

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



**“CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN
SUBTERRÁNEA PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

Bach. ROKY DAVID MAQUERA ORDOÑEZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERU

2019

DEDICATORIA

A dios por haberme acompañado siempre en todo momento, buenos, malos de la vida, por haberme cuidado siempre, por haberme dado el valor, la fuerza, la sabiduría ,los conocimientos ,con muchos fines uno de ellos, el presente trabajo artículo de investigación.

A mis queridos padres, a mis hermanos por haberme apoyado siempre en todo momento, porque ellos fueron un pilar importante en mi vida, para este logro más a lo largo de la trayectoria de mi vida profesional.

AGRADECIMIENTO

A la universidad Nacional del Altiplano Puno mi alma mater, a la Facultad de Ingeniería de Minas, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios superiores, a cada uno de los catedráticos de la escuela profesional de ingeniería de minas que me brindaron sus enseñanzas, conocimientos y valores, para así alcanzar con esta anhelada meta, que como guía ellos aportaron en bien de mi formación académica y profesional.

A los autores de los diferentes trabajos de investigación, que con los conocimientos y experiencias vividas, fueron ellos quienes plasmaron, en sus trabajos de investigación, gracias a ello se hizo posible este presente trabajo “artículo de investigación”.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
INDICE GENERAL	4
INDICE DE TABLAS.....	5
RESUMEN	6
ABSTRACT.....	7
I. INTRODUCCIÓN.....	8
II.MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
2.1 MATERIALES DE LA INVESTIGACION.....	10
2.2 METODOS DE LA INVESTIGACION.....	14
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
3.1 RESULTADOS	15
3.2 DISCUSIONES	19
IV. CONCLUSIONES	20
V. LITERATURA CITADA	21

TEMA: “CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN
SUBTERRÁNEA PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN”

ÁREA: Ingeniería de Minas.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 15 de noviembre del 2019.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos característicos de cuerpos mineralizados en diferentes unidades mineras con el método de explotación corte y relleno ascendente.....	15
Tabla 2: Datos característicos de cuerpos mineralizados en diferentes unidades mineras con el método de explotación cámaras y pilares.....	16
Tabla 3: Datos característicos de cuerpos mineralizados en diferentes unidades mineras con el método de explotación Sub-level Stopping.....	16
Tabla 4 : Datos característicos de cuerpos mineralizados en diferentes unidades mineras con el método de explotación Shirinkage Stopping.....	17
Tabla 5: Datos característicos de cuerpos mineralizados en diferentes unidades mineras con el método de explotación sublevel caving .	18
Tabla 6: Datos característicos del método de explotación block caving .	19

Selection criteria for underground exploitation methods to optimize production.

Criterios de selección de métodos de explotación subterráneo para optimizar la producción.

Roky David Maquera-Ordoñez.

Universidad Nacional Del Altiplano De Puno-Perú, Facultad de Ingeniería De Minas, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. david.minas@gmail.com 928045831

RESUMEN

El presente artículo de investigación se realizó en base a trabajos de investigación minera en yacimientos masivos como pórfidos de cobre, lentes stock tipo pórfido, vetas, mantos, en minas de Latinoamérica y África. El objetivo es discernir un método de explotación minera adecuado para un determinado cuerpo mineralizado, así realizar operaciones mineras óptimas en producción, rentables y seguras. Los métodos de explotación subterránea que se estudiaron fueron: **Métodos auto soportantes:** Cámaras y pilares, Cámaras Almacén, Cámaras por Subniveles; **Métodos soportados:** Corte y relleno ascendente; **Métodos de hundimiento:** Hundimiento por Subniveles y Hundimiento de Bloques. En esta investigación, criterios de selección de métodos de explotación subterránea, es importante ver el tamaño y forma del yacimiento (geometría del yacimiento). Evaluar la geología, su distribución de leyes, las propiedades geo mecánicas del mineral y la roca encajonante, aspectos económicos, limitaciones ambientales y condiciones sociales. Se concluye que para los diferentes cuerpos mineralizados, un criterio muy importante, será conocer el buzamiento de la estructura mineralizada, la potencia, el RMR de la caja techo, caja piso, de la estructura mineralizada, el RMR de la roca encajonante. Según los resultados, el método de explotación **Cámaras por Subniveles**, las potencias de las vetas están en el rango de 0.5m a 40m, con buzamientos > 45° a 80°. El RMR de la caja techo de 25 a 79. **Cámaras y pilares** el rango de potencia de 0.035m a 55 m, con buzamientos de 08° a 45°. El RMR de la roca encajonante de 70 a 77. **Cámaras almacén** el rango de potencia de 0.8m a 8 metros, con buzamientos > 68° a 80°. **Corte y Relleno ascendente** el rango de potencia de 0.8m a 6 metros, con buzamientos > 35° a 80°. **Hundimiento de bloques** en yacimientos masivos de grandes extensiones general mente en pórfidos de cobre. **Hundimiento por subniveles** en lentes, vetas, stock tipo pórfido.

Palabras clave: Criterios de selección, métodos de explotación, geometría del yacimiento, evaluación geológica - geo mecánica, buzamiento.

ABSTRACT

This research article was based on mining research work in massive deposits such as copper porphyry, porphyry-type stock lenses, veins, mantles, in mines in Latin America and Africa. The objective is to discern a suitable mining method for a specific mineralized body, thus to carry out optimal mining operations in production, profitable and safe. The underground exploitation methods that were studied were: Self-supporting methods: Chambers and pillars, Warehouse Chambers, Chambers by Sub-levels; Supported methods: Cut and fill up; Sinking methods: Sublevel Sinking and Block Sinking. In this investigation, selection criteria for underground exploitation methods, it is important to see the size and shape of the reservoir (reservoir geometry). Evaluate the geology, its distribution of grades, the geomechanical properties of the mineral and the encasing rock, economic aspects, environmental limitations and social conditions. It is concluded that for the different mineralized bodies, a very important criterion will be to know the dip of the mineralized structure, the power, the RMR of the roof box, floor box, of the mineralized structure, the RMR of the encasing rock. According to the results, the Sublevel Chambers exploitation method, the vein powers are in the range of 0.5m to 40m, with dips > 45° to 80°. The RMR of the roof box from 25 to 79. Chambers and pillars the power range of 0.035m to 55 m, with dips from 08° to 45°. The RMR of the box rock from 70 to 77. Storage chambers the power range of 0.8ma 8 meters, with dips > 68° to 80°. Cut and Fill ascending the power range from 0.8m to 6 meters, with dips > 35° to 80°. Sinking of blocks in massive deposits of large extensions, generally in porphyry copper. Sub-level subsidence in lenses, veins, porphyry-type stock.

