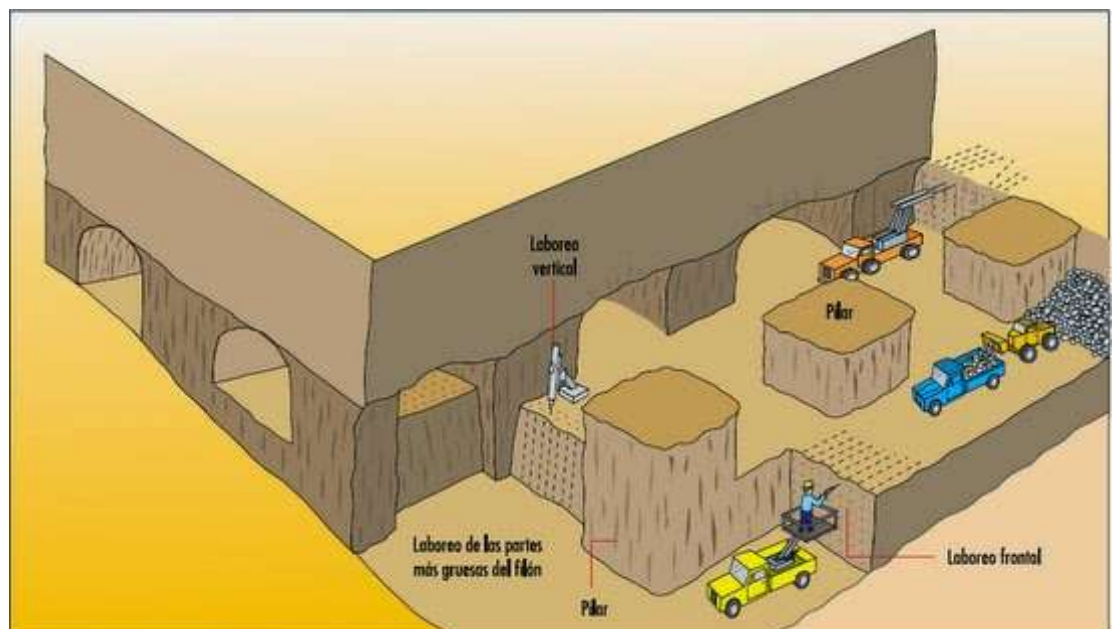
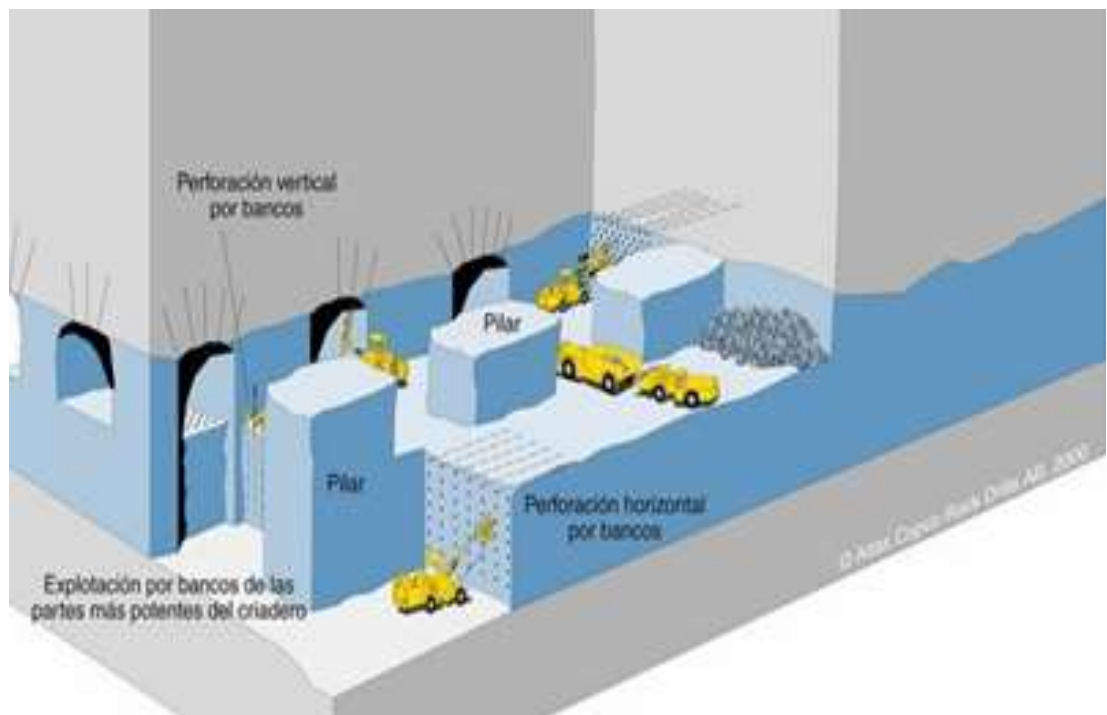
2.3.1. Cámaras y pilares