Keywords: Selection criteria, exploitation methods, reservoir geometry, geological evaluation - geo mechanical, dip.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad a lo largo de las cordilleras, oriental, central, y occidental, del continente americano nos damos con la sorpresa de que existen gran variedad de yacimientos mineros desde pequeños cuerpos mineralizados, lentes, vetas, mantos, stock works, hasta cuerpos mineralizados masivos e inmensos pórfidos generalmente de cobre, debido a esto muchos realizaron estudios desde un cateo a simple vista hasta estudios geológicos con perforaciones diamantinas, según diversas fuentes confiables, los resultados fueron de yacimientos mineros poco rentables hasta muy rentables. Debido a esto tomo la iniciativa de investigar los criterios de métodos de explotación en minería subterránea para esta gran variedad de yacimientos mineros y así hacerlo rentable y óptimo. En esta investigación tomo en consideración cuatro criterios muy importantes, con base en investigaciones de diferentes minas subterráneas de Latinoamérica y África. **El Primer criterio** es ver si el yacimiento se da en forma vetas, mantos, lentes stock tipo pórfido, yacimientos masivos como pórfidos de cobre. **El Segundo criterio:** conocer los diferentes métodos de explotación en minería subterránea, me he enfocado en esta investigación en los siguientes: *Métodos auto soportantes:* Cámaras y Pilares (Room and Pillar), Cámaras Almacén (Shrinkage Stopping), Cámaras por Subniveles (Sublevel Stopping). *Métodos soportados:* Corte y Relleno ascendente (Over Cut and Fill). *Métodos de hundimiento,* Hundimiento por Subniveles (Sublevel Caving), Hundimiento de Bloques (Block caving), Tajos largos (Longwall Mining). **El Tercer criterio:** ver el tamaño y forma del yacimiento (geometría del yacimiento), evaluar la geología, su distribución de leyes, las propiedades geo mecánicas del mineral y la roca encajonante, aspectos económicos limitaciones ambientales y condiciones sociales (Joaquin-Ticona, 2015). **El Cuarto criterio:** El buzamiento de la estructura mineralizada, la potencia, el RMR de la roca encajonante in situ, el RMR de la caja techo y caja piso de la estructura mineralizada. Muchos investigadores por experiencia propia, trascendencia profesional plantearon diferentes teorías para cada método de explotación subterránea así llevar a cabo una óptima operación minera subterránea.

Cámaras y pilares (**Room and pillar**). Este método de explotación en su mayoría se ha aplicado en mantos, según (Medina-Aguilar, 2016), en Corporación Minera Ananea S.A., el método de explotación de Cámaras y Pilares, se basa en la explotación del mineral a través de cámaras separadas por pilares de sostenimiento del techo. Estos pilares por contener mineral de interés pueden ser recuperados parcial o totalmente al final de la explotación del yacimiento, ya que durante las labores de desarrollo y explotación sirven de soporte garantizando la estabilidad de la galería y la seguridad, en la actualidad realiza la explotación de recursos minerales auríferos por el método convencional de cámaras y pilares, siendo la sección de la galería de extracción de minerales, aproximadamente de 2.50m x 3,00m, las dimensiones de cámaras de 6 metros y pilares 1 metro.

Cámaras almacén (**Shrinkage stopping**) Según (Joaquin-Ticona, 2015) se emplean más en los yacimientos con filones estrechos o en aquellos en el que no pueden emplearse otros métodos (Joaquin-Ticona, 2015).

Cámaras por Subniveles (**Sublevel Stopping**), según (Laura-Zoto,2014),este método se aplica preferentemente en yacimientos de forma tabular verticales o subverticales de gran espesor, por lo general superior a 10 m, es deseable que los bordes o contactos del cuerpo mineralizado sean regulares. También es posible aplicarlo en yacimientos masivos o mantos de gran potencia, subdividiendo el macizo mineralizado en caserones separados por pilares, que posteriormente se pueden recuperar. Tanto la roca mineralizada como la roca circundante deben presentar buenas condiciones de estabilidad; vale decir, deben ser suficientemente competentes o auto soportante.

Corte y Relleno ascendente (**Over Cut and Fill**), Según Hartman (1996) la selección del método extractivo cuando la roca se torna moderada a débil incompetente es el tajeo corte y relleno ascendente, el cual ayuda a disminuir el problema de inestabilidad de labores, por cuanto esta es de inmediato rellenada evitando desestabilización de la roca caja.

Tajos largos **Longwall mining**, para Bravo (2017) las operaciones con el método de explotación Longwall Mining son: rápidas, efectivas y de menor costo operativo además de brindar la seguridad para un desempeño seguro de los trabajadores, con respecto a la perforación y voladura en este método es controlado ya que se utiliza explosivo de baja potencia.

Hundimiento de bloques (**Block caving**), Según (Cueva-Quispe & Rojas-Atalaya, 2018) los yacimientos mineros masivos corresponden a la minería del Caving, la cual hace referencia a todas las operaciones en las cuales el cuerpo mineralizado cede después de producir el hundimiento y el material hundido es recuperado por los puntos de extracción. Según (Laubscher, 1994), estos métodos de explotación tienen menores costos, asociados debido a las dimensiones de la unidad de extracción, a que las instalaciones están dimensionadas para el material hundido.

Hundimiento por Subniveles (**Sublevel Caving**) es un método de minado masivo basado en el flujo gravitacional del mineral fragmentado. Sin embargo este método de explotación no es muy popular en las situaciones donde se tiene que decidir entre uno u otro método de explotación, debido principalmente a las bajas recuperaciones de mineral y excesiva dilución que resultan en su operación minera. Es común escuchar decir que estas variables (recuperación, dilución) no son controlables.

El control geo mecánico es muy importante para ver las condiciones de la caja y cuerpo mineralizado. Según (Barzola-Chauca, 2012).Se deben evaluar los siguientes parámetros, ciclo de explotación, velocidad de explotación, ventilación, mano de obra, longitud de desarrollo y explotación, rendimiento del equipo para el ciclo de minado (perforación, carga y limpieza) y seguridad.Según (Paz-Zevallos, 2019),se deben evaluar :Parámetros económicos como costos de explotación, capital requerido, VAN, TIR, relación beneficio/costo, rentabilidad del método, condiciones de mercado y precio del mineral (variable).Parámetros complementarios como factores externos (topografía, drenaje, ubicación, planta de tratamiento, infraestructura y condiciones climáticas),

factores generales (disponibilidad de energía, disponibilidad de agua, relleno utilizado, madera, mano de obra y nivel económico del área), factores ambientales.

II.MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIALES DE LA INVESTIGACION

El artículo de investigación fue posible gracias a los resultados experimentales de diferentes profesionales en el sector minero de Latinoamérica y África quien ellos en sus trabajos de investigación, plasmaron toda la información verídica y experimental sobre diferentes métodos de explotación en minería subterránea.

El artículo de investigación se realiza en base a 28 unidades mineras.

- **Cámaras y pilares (Room and pillar):**U.M. Nueva Esperanza-Bambamarca(Jibaja-ruiz & Zurita-Ramirez, 2019);U.M. CMASA – Rinconada(Medina-Aguilar, 2017); CMCSF.ltda-San Ignacio Rinconada; La Compañía Minera Condestable S.A.(Nuñez-Prado, 2012); Shuntur(Torres-valdivia, 2010)
- **Cámaras almacén (Shirinkage stoping):**U.M. Apmínac-Pulpera.;U.M. Uchucchacua Compañía De Minas Buenaventura S.A.A(Joaquin-Ticono, 2015), Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.(Ames-Lara & Yauri-Melchor, 2015); Proyecto del túnel 2006 U.P. Contonga de Minera Huallanca S.A.(Palomino-Gamero, 2010);U.M Pomasi Lampa- Puno.
- **Cámaras por subniveles (Sublevel Stoping):**U.M. Cerro Lindo- Milpo S.A.A; Cia.M. Caudalosa U.E.A Huachocolpa Uno(Laura-Soto, 2014);U.M. ShunturS.A.C(Barzola-Chauca, 2012);U.M. Morococha(Carlos-Jimenez & Rivera-Cruz, 2016);U.E.A. Marcapunta Sur De Sociedad Minera El Brocal S.A.A.(Mallqui-Balbín, 2019) ;U.M Catuva- Compañía Minera Raura S.A(Cordero-Carrera, 2013).;U.M. Uchucchacua Compañía De Minas Buenaventura S.A.A(Huamantínco-Vera, 2015);U.M. Pallancata -Cia Minera Suyamarca S.A Ayacucho.
- **Corte y relleno (cut and fill):**U.M. Apmínac Pulpera(Joaquin-Ticono, 2015); U.M. Cooper Compani- Africa(Cotera-Paucar, 2012);U.M. Empresa Minera Minas Icas S.A.C. – Ica(Paz-Zevallos, 2019);U.M. Proyecto Dorado 298 Sector Vetaspata(Ramos-Calcina, 2018);U.M. Quiruvilca S.A.(Guerrero-Chauca, 2017);U.M. Poracoto-Cia.M Buenaventura(Galvez-Espejo, 2011);U.M. Huancapeti(Gómez-Roca, 2017);U.M. Morococha(Rondon del-Carmen, 2017);U.M. Pallancata -Cia Minera Suyamarca S.A Ayacucho(Chambi-Medina, 2013).
- **Hundimiento de bloques (block caving):**P.M. Chuquicamata Subterránea-Codelco(Espinoza-Ortega, 2018).
- **Hundimiento por subniveles (sublevel caving):** Sociedad Minera S.A. Corona Yauricocha(Cairo-Camarena, 2019);U.M. Cia. Azure Del Perú S.A.C.

Asulcocha-Yauyos;U.M(Estrella-Carbajal, 2015). Pan American Silvers.A. - Huaron(Contreras-Ramirez, 2011).

Un material muy importante y como base experimental de este trabajo fue la investigación de diversos autores que en muchas de sus premisas detallaron diferentes puntos de vista en cada uno de ellos, como criterios de métodos de explotación en minería subterránea.

Métodos auto soportante:

En esta investigación se estudió 03 métodos de explotación que cada una se caracteriza de manera distinta por tener distintas secuencias de forma de explotación de un cuerpo mineralizado, claro que para cada método el cuerpo mineralizado debe de cumplir con ciertas características para que sea viable, donde con una planificación de diseño de mina óptimo, no requerirá sostenimiento a menos que, la evaluación geo mecánica diga lo contrario, o cuando tenga que cruzarse fallas geológicas, recuperarse los pilares que se dejó una vez finalizando la explotación de minas, en esas circunstancias se deben adecuarse un sostenimiento de acuerdo a un estudio geo mecánico insitu.

Dentro de este método auto soportante tenemos.

A. Cámaras y pilares (room and pillar).- General mente este método de explotación se han aplicado en cuerpos mineralizados en forma de mantos, en la mina Rinconada del departamento de puno se tiene un yacimiento aurífero cuyos mantos van desde 0.5cm hasta 20 cm de potencia depende a cada zona y altitud. En Corporación Minera Ananea S.A., el método de explotación de Cámaras y Pilares, se basa en la explotación del mineral a través de cámaras separadas por pilares de sostenimiento del techo. Estos pilares por contener mineral de interés pueden ser recuperados parcial o totalmente al final de la explotación del yacimiento, ya que durante las labores de desarrollo y explotación sirven de soporte garantizando la estabilidad de la galería y la seguridad. En la actualidad realiza la explotación de recursos minerales auríferos por el método convencional de cámaras y pilares, siendo la sección de la galería de extracción de minerales, aproximadamente de 2.50m x 3,00m. En el presente trabajo de investigación se logra diseñar cámaras y pilares óptimos de 4.5 metros de ancho de la cámara y 2 metros de ancho del pilar, teniendo como resultado el factor de seguridad 2.4, esto dará una estabilidad en seguridad de operación, así no afectará la integridad física del personal, equipos y otros. Ya que el factor de seguridad está muy por encima del valor mínimo aceptable 1.5.(Medina-Aguilar, 2017).