Este método se caracteriza por realizar el arranque del mineral de una manera parcial, dejando abandonadas partes del mismo en forma de pilares o columnas que sirven para sostener el techo. En estas explotaciones debe arrancarse la mayor cantidad posible de mineral, ajustando las secciones de las cámaras y de los pilares a las cargas que deben resistir. Las dimensiones de los pilares se pueden determinar por comparación entre su resistencia y la tensión vertical media que actúa sobre ellos, además depende del material de que están constituidos (roca o mineral) y de las discontinuidades geológicas (fallas, estratificación, juntas), que los atraviesan.

Resumen que la característica principal de este método es que se procura dejar los pilares en las zonas estériles o de más baja ley del yacimiento, o donde las condiciones tensionales y la debilidad del techo lo exijan, por lo que su distribución es aleatoria y ocasional. Esta irregularidad en la geometría del método impide la normalización de los sistemas de explotación, y con ello sube el costo. Además, en minas profundas es mala práctica minera el dejar pilares ocasionales que son causa de fuertes concentraciones de tensión, que dan lugar a trastornos, como grietas irregulares en los hastiales, hundimientos súbitos, fenómenos de "estallido de rocas", etc. En consecuencia es un método que resulta anticuado y solo aplicable en condiciones muy favorables.

Señalaron que en este método, que es el más generalizado, los pilares se disponen según un esquema geométrico regular. Puede ser de sección cuadrada, circular o rectangular, y constituirse como columnas o a modo de muros continuos que separan las cámaras. La función del pilar en este método es soportar el techo de la cámara, que puede no coincidir con el techo del yacimiento. Se diferencia del método de Cámaras Vacías no solo por el tamaño de las cámaras, sino porque durante el arranque se van elaborando los pilares y abriendo los huecos, en un ciclo continuo. En general, este método, que también puede denominarse de "huecos y pilares" o de "huecos permanentes", es de aplicación indicada en yacimientos acostados, con pendientes entre 1° y 30°. Tanto el mineral como el techo deben tener suficiente resistencia. Si el techo no es muy sólido hay que acondicionar las dimensiones de las cámaras y pilares a esta circunstancia, aumentando con ello las pérdidas de mineral. En cuanto a la potencia del yacimiento, el método ha sido aplicado con éxito en yacimientos de hasta 40 a 60 mts. Los casos corrientes de

aplicación son para yacimientos de baja potencia destacándose espesores de 2 a 20 metros



2.3.2. Plan de Minado Mecanizado

Es indispensable desarrollar la extracción con el método de minado de cámaras y pilares con un plan de minado mecanizado que se adecue mejor técnica y económicamente a las condiciones y/o restricciones operacionales y naturales, se fundamenta en el análisis de las condiciones geológicas, geomecánicas, geométricas, hidrológicas y de entorno físico, además de la evaluación de las condiciones económicas.

El objetivo fundamental es la maximización de las ganancias de la compañía, maximizar la recuperación del mineral y proveer un ambiente seguro para los mineros.