En minas de carbón Para Amstrom & Menon (1998), el sistema de cámaras y pilares se utiliza en mantos de carbón donde la presión ejercida por las rocas superiores sobre los pilares de soporte no es excesiva. Este sistema presenta dos ventajas clave sobre el método de tajos largos: flexibilidad y seguridad. La principal desventaja es que la recuperación de los recursos de carbón solo es parcial y depende de factores como la profundidad del manto bajo la superficie y su grosor llegando a conseguirse recuperaciones de hasta un 60% o incluso un 90% si explotan los pilares de una segunda fase del proceso de extracción.

B. Cámaras almacén (shrinkage stoping).- Se emplean más en los yacimientos con filones estrechos, vetas angostas o en aquellos en el que no pueden emplearse otros métodos, (Joaquin-Ticona, 2015). Para este método de explotación una característica importante es que las rocas cajas deben de ser competentes y deben tener buzamiento fuerte $> 60^\circ$.

En Unidad Minera Laytaruma S.A. y Apmínac Pulpera. Se utiliza este método de explotación, el Shrinkage convencional llamado también almacenamiento provisional, en el cual el mineral disparado servirá como plataforma temporal para seguir perforando, pero como se sabe el mineral tiende a aumentar de volumen en un 30 - 35 %, eso quiere decir que llegado un momento no se va a poder perforar el techo, por lo que el mineral excedente es extraído por las tolvas o echaderos hasta una altura considerable de 2 m entre el mineral roto y techo, los cortes de mineral se realizan en forma ascendente. La explotación del tajeo se desarrolla en tres etapas, en la primera etapa de preparación, minado del block se desarrollan las chimeneas de ventilación, subnivel y preparan los embudos cada 05 metros y las chimeneas de acceso; la segunda etapa consiste en el inicio de la producción, dejando una altura de 2,10 m para seguir perforando los taladros de producción (perforación, voladura, ventilación, desate, sostenimiento y limpieza de mineral), todo el ciclo. Y por último, la tercera etapa es la del tajeo en producción. La potencia del yacimiento va de 0,80m a 1,20 m, las cajas competentes. El ángulo de buzamiento fuerte $>60^\circ$, en la veta Flora alcanza los 85° , veta Celia 80° , que es muy favorable. (Joaquin-Ticona, 2015).

C. Cámaras por subniveles (sublevel stoping).- Se cree que se inició en el Canadá, por la amplia preparación se necesita una fuerte inversión, pero en compensación es uno de los más bajo costo, mayor garantía y seguridad. Condiciones de Diseño: Puede ser aplicado bajo las siguientes condiciones el depósito debe ser vertical o próximo a ella, debiendo exceder el ángulo de reposo del mineral, las rocas encajonantes deben ser competentes y resistentes, el mineral debe ser competente y con buena estabilidad, los límites del yacimiento deben ser amplios y regulares. Actualmente, los objetivos de la Compañía Minera Argentum, están orientados básicamente en reducir los índices de accidentabilidad por caída de rocas y mejorar nuestros índices de productividad reflejados en finos de concentrados, según los planes, a corto, mediano y largo plazo, de la mina Morococha, Zona Codiciada; los cuales están direccionados en la importancia de preparación de nuevos tajos diseñados, según la infraestructura futura que requiera el método de taladros (Carlos-Jimenez & Rivera-Cruz, 2016). Ventajas del método sub level stoping: Alto tonelaje por metro de avance, Método muy económico, alta productividad. Bajísimo consumo de madera, gran seguridad durante las operaciones, buena ventilación. Desventajas del método sub level stoping: daños por voladura, equipos grandes y costosos, alta dilución si no se controla la voladura, pérdida del mineral en las zonas pasivas, alto costo de desarrollo y preparación (subniveles, rampas, chimeneas, ore passes), no es selectivo, voladura secundaria frecuente (0 a 15 % de banco), scoops a control remoto vulnerable a accidentarse, grandes cavidades vacías hasta concluir el relleno. (Escalante-Atencio, 2018).

Métodos soportados:

El término “sostenimiento” define las técnicas de estabilización de la masa rocosa en el frente de trabajo o tajeo de producción u otra actividad en interior mina. En este método de explotación subterránea general mente se requiere sostenimientos continuos en los tajeos de producción , mucho tiene que ver las características geo mecánicas del cuerpo mineralizado y rocas encajonates , el buzamiento, dentro de este método soportados se investigó .

A Corte y relleno ascendente (over cut and fill).- Según Hartman (1996) la selección del método extractivo cuando la roca encajonate se torna moderada a débil incompetente es el metodo de explotación tajeo por corte y relleno, el cual ayuda a disminuir el problema de inestabilidad de labores, por cuanto esta es de inmediato rellenada evitando desestabilización de la roca caja.

Métodos de hundimiento:

Son métodos de explotación subterráneos que general mente se caracterizan viables por aflorar en yacimientos masivos, estos corresponden a la minería del Caving, la cual hace referencia a todas las operaciones en las cuales el cuerpo mineralizado cede después de producir el hundimiento, y el material hundido es recuperado por los puntos de extracción. Estos métodos de explotación tienen menores costos asociados debido a las dimensiones de la unidad de extracción, a que las instalaciones están dimensionadas para el material hundido, y a que el horizonte, de extracción pueda mantenerse por la vida de la mina. (Laubscher, 1994).Según (Ortiz, 2000) este método consiste en inducir el hundimiento de una columna mineralizada, socavándola mediante la excavación de un corte basal, proceso que se realiza aplicando las técnicas convencionales de perforación y tronadura. Los esfuerzos internos pre-existentes en el macizo rocoso (gravitacionales y tectónicos), más los inducidos por la modificación de sus condiciones de equilibrio debido al corte basal, generan una inestabilidad en la columna de roca o loza inmediatamente superior. Este cede parcialmente rellenando el vacío creado, y la situación de equilibrio tiende a reestablecerse. El mineral que cede es extraído por la base a través de un sistema de zanjas recolectoras por equipos de carguío, que luego descargan en excavaciones sub verticales llamadas piques, que conectan con el nivel de transporte (variaciones en el diseño de la mina pueden incluir niveles o etapas diferentes), para luego ser transportado fuera de la mina.

A. Hundimiento de bloques (block caving).-Según (Solano-Contreras, 2008) son método se realizan en yacimientos masivos este método se basa en el flujo gravitacional del mineral fragmentado. Sin embargo este método de minado no es muy popular en situaciones donde se tiene que decidir entre uno u otro método de explotación, debido principalmente a las bajas recuperaciones de mineral y excesiva dilución que resultan en su operación minera. Es común escuchar decir que estas variables (recuperación, dilución) no son controlables; por ello la presente investigación intenta demostrar que principalmente la recuperación del mineral es una variable controlable, y depende de algunas otras variables, como son el método de extracción del mineral (frontal o lateral), el grado de fragmentación y el ancho de la labor de extracción. Estas variables determinarán las dimensiones de excentricidad del elipsoide generado durante la extracción del mineral. por lo tanto, las dimensiones del elipsoide generado serán directamente proporcionales al grado de recuperación del mineral, y el incremento del rango de este último (recuperación) determinará la eficiencia de las operaciones con mejores ratios de productividad.(Solano-Contreras, 2008)

B. Hundimiento por subniveles (sublevel caving).-Se aplica en cuerpos mineralizados grandes como pórfidos, lentes, con buzamiento casi perpendicular a las rocas encajonantes. También es aplicable en yacimientos masivos. La roca mineralizada debe ser competente, La roca encajonante debe ser poco competente, de modo que se derrumbe con facilidad ocupando el vacío dejado para la extracción del mineral.

2.2 METODOS DE LA INVESTIGACION

La metodología de investigación se da de la información disponible con importantes hechos en el sector minero, con base de los trabajos de investigación, que se realizaron en diferentes unidades mineras, de Latinoamérica y África se realizó una recopilación y un análisis de datos experimentales de campo y laboratorio, esto permitió sintetizar la información disponible. De esta manera, en la investigación tomo en consideración cuatro criterios muy importantes. **El Primer criterio** es ver si el yacimiento se da en forma vetas, mantos, lentes stock tipo pórfido, yacimientos masivos como pórfidos de cobre. **El Segundo criterio:** conocer los diferentes métodos de explotación en minería subterránea me he enfocado en esta investigación en los siguientes: *Métodos auto soportantes:* Cámaras y Pilares (Room and Pillar), Cámaras Almacén (Shrinkage Stopping), Cámaras por Subniveles (Sublevel Stopping). *Métodos soportados:* Corte y Relleno ascendente (Over Cut and Fill). *Métodos de hundimiento,* Hundimiento por Subniveles (Sublevel Caving), Hundimiento de Bloques (Block caving), Tajos largos (Longwall Mining). **El Tercer criterio:** ver el tamaño y forma del yacimiento (geometría del yacimiento), evaluar la geología, su distribución de leyes, las propiedades geo mecánicas del mineral y la roca encajonante, aspectos económicos limitaciones ambientales y condiciones sociales (Joaquin-Ticona, 2015). **El Cuarto criterio:** El buzamiento de la estructura mineralizada, la potencia, el RMR de la roca encajonante in situ, el RMR la caja techo y caja piso de la estructura mineralizada. Muchos investigadores por experiencia propia, trascendencia profesional plantearon diferentes teorías para cada método de explotación subterránea así llevar a cabo una óptima operación minera subterránea.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 RESULTADOS

Del estudio realizado en base a las diferentes unidades mineras, los resultados según el análisis de datos son los siguientes. Ver tablas.

3.1.1 Resultados del método de explotación corte y relleno ascendente.

Tabla 1: Datos característicos de cuerpos mineralizados en diferentes unidades mineras con el método de explotación corte y relleno ascendente.

CARACTERÍSTICAS	CORTE Y RELLENO ASCENDENTE								
	U.M	U.M	U.M	U.M	C.M	U.M	U.M	U.M	U.M
	APMINAC PULPERA	COOPER COMPANI- AFRICA	EMPRESA MINERA MINAS ICAS S.A.C. – ICA	PROYECTO DORADO 298 SECTOR VETASPATA- SANDIA	QUIRUVILCA S.A.SANTIAGO DE CHUCO- LA LIBERTAD	PORACOTO- CIA.M BUENAVENTURA	HUANCAPETI- HUARAZ ANCASH	MOROCCOCHA- PROV. YAULI - JUNIN	PALLANCATA - CIA MINERA SUYAMARCA S.A AYACUCHO
Potencia	0.8m a 1.2m	40m	1.5m	0.05m- 0.3m	2m a 6m	-	3m a 5m	1.8m	1m a 2m
Tipo	veta	manto	veta	veta	veta	veta	veta	veta	vetas y brechas
Buzamineto	80º	12º	75º	50º	78º y 90º	65º	35º a 45º	80	70º-75º
Grado de distribución	uniforme	uniforme	uniforme	variado	variado	uniforme	uniforme	uniforme	variado
Profundidad	50m	150 m	150m	80m	450m	-	200m	200m	100m a 350m
RMR(rock mass rating)caja techo	37	60-70	65	70	40- 45	45	53	79	51-65
RMR(rock mass rating)caja piso	40	60-70	65	70	50- 55	50	53	74	52-65
RMS(rock substance strength)	37	65-75	60	65	45	40	40	78	53-65
Extension	-	-	-	-	-	-	-	-	1600m

Fuente: Elaboración propia

Resultados de investigación según la tabla N°1 en el método de explotación en minería subterránea corte y relleno ascendente.

- El rango de potencia de vetas oscilan entre 0.8m a 6 metros.
- El rango del buzamiento de las vetas oscilan de > a 35° hasta 80°.
- El rango del RMR de la caja techo oscila de 37 a 79
- El rango del RMR de la caja piso oscila de 40 a 70
- El RMR del cuerpo mineralizado oscila de 37 a 75
- El grado de distribución del cuerpo mineralizado mayormente es uniforme.
- En la unidad minera Cooper Company en África el cuerpo mineralizado se dio en forma de manto con un buzamiento de 12° y con una potencia de 40 m, fue posible aplicar el método de explotación corte y relleno ascendente debido a su amplia potencia.

3.1.2 Resultados del método de Explotación Cámaras y pilares.

Tabla 2: Datos característicos de cuerpos mineralizados en diferentes unidades mineras con el método de explotación cámaras y pilares.