Es importante también que el plan de minado, y ligado con el mismo, se encuentran la determinación del ritmo de producción anual y la ley de corte. Su incidencia sobre la economía del proyecto es muy grande. y si la capacidad de producción es muy pequeña no permite las economías de escala y si este es muy intenso conlleva a una inversión inicial muy alta en consideración con la vida de la mina.

2.3.3. La responsabilidad de inversión

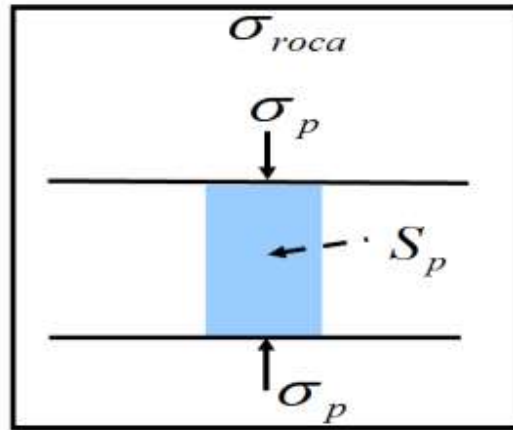
Para justificar la elección del método de explotación en operaciones es necesario contar con Recursos medidos como el conocimiento geológico del yacimiento y especialmente de las vetas Principal nos permite programar un plan de Sondajes Diamantinos que tiene por objetivo medir los recursos.

Se puede considerar una inversión a largo plazo de las empresas, con la cual se puede llegar a tener buenas relaciones con el entorno y prevenir situaciones de conflicto economizando gastos producidos por las inversiones.

2.3.4. RESISTENCIA DE UN PILAR

Factor de Seguridad del Diseño Este factor es la relación resistencia/esfuerzo, el cual deberá ser siempre mayor que la unidad para tener pilares estables, es decir, la resistencia de los pilares deberá ser siempre mayor que el esfuerzo actuante.

$$f_s = \frac{S_p}{\sigma_p}$$



donde:

σ_{roca} = Campo de esfuerzos presente en el macizo rocoso.

S_p = Resistencia del Pilar.

f_s = Factor de seguridad

σ_p = Esfuerzos verticales actuando sobre el pilar.

Normalmente en labores donde se vean implicados esfuerzos el factor de seguridad puede alcanzar diferentes valores, cuyo rango va desde 1 (valor mínimo) e ir incrementándose según la complejidad de la obra. El riesgo implícito dentro de las labores de explotación en toda mina subterránea es muy elevado y ya que es indispensable garantizar el sostenimiento y la seguridad dentro de las mismas el factor de seguridad se inclina hacia un valor elevado. Debido a las razones antes expuestas para este trabajo se tomará la relación de resistencia y esfuerzo con un valor no menor a 1.5. (Salazar & Córdova, 2011) explica que para la estimación de la resistencia de los pilares (S), se ha utilizado el criterio de Lunder y Pakalnis (1997). En base a una gran data de observaciones de comportamientos de pilares en minas canadienses en roca dura, estos autores propusieron un método de estimar la resistencia de los pilares integrando los resultados de la teoría del área tributaria y de un análisis de elementos de borde, lo cual define una fórmula de confinamiento en el pilar, que concilia las expresiones altamente empíricas de resistencia de los pilares con aquellas derivadas de principios más rigurosos,

basados en criterios convencionales de resistencia de la roca y el estado de esfuerzos y confinamiento que se desarrollan en un pilar. Según el criterio de Lunder y Pakalnis, la resistencia del pilar depende directamente de su tamaño y forma y de la resistencia de la roca intacta. La fórmula establecida es la siguiente:

$$S = (K \times UCS) * (C1 + kC2)$$

S= Resistencia de los pilares (Mpa)