CAMARAS Y PILARES					
CARACTERISTICAS	U.M	U.M	U.M	U.M	U.M
	NUEVA ESPERANZA-BAMBAMARCA	CMASA - RINCONADA	CMCSFLTDA.-SAN IGNACI RINCONADA	LA COMPAÑÍA MINERA CONDESTABLE S.A.-MALA -CAÑETE	SHUNTUR-HUARAZ-ANCASH
Potencia	0.7m a 2m	0.035m	0.03m	2m a 55 m	3m a 5m
Tipo	manto	Manto	Manto	manto	manto
Buzamineto	8º	30º	12º	40º	30º a 45º
Grado de distribución	uniforme	variado	variado	variado	uniforme
Profundidad	60 m	400m	700m	150m	300m
RMR(rock mass rating) roca encajonante	70	77	77	70	CALIZA
RMS(rock substance strength) longitudinal	60	80	80	70	-
	-	-	-	-	>500 m

Fuente: Elaboración propia

Resultados de investigación según tabla N°02 en el método de explotación en minería subterránea cámaras y pilares .

- El rango de potencia en mantos oscila de 0.035m a 55 m.
- Rango de buzamientos oscilan de 08º hasta 45º
- El rango del RMR de la roca encajonante oscila de 70 a 77
- El rango del RMR del cuerpo mineralizado oscila de 60 a 70
- En profundidad desde 60m a 700 por ser roca competente.

3.1.3 Resultados del método de Explotación Sub-level Stopping:

Tabla 3: Datos característicos de cuerpos mineralizados en diferentes unidades mineras con el método de explotación Sub-level Stopping.

SUB LEVEL STOPING								
CARACTERISTICAS	U.M	CIA. M.	U.M	U.M	U.E.A	U.M	U.M	U.M
	CERRO LINDO-MILPO S.A.A	CAUDALOSA U.E.A HUACHOCOLPA UNO	SHUNTUR-HUARAZ-ANCASH	MOROCHOCHA- PROV. YAULI JUNIN	MARCAPUNTA SUR DE SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.	CATUVA-COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A.-OYON - LIMA	UCHUCCHACUA COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A	PALLANCATA - CIA MINERA SUYAMARCA S.A AYACUCHO
Espesor	40m	0.5m a 3m	3m a 5m	1.8m	8m a 10m	5m a 40m	5m a 8m	1m a 2m
altura	-	-	-	-	10m	150	60m	-
Tipo	VETA	veta	manto	veta	manto	stockwork	vetas	vetas y brechas
Buzamineto	60º-65º	75º	30º a 45º	80º	45º	70º	68º	70º-75º
Grado de distribución	uniforme	variado	uniforme	uniforme	incompleto	variado	variado	variado
Profundidad	-	1500m	300	200	incompleto	590m- 690m	-	100m a 350m
RMR(rock mass rating) caja techo	54	55	25-75	79	incompleto	50-55	54 - 60	51 -65
RMR(rock mass rating) caja piso	62	55	25-75	74	incompleto	50-56	55 - 60	52 -65
RMS(rock substance strength)	54	56	-	78	incompleto	50	41-50	53 -65
Longitud	-	-	>500 m	-	-	-	200m	1600m

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de investigación según tabla N°03 en el método de explotación en minería subterránea sub level stopping .

- Es viable aplicar este método de explotación en vetas, brechas, mantos, stockworks.

- El rango de potencia de vetas varían de 0.5m a 40 metros.
- Según los resultados se puede trabajar con buzamientos > 30° hasta 80°.
- El RMR de la caja techo varia 25 a 79
- El RMR de la caja piso varia de 25 a 74
- El RMR del cuerpo mineralizado varia de 41 a 78
- La potencia es muy importante en este método de explotación ya que a menor potencia no sería rentable aplicar este método debido a que habría mayor dilución.
- Es viable aplicar este método en rocas no tan competentes a casi malas.

3.1.4 Resultados del método de explotación Shirinkage stoping.

Tabla 4 : Datos característicos de cuerpos mineralizados en diferentes unidades mineras con el método de explotación Shirinkage Stoping.

SHIRINKAGE STOPING					
CARACTERISTICAS	U.M APMINAC- PULPERA- CAYLLOMA	U.M UCHUCCHACUA COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A - PROV. OYON - LIMA	U.M POMASI - PROV. LAMPA DISTR. PALCA - PUNO	S.M AUSTRIA DUVAZ S.A.C. ZONA MOROCOCHA	U.M LA VETA EL GALLO CAMPANA DE ORO, LALIBERTAD
Potencia	0.8m a 1.2m	5m a 8m	0.08m a 2m	1m a 10m	0.5m a 7m
Tipo	veta	vetas	veta	veta	veta
Buzamineto	80º	68º	65º a 75º	70º	68º
Grado de distribucion	Uniforme	variado	uniforme	variado	uniforme
Profundidad	50m	-	800 m	-	-
RMR(rock mass raiting) caja techo	37	54 - 60	65 - 70	68-75	78
RMR(rock mass raiting) caja piso	37	55 - 60	65 - 70	68-75	78
RMS(rock substance strength)	30	41-50	65 70	68-75	78
Longitud	-	200m		200m	

Fuente: Elaboración propia

Resultados de investigación según tabla N°04 en el método de explotación en minería subterránea shirinkage stoping .

- En la tabla se observa que se puede trabajar con vetas de potencia desde 0.8m a 8 metros.
- Según los resultados se puede trabajar con buzamientos > a 68° hasta 80°
- El RMR de la caja techo oscila de 37 a 78
- El RMR de la caja piso oscila de 37 a 78
- El RMR del cuerpo mineralizado oscila de 30 a 78
- Este método de explotación mayormente aplicado en cuerpos mineralizados casi verticales.

3.1.5 Resultados del método de explotación sub level caving

Tabla 5: Datos característicos de cuerpos mineralizados en diferentes unidades mineras con el método de explotación sublevel caving .

SUB LEVEL CAVING			
CARACTERISTICAS	U.M	UM	CIA.M
	SOCIEDAD MINERA S.A. CORONA YAUICOCHA - YAUYOS	CIA. AZURE DEL PERÚ S.A.C. ASULCOCHA-YAUYOS	PAN AMERICAN SILVERS.A. - HUARON
Potencia	10m a 40m	240m a 260m	2.5m a 3.5m
Largo	-	200m a 220m	1132m
Tipo	lentes y vetas	stock tipo porfido granitico	vetas
Buzamineto	80	30º a 45º	68º a 75º
Grado de distribucion	irregular	irregular	irregular
Profundidad	650m	250m-800m	175m
RMR(rock mass rating)caja techo	52	20-30	51-60
RMR(rock mass rating)caja piso	40	40-50	51-61
RMS(rock substance strength)	40	oct-20	41-50

Fuente: Elaboración propia

Resultados de investigación según tabla N°05 en el método de explotación en minería subterránea sub level caving .

- En la tabla se observa que se puede trabajar en lentes, vetas , stock tipo pórfido granítico con extensiones de potencia de 10m a 260 metros y largo de 200m a 1132m
- Según los resultados se puede trabajar con buzamientos > a 30° hasta 80°.
- Este método de explotación subterránea es viable también cuando se tiene un grado de distribución de mineral irregular.
- El RMR de la caja techo varia 20 a 60
- El RMR de la caja piso varia de 40 a 61
- El RMR del cuerpo mineralizado varia de 20 a 50

3.1.6 Resultados del método de Explotación block caving

Tabla 6: Datos característicos del método de explotación block caving.

BLOCK CAVING	
CARACTERISTICAS	P.M CHUQUICAMATA SUBTERRANEA- CODELCO
Espesor	300m a 900m
Largo	4000m
Columna vertical	1600m
Tipo	PORFIDO
Buzamineto	-
Grado de distribución	uniforme a variado
RMR(rock mass rating) caja techo	-
RMR(rock mass rating) caja piso	-
RMS(rock substance strength)	-

Fuente: Elaboración propia

Resultados de investigación según tabla N°06 en el método de explotación en minería subterránea block caving.

- Es muy viable aplicar este método de explotación block caving en yacimientos mineros tipo pórfido.
- El grado de distribución varía de uniforme a variado.

3.2 DISCUSIONES

Para el método de explotación en minería subterránea corte y relleno ascendente el grado de distribución del cuerpo mineralizado mayormente debe ser uniforme.

En la unidad minera Cooper Company en África, el cuerpo mineralizado se dio en forma de manto con un buzamiento de 12° y con una potencia de 40 m, fue posible aplicar el método de explotación corte y relleno ascendente debido a su amplia potencia.

Para buzamientos bajos como el de 45° y bajas potencias de mineral de 0.5m a 5 m es viable aplicar el método de explotación corte y relleno ascendente, siempre en cuando se tenga mucho criterio al explotar el mineral, ya que la naturaleza del terreno nunca es regular, por lo que podríamos realizar combinaciones de métodos de explotación como con el shrinkage stoping de acuerdo como lo amerite el terreno.

En teoría el método de explotación corte y relleno ascendente se sabe que es aplicable en cuerpos mineralizados casi verticales, sin embargo fue posible aplicar este método de explotación en cuerpos mineralizados con buzamientos mayores iguales a 30° todo dependiendo de la potencia del mineral un caso real, uno de los muchos en la Compañía Minera las Bravas en Caraveli- Chaparra.

En el método de explotación sub-level stoping es muy importante tomar en cuenta la potencia del mineral, ya que a menor potencia no sería rentable aplicar este método debido a que habría mayor dilución.

En el método de explotación shirinkage stoping, general mente es aplicado en cuerpos mineralizados casi verticales, se dice que no era factible aplicar este método con tipo de rocas irregulares, sin embargo en la unidad minera Apmnac Pulpera en Caylloma se trabajó con un tipo de roca IV con un RMR que oscilaba de 30 a 37.

IV. CONCLUSIONES

De la investigación según tablas de resultados se concluye que, el método de explotación:

- Cámaras por Subniveles, las potencias de las vetas están en el rango de 0.5m a 40m, con buzamientos $>$ a 45° a 80° , el RMR de la caja techo oscila de 25 a 79.
- Cámaras y pilares el rango de potencia oscila 0.035m a 55 m, con buzamientos de 08° a 45° , el RMR de la roca encajonante de 70 a 77. Mayormente es aplicado este método en rocas competentes.
- Cámaras almacén, el rango de potencia oscila de 0.8m a 8 metros, con buzamientos $>$ 68° a 80° , el RMR de la roca encajonante de 37 a 78.
- Corte y Relleno ascendente en vetas el rango de potencia oscila de 0.8m a 6 metros, con buzamientos $>$ 35° a 80° . el RMR de la roca encajonante de 37 a 79.
- Corte y relleno ascendente en mantos, la potencia de 40 metros, con un buzamiento de 12° y un RMR de la roca encajonante de 37 a 40.
- Hundimiento de bloques, en yacimientos masivos de grandes extensiones general mente en pórfidos de cobre.
- Hundimiento por subniveles, en lentes, vetas, stock tipo pórfido con extensiones de potencia de 10m a 260 metros y largo de 200m a 1132m el rango de los buzamientos oscilan $>$ a 30° hasta 80° . Este método de explotación subterránea es viable también cuando se tiene un grado de distribución de mineral irregular. el RMR de la caja techo varia 20 a 60 el RMR de la caja piso varia de 40 a 61 el RMR del cuerpo mineralizado varia de 20 a 50.

Para la selección del método de explotación de cualquier cuerpo mineralizado manifiesto cuatro criterios:

Primer criterio, es ver si el yacimiento se da en forma vetas, mantos, lentes stock tipo pórfido, yacimientos masivos como pórfidos de cobre.

Segundo criterio, conocer los diferentes métodos de explotación en minería subterránea, menciono lo estudiado en esta investigación: *Métodos auto soportantes*: Cámaras y Pilares (Room and Pillar), Cámaras Almacén (Shrinkage Stopping), Cámaras por Subniveles (Sublevel Stopping). *Métodos soportados*: Corte y Relleno ascendente (Over Cut and Fill). *Métodos de hundimiento*, Hundimiento por Subniveles (Sublevel Caving), Hundimiento de Bloques (Block caving), Tajos largos (Longwall Mining).

Tercer criterio, ver el tamaño y forma del yacimiento (geometría del yacimiento), evaluar la geología, su distribución de leyes, las propiedades geo mecánicas del mineral y la roca encajonante, aspectos económicos limitaciones ambientales y condiciones sociales.

Cuarto criterio: Conocer y dar importancia al buzamiento de cualquier cuerpo mineralizado, la potencia del cuerpo mineralizado, el RMR de la roca encajonante, el RMR de la caja techo y caja piso de la estructura mineralizada. Todo lo mencionado nos hará tomar una buena decisión sobre la elección de un método de explotación en minería subterránea.