K=(Kappa) es un termino de fricción del pilar

C1= Constante derivada empíricamente cuyo valor determinado es 0.68

C2= Constante derivada empíricamente cuyo valor determinado es 0.52

k= Es el factor del tamaño de la resistencia del macizo rocoso, determinado a un valor de 0.44 el valor de k también puede ser determinado con la siguiente formula.

$$k = \tan * \left[\left(\cos^{-1} \right) * \left(\frac{(1 - C_{pav})}{(1 + C_{pav})} \right) \right]$$

Siendo:

$$C_{pav} = 0.46 \left[\log \left(\frac{W_p}{h} + 0.75 \right) \left(\frac{W_p}{h} \right)^{1.4} \right]$$

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis principal

La política, que debe aplicar una unidad minera es considerar el método propuesto de explotación como la más viable y según sus parámetros aplicando para poder manejar y procurar que la vida de la mina sea rentable y productivo y se explore en la búsqueda de nuevos yacimientos aledaños a las labores.

2.4.2. Hipótesis Secundarias

1. La responsabilidad técnica, social y ambiental aplicada por la empresa minera, para cumplir una actividad minera sustentable.
2. Elaborar un plan para poder garantizar los beneficios y la estabilidad a los trabajadores que pertenezcan a la región en la cual la empresa se establece.
3. Es necesario identificar el cumplimiento de los planes de exploración de nuevos yacimientos, en la tarea de extender la vida de la mina.

2.5. VARIABLES E INDICADORES

2.5.1 Variable Independiente

Capacidad técnica y operativa en acondicionar las estructuras al funcionamiento del método.

X= Macizo rocoso incompetente con RMR menor a 20

Indicadores:

X1= Documentación sobre políticas y estrategias operacionales.

X2= Existencia de proyectos similares.

X3= Conflictos internos y comunidades, costos ambientales y sociales.

X4= Grado de deterioro ambiental.

X5= Empresas mineras.

2.5.1 Variables Dependientes

Responsabilidad técnica en la implementación, desarrollo y manejo.

Y= Responsabilidad técnica y financiera

Indicadores:

Y1= Tipo de normas internacionales, acuerdos y leyes dictadas a nivel nacional.

Y2= Enumeración de los requerimientos fundamentales.

Y3= Enumeración de los indicadores que miden la responsabilidad técnica y social.

CUADRO N° 02

Cuadro de operacionalización de variables e indicadores

Variable	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
<p><u>Independiente</u></p> <p>La gestión, las políticas y estrategias operacionales de las empresas mineras en el Perú.</p> <p>X= Producción masiva de mineral</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Existencia de Políticas y estrategias operacionales. - Programas de innovación operacional de las empresas mineras. - Medición de riesgos ambientales y sociales. - Costos técnicos y operacionales. - Empresas mineras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Documentación sobre políticas y estrategias operacionales. - Existencia de proyectos similares. - Conflictos con internos y con comunidades, costos ambientales y sociales. - Grado de deterioro ambiental. - Empresas mineras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluación de la Documentación sobre políticas y estrategias operacionales. - Tipo de proyectos y sus efectos medidos. - Análisis de los conflictos con comunidades. - Medición del grado de deterioro ambiental. - Empresas mineras.
<p><u>Dependiente</u></p> <p>Responsabilidad técnica en la implementación, desarrollo y prospectivo exploratorio.</p> <p>Y=Responsabilidad técnica y financiera.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Requerimientos Legales nacionales e internacionales de la responsabilidad técnica y social. - Costos y presupuesto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo de normas internacionales, acuerdos y leyes dictadas a nivel nacional. - Enumeración de los requerimientos fundamentales. - Enumeración de los indicadores que miden la responsabilidad técnica y social. 	<ul style="list-style-type: none"> - Normas y leyes técnicas internacionales y nacionales - Existencia y vigencia de los requerimientos fundamentales de la práctica operacional, responsabilidad social y medio ambiental. - Enumeración y medición de los indicadores Cualitativos y cuantitativos del diseño. - Cumplimiento de normas y leyes

Fuente: ECAAS - 2018

2.6. DISEÑO METODOLÓGICO DETALLADO

2.6.1 Tipo de la investigación

Teniendo en consideración el propósito, problemática y objetivos de la presente investigación, la investigación será de carácter descriptivo en cuanto se estudiará la frecuencia de las variables de estudio y explicativa no experimental porque causa efecto en nuestro análisis de estudio.