V. LITERATURA CITADA

- Ames-Lara, M. H., & Yauri-Melchor, J. I. (2015). *Implementación del método shrinkage dinámico mecanizado para optimizar explotación de tajeos - Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.* [universidad Nacional del Centro del Peru]. [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1341/TESIS - AMES YAURI.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1341/TESIS_AMES_YAURI.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Barzola-Chauca, E. R. (2012). *Estudio técnico económico para la aplicación de taladros largos en la explotación de la Mina Shuntur-Cia Minera Shuntur S.A.C.* [Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2149>
- Cairo-Camarena, G. C. (2019). *Diseño de malla de perforación y voladura para estandarizar en el método de Explotación Sublevel Caving* [Universidad Continental]. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Carlos-Jimenez, I. A., & Rivera-Cruz, E. Y. (2016). *Ventajas Económicas de la Implementación del Método de Explotación Sublevel Stopping en Vetas Angostas frente al Método de Explotación Convencional de Corte y Relleno Ascendente en la Zona Codiciada de la Mina Morococha.* <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3850>
- Chambi-Medina, G. A. (2013). *Evaluación técnica y económica de los métodos de explotación corte y relleno mecanizado y sublevel Stopping en la Unidad Minera Pallancata para una óptima selección de minado.* [Universidad Nacional de San Agustín De Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3851>
- Contreras-Ramirez, O. R. (2011). *Evaluación técnico económico para la aplicación de taladros largos en la veta Patrik Cia. Minera Pan American Silver S.A. - Unidad Huaron* [Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2141>
- Cordero-Carrera, J. A. (2013). *Evaluación técnico económico para la aplicación del método Sublevel Stopping con taladros largos en la mina Catuva - Compañía Minera Raura S.A.* [Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2154>
- Cotera-Paucar, J. A. (2012). *Cambio de método de explotación minera de superficial a subterránea, para mejorar la recuperación de mineral en T17 Open Pit Of Kamoto Copper Company S.A.R.L. – Congo, África* [Universidad nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3168>
- Cueva-Quispe, D. K., & Rojas-Atalaya, K. U. (2018). *Propuesta técnica de aplicación del método de explotación longwall mining en la Mina Piñipata – Bambamarca* [Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14188>

- Escalante-Atencio, J. S. (2018). *Proyecto de incremento de la producción de 1200 tmd a 2000 tmd mediante el método Sublevel open stoping y bench & fill en la U.E.A. Contonga S.A.* [Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1383>
- Espinoza-Ortega, R. N. (2018). *Variabilidad espacial de la resistencia de la roca intacta (IRS) y del índice geológico de la resistencia (GSI) en las unidades geotécnicas básicas de mina Chuquicamata, región de Antofagasta, Chile.*
- Estrella-Carbajal, K. (2015). *Sostenimiento de labores con cimbras metálicas en el diseño del Sublevel Caving.* [Universidad Nacional del centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1345>
- Galvez-Espejo, S. J. (2011). “*Aplicación de los sistemas de sostenimiento subterráneo en la Unidad Minera Poracoto-Cia Minera Buenaventura*” [Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2142>
- Gómez-Roca, J. R. (2017). “*Reducción de costos de explotación mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura en la mina Huancapeti.*” [Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2198>
- Guerrero-Chauca, C. R. (2017). “*Geomecánica para la selección del método de explotación de la veta Almiranta de la Compañía Minera Quiruvilca S.A. – 2017*” [Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo]. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2027>
- Huamantínco-Vera, M. (2015). “*Análisis técnico - económico de la aplicación de sublevel stoping en la Unidad Uchucchacua Compañía de Minas Buenaventura S.A.*” [Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/989>
- Jibaja-ruiz, A., & Zurita-Ramirez, E. S. (2019). “*Diseño de cámaras y pilares para incrementar la producción de carbón antracita en la Mina Nueva esperanza – Bambamarca, 2019*” [Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21666>
- Joaquín-Ticona, D. ygnasio. (2015). Cambio de método de explotación de Shirinkage por corte y relleno ascendente en Apmnac Pulpera [Universidad Nacional "Jorge Basadre Grhomann" - Tacna]. In *Historia*. <http://www.unjbg.edu.pe/institucion/historia.php>
- Laura-Soto, E. (2014). “*Selección del método de explotación para la optimización del minado en el tajeo 493 en la Cia Minera Caudalosa, U.E.A. HUACHOCOLPA UNO*” [Universidad del centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1338>
- Mallqui-Balbín, Y. J. (2019). *Diseño de malla de perforación y voladura de taladros largos en Sub Level Stoping para incrementar la productividad en mina Marcapunta Sur de Sociedad Minera El Brocal S.A.A.* [Universidad Nacional del centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5328%09>
- Medina-Aguilar, V. H. (2017). “*Diseño de cámaras y pilares basado en las características geomecánicas del macizo rocoso en la Corporación Minera Ananea*”

- s.a.” [Universidad Nacional del Altiplano Puno].
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6510>
- Núñez-Prado, J. C. (2012). *Implementación del sistema de información basado en datamine para la mejora en la productividad del método de explotación de cámaras y pilares en la Compañía Minera Condestable S.A.* [Universidad nacional del Centro del Peru]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3172>
- Palomino-Gamero, D. P. (2010). *Proyecto del túnel 2006 U.P. Contonga de Minera Huallanca S.A.* [Universidad Nacional del Centro del Peru].
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3160>
- Paz-Zevallos, C. Z. (2019). “*Selección y aplicación del método de explotación por corte y relleno ascendente, para optimizar costos en la veta gino I – Empresa Minera Minas Icas S.A.C. – ICA*” [Universidad nacional de San Agustín De Arequipa].
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6925/EDMcccacm.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Ramos-Calcina, J. P. (2018). “*Estudio de Pre-Factibilidad para explotación del Proyecto Dorado 298 Sector Vetaspata*” [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6292>
- Rondon del-Carmen, C. E. (2017). *Análisis comparativo entre los métodos de explotación Sublevel Stoping vs corte y relleno convencional en la Mina Morococha.* [Universidad Nacional de San Agustín De Arequipa].
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2569>
- Solano-Contreras, R. (2008). “*Aplicación de los principios del flujo gravitacional al diseño geométrico del sublevel caving*” [Universidad Nacional del centro del Perú].
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3155>
- Torres-valdivia, E. D. (2010). “*Semimecanización del método Camaras y Pilares en la Mina Shuntur*” [Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].
<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2136>