2.6.2 Nivel de investigación

Es una investigación descriptiva, correlacional, explicativa, y de aplicación práctica.

2.6.3. Método y diseño de la investigación

2.6.3.1 Método de la investigación

Se empleará el método descriptivo – explicativo de análisis y de síntesis, también el deductivo e inductivo, los mismos que permitirán identificar los componentes de la realidad, estableciendo relaciones de causa – efecto entre los elementos de la investigación.

2.6.3.2 Diseño de la investigación

Se empleará el diseño por objetivos con el propósito de investigar las variables que intervienen en el problema planteado.

2.6.3.3 Población y muestra

Población

La población para la presente investigación estará constituida por el record de la producción de mineral.

Muestra

Para determinar el tamaño óptimo de muestra, se empleará el método probabilística con muestreo aleatorio simple:

$$n = \frac{Z^2 PQN}{e^2(N-1) + Z^2 PQ}$$

Z = N° de desviaciones estándar respecto a P

P = Proporción de población de empresas que reflejan producción positiva con el método (P = 0,5).

Q = Proporción de población de empresas que reflejan baja producción con el método (Q = 0.5).

α = Nivel de significancia.

e = Error muestral

n = Tamaño óptimo de la muestra.

2.6.3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Se utilizarán encuestas, entrevistas, observación y análisis de documentos existentes.

Instrumentos

Los instrumentos a usar serán aquellas que puedan adecuarse al área de trabajo y dependiendo del tipo de empresa que realice el método de explotación de cámaras y pilares.

2.6.4. Procesamiento de datos

Interpretación de Resultados

Para el procesamiento de datos se utilizará, entre otras, la técnica de tabulación. Los datos estarán expresados en cuadros y gráficos estadísticos que permitirán hacer más objetivos los resultados y conclusiones obtenidas.

Contrastación de Hipótesis

Corresponde a la verificación de las hipótesis planteadas en el respectivo proyecto.

2.7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

“Guía Minero Ambiental de Explotación”, Ministerio de Minas y Energía, Colombia, Recuperado de:

<http://www.simec.gov.co/Portals/0/Documental/1161.pdf>

Método de Explotación Cámaras y Pilares, Facultad de Ingeniería de Minas UNDAC, 2014, Recuperado de: <http://es.slideshare.net/garciamp13/metodos-de-explotacin-por-camaras-y-pilares-room-and-pillar>

Riesgos asociados a métodos de explotación por cámaras y pilares, Moya Mauricio, Chile, Julio de 2015. Recuperado de: <http://www.emb.cl/hsec/articulo.mvc?xid=698&edi=31&xit=riesgos-asociados-a-metodos-de-explotación-por-cámaras-y-pilares>

Método de explotación: Cámaras y Pilares, Universidad Nacional de Ingeniería, 2008, Perú, Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/60816518/Clase-3-Camaras-y-Pilares>

Presentación 5: Calculo de Pilares, Ascencio Ascencio José Marcelino, Cúcuta, 2015.

Caracterización de estructuras subterráneas artificiales. Aplicación a un caso concreto. Informe geotécnico y de Subsistencia, Instituto tecnológico GeoMinero de España, España, 1995. Recuperado de:
[http://info.igme.es/SidPDF%5C039000%5C311%5CInforme%20geotecnico%20y%20de%](http://info.igme.es/SidPDF%5C039000%5C311%5CInforme%20geotecnico%20y%20de%20)

III ANEXO:

1. Matriz de consistencia
2. Declaración jurada de autenticidad del proyecto de investigación
3. Tabla de evaluación del proyecto de investigación cuantitativa